



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

USO DE MAMPARAS Y SENSORES DE PRESENCIA PARA REDUCIR INCIDENTES EN LOS
ANDENES DEL STC: EL CASO DE LA ESTACIÓN ZÓCALO

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. GERARDO DE JESÚS PORTILLO VILLASANA

TUTORA PRINCIPAL
DRA. AIDA HUERTA BARRIENTOS

México, D.F. enero de 2017.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Flores De La Mota Idalia

Secretario: Dr. Velázquez Vázquez Daniel

Vocal: Dra. Huerta Barrientos Aida

1 Suplente: M. I. Macedo Chagolla Fernando

2 Suplente: Dra. Zavala Osorio Yadira

Lugar donde se realizó la tesis:

Ciudad Universitaria, Ciudad de México.

TUTORA DE TESIS:

DRA. AIDA HUERTA BARRIENTOS

FIRMA

La vida es otorgada a cada conjunto de material orgánico que está compuesto por una organización compleja de células, en las que interactúan sistemas moleculares de forma interna para hacer frente a su entorno que le envuelve, por lo que para prevalecer en su existencia estos realizan el intercambio de materia y energía, otorgándoles la capacidad de desempeñar una gran diversidad de funciones de las cuales comprende el crecimiento, la relación, reproducción y su muerte. Un ser humano es dueño y poseedor de distintos objetos materiales, sin embargo, la vida es concebida de manera involuntaria y es considerada un hecho trascendente en la historia de nuestro universo, ya que cada persona no decide cuándo, dónde y bajo qué circunstancias nace, como también debe de ser el no decidir cuándo este debe morir. Por lo que cada ser vivo ya sea celular, vegetal, animal o humana debe de ser respetada, valorada y considerada de forma invaluable e irreparable, ya que con la fragilidad que este posee por su naturaleza es de gran facilidad ser extinguida.

Portillo Villasana (2016).

Resumen

Considerando dos aspectos del problema, el primero es que, según el STC Metro, las personas caen a las vías por distracción o imprudencia al rebasar la línea amarilla de seguridad. Por otro lado, al nivel global este tipo de eventos es causante de grandes problemas dentro de las instalaciones de los Metros, creando contratiempos en todos los servicios y procesos. Ante esta situación distintos países han optado por soluciones que logren reducir estos sucesos lo cuales involucran la limitación física de los usuarios a las vías del Metro con la utilización de puertas de andén. El objetivo de esta tesis es desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia que complementen la actual línea amarilla de seguridad del STC Metro, para reducir incidentes en los andenes a fin de contribuir en la seguridad e integridad física de los usuarios beneficiando al STC Metro en calidad, imagen y eficiencia en el servicio de transporte, que lo lleven a lograr un nivel competitivo al nivel nacional y mundial. Para lograr este objetivo se propone un Híbrido de metodologías basado en la Metodología de Diseño y Desarrollo de productos y la Metodología Proyectual, para desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia los cuales son validados e implementados con software de simulación con el propósito de demostrar su beneficio. Los sensores de presencia indican al usuario el alto riesgo de sufrir un accidente al ubicarse en una zona de peligro tras rebasar previamente la línea de seguridad amarilla y así retroceder a la zona segura del andén. Se concluye que el uso de mamparas y sensores de presencia otorga una reducción de incidentes no premeditados, ya que limita físicamente el acceso a áreas que no representan ningún uso para el ascenso y descenso del convoy.

Palabras clave: STC Metro, Incidentes, Modelación, Simulación

Abstract

Considering two aspects of the problem the first one is that, according to the STC Metro, people fall into the tracks by distraction or recklessness by passing the yellow line of security. On the other hand, at the global level, this type of events causes major problems within the Metros facilities, creating setbacks in all services and processes. Faced with this situation different countries have opted for solutions that manage to reduce these events which involve the physical limitation of the users to the subway tracks with the use of platform doors. The aim of this thesis is to develop a new concept based on the use of screens and presence sensors that complement the current yellow STC Metro safety line to reduce incidents on the platforms in order to contribute to the safety and physical integrity of the Users benefiting the STC Metro in quality, image and efficiency in the transport service, which lead to a competitive level at the national and global level. To achieve this objective, a hybrid of methodologies based on the Design and Product Development Methodology and the Project Methodology is proposed to develop a new concept based on the use of screens and presence sensors which are validated and implemented with simulation software With the purpose of demonstrating its benefit. The presence sensors indicate to the user the high risk of having an accident when being located in a danger zone after passing previously the yellow security line and thus to go back to the safe zone of the platform. It is concluded that the use of screens and presence sensors gives a reduction of non-premeditated incidents, since it physically limits access to areas that do not represent any use for the ascent and descent of the convoy.

Keywords: STC Metro, Incidents, Modeling, Simulation

Introducción

El STC Metro en la Ciudad de México es considerado como un lugar público donde acontecen incidentes no planeados y que en gran parte se encuentran fuera de su control. Caso de esto son los incidentes al nivel de andén, los cuales se han convertido en puntos críticos para el STC Metro generando contratiempos. La existencia de incidentes es un evento recurrente en los Metros alrededor del mundo, ocasionados por usuarios que por alguna causa suelen rebasar la línea de seguridad ubicada a la orilla de cada andén. Los eventos pueden clasificarse como actos premeditados, no premeditados e imprudentes. En la Ciudad de México, el STC Metro ante la eventualidad de incidentes realiza el paro total del convoy que arriba a la estación, lo que produce demoras en el servicio por un tiempo indefinido pero necesario para solucionar el percance, lo que se traduce en la utilización de recursos y servicios correspondientes para la remoción de obstáculos o en el peor de los escenarios el levantamiento de un cuerpo humano de las vías.

En el caso de los ferrocarriles, se ha observado una mayor proporción de intentos de suicidio en los últimos años (H. Nagai & T., 2014)¹. Varios autores han informado de las medidas de seguridad tales como barreras físicas en el transporte público. Uno de ellos es la puerta de plataforma (PSD). Su instalación en plataformas de tren es considerado como uno de las medidas más eficaces para prevenir el suicidio de ferrocarril (Sawada Y. & T., 2015)². En Hong Kong se analizó la efectividad de la instalación de PSD en el ferrocarril, durante el período de estudio de 11 años. Se informaron un total de 76 casos de suicidio de ferrocarril. Se encontró una reducción significativa de 59,9% en suicidios de ferrocarril después de la instalación del PSD. Soeta y Shimokura (2012)³ argumentaron que el PSD podría afectar ruidos de tren en las estaciones, pero los efectos no son bien entendidos. Llevaron a cabo un estudio para aclarar los efectos de la estrategia en las características acústicas. Sus resultados sugieren que los PSDs redujeron los ruidos de los trenes.

Otros estudios se centraron en la prevención. Por ejemplo, Ichikawa (2014)⁴, al reconsiderar los efectos de la instalación de luz azul para la prevención de suicidios de ferrocarril, señalaron que la instalación de luces azules en plataformas, podría tener algún efecto en la prevención de suicidios de ferrocarril en la noche con un impacto mucho menor que el estimado previamente. De un total de 5841 intentos de suicidio reportados, 43% ocurrió en las mediaciones de la estación, 43% ocurrió en la noche, y 14% ocurrió en las inmediaciones de la estación en la noche. Havarneanu et al., (2015)⁵ presentaron un informe basado en 139 publicaciones relevantes, para identificar la tendencia pasada y actual en la prevención de suicidios y accidentes violación en ferrocarril. Mishara Bardon (2016)⁶ informaron acerca de las iniciativas de prevención de suicidio argumentando que la mayoría de las investigaciones se centra en la incidencia y características de eventos y total y sugirieron mejores investigaciones acerca

¹ H. Nagai, K., & T., S. (2014). *Railway suicide attempts are associated with amount of sunlight in recent days*. *Journal of Affective Disorders*, 152-154, 162-168. Retrieved april 10, 2016

² Sawada Y., U., & T., M. (2015). *The effectiveness of installing physical barriers for preventing railway suicides and accidents: evidence from Japan*. *Journal of Affective Disorders.*, 178, 1-4. Retrieved february 28, 2016

³ Soeta, Y., & Shimokura, R. (2012). *Change of acoustic characteristics caused by platform screen doors in train stations*. *Applied acoustics.*, 73, 535-542. Recuperado el 27 de february de 2016

⁴ Ichikawa, M., Inada, H., & Kumeji, M. (2014). *Reconsidering the effects of blue-light installation for prevention of railway suicides*. *Journal of Affective*, 152-154, 183-185. Retrieved april 10, 2016

⁵ Havarneanu, G. M., Burkhardt, J.-M., & Paran, F. (2015, May 6). *A systematic review of the literature on safety measures to prevent railway suicides and trespassing accidents*. *Accident Analysis and Prevention*, 30-50. Retrieved August 14, 2016

⁶ Mishara, B., & Bardon, C. (2016). *Systematic review of research on railway and urban transit system suicides*. *Journal of Affective Disorders.*, 193, 215-226. Retrieved february 27, 2016

de las personas que utilizan el ferrocarril para matarse y la forma en que pueden prevenirse los suicidios eficaz mente. Chung et al., (2016) analizó la estrategia en el contexto de la metro. Sus hallazgos se basaron en los datos de un solo operador por un período limitado de tiempo. Encontraron que la instalación de barreras físicas en las estaciones de metro puede ser una estrategia efectiva para reducir el número de suicidios de Metro. Sin embargo, las barreras deben hacerse lo suficientemente altas como para que nadie puede subir encima de ellas.

Para llevar a cabo esta investigación se realiza el análisis de identificar las necesidades de los usuarios para no incurrir en incidentes. Otros países en sus Metros han intervenido con el uso de barreras anti suicidio de media y altura completa, barandales, señalización en piso y cambios de iluminación, con el propósito de reducir el alto índice de incidentes al nivel andén. El objetivo de esta tesis es desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia que complementen la actual línea amarilla de seguridad del STC Metro, para reducir incidentes en los andenes a fin de contribuir en la seguridad e integridad física de los usuarios beneficiando al STC Metro en calidad, imagen y eficiencia en el servicio de transporte, que lo lleven a lograr un nivel competitivo al nivel nacional y mundial. Esta tesis está constituida por tres capítulos.

En el Capítulo 1, se presenta el contexto global de la problemática en la ocurrencia de incidentes dentro de los Metros en el mundo así como también en el contexto de la Ciudad de México. Se identifica el problema que tienen los usuarios cuando son involucrados en un incidente al nivel de andén. Por último se establece el objetivo general de esta tesis y los objetivos específicos.

En el Capítulo 2, se presenta el Marco Teórico de esta tesis, que se construye analizando la Metodología Proyectual, y la Metodología de diseño y desarrollo de productos, las cuales se utilizan para generar un híbrido de metodologías que se utiliza para la generación de nuevos concepto.

En el Capítulo 3, se lleva a cabo la implementación del híbrido de las metodologías propuesto en el capítulo 2 para desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia. Se inicia con el planteamiento del problema, la definición y elementos que lo generan, realizando una investigación de acontecimientos reales, con la ayuda de la formulación del estado deseado. Después se identifican y definen las necesidades de los usuarios para establecer especificaciones que deben de ser contempladas en el desarrollo del nuevo concepto. Posteriormente, se diseña y analiza el proceso del nuevo concepto para informar al usuario por rebasar la línea amarilla de seguridad. Por último, se verifica y valida el concepto desarrollado mediante un modelo de simulación basado en agentes y procesos para conocer el beneficio del nuevo concepto al reducir los incidentes, que para este caso de investigación se seleccionó la estación Zócalo para su modelación.

Se concluye indicando el beneficio del uso de mamparas y sensores de presencia ya que permiten orientar y ubicar a los usuarios en zonas seguras en el andén. Esta acción permite que el STC Metro en la Ciudad de México pueda operar de forma más eficiente reduciendo los tiempos de demora causados por los incidentes en sus instalaciones.

Índice

USO DE MAMPARAS Y SENSORES DE PRESENCIA PARA REDUCIR INCIDENTES EN LOS ANDENES DEL STC: EL CASO DE LA ESTACIÓN ZÓCALO	I
Introducción	V
Capítulo 1 La problemática de Incidentes en el STC Metro de la Ciudad de México	- 1 -
1.1 Contexto	- 1 -
1.2 El Problema por resolver.....	- 4 -
1.3 Objetivo general	- 4 -
1.4 Objetivos específicos	- 4 -
Capítulo 2 Marco Teórico	- 5 -
2.1 Diseño y desarrollo de productos	- 6 -
2.2 Metodología Proyectual	- 6 -
2.3 Metodología Híbrida.....	- 7 -
Capítulo 3 Diseño y Desarrollo de un nuevo concepto para reducir los incidentes en los andenes del STC Metro de la Ciudad de México.....	- 9 -
3.1 Antecedentes	- 9 -
3.2 Proceso de Desarrollo de Concepto	- 53 -
3.3 Proceso de Validación de Concepto	- 87 -
Conclusiones	- 125 -
Bibliografía	- 126 -
Anexos.....	- 138 -

Índice de ilustraciones	Pág.
Ilustración 1. Estación Dhoby Ghaut en Singapur.	- 2 -
Ilustración 2. Anuncios publicitarios de la línea de seguridad del STC Metro.	- 2 -
Ilustración 3. Diagrama de flujo de usuario dentro del STC Metro.	- 4 -
Ilustración 4. Metodologías: Diseño y Desarrollo de Productos; Metodología Proyectual.	- 7 -
Ilustración 5. Metodología Híbrida.	- 8 -
Ilustración 6. Mapa conceptual del STC Metro.	- 11 -
Ilustración 7. Situación deseada.	- 15 -
Ilustración 8. Arquitectura de minería de datos.	- 17 -
Ilustración 9. Demostración de vías en estación Martín Carrera de la Línea 6.	- 18 -
Ilustración 10. Se registra suicidio en la estación La Raza del STC Metro.	- 18 -
Ilustración 11. Hombre decide quitarse la vida por suicidio en las vías del STC Metro estación Pino Suárez de la Línea 2.	- 19 -
Ilustración 12. Saltando la vía.	- 22 -
Ilustración 13. Moda peligrosa en el STC Metro.	- 23 -
Ilustración 14. Hombre resbaló y cayó a las vías.	- 23 -
Ilustración 15. Suicidio STC Metro de la Ciudad de México (joven se avienta a las vías en la estación Jamaica).	- 25 -
Ilustración 16. Periodismo de investigación. Al alza, muertes en el STC Metro.	- 26 -
Ilustración 17. Incidentes de personas en fosa anti suicidio del STC Metro.	- 29 -
Ilustración 18. Un día normal en horas pico en el STC Metro.	- 30 -
Ilustración 19. Protocolo de dosificación en el STC Metro.	- 32 -
Ilustración 20. Caja negra del STC Metro.	- 33 -
Ilustración 21. Probabilidad condicional.	- 34 -
Ilustración 22. Del proceso a los datos.	- 36 -
Ilustración 23. Posibles estados de salida de un usuario del STC Metro.	- 37 -
Ilustración 24. Diagrama de Árbol de usuario en el andén.	- 38 -
Ilustración 25. Grafica de Función de Distribución.	- 40 -
Ilustración 26. Elementos de la estimación por intervalo.	- 41 -
Ilustración 27. Árbol para el análisis de incidentes.	- 43 -

Ilustración 28. Causas de incidentes.....	- 44 -
Ilustración 29. Estación de Línea 3.	- 45 -
Ilustración 30. Diagrama Pareto de Incidentes en STC Metro.	- 45 -
Ilustración 31. Pastel de Incidentes en el STC Metro.	- 46 -
Ilustración 32. Incidentes por días de la semana en el STC Metro.	- 46 -
Ilustración 33. Días laborales y no laborales del 1 de enero de 2007 al 2 de octubre de 2016.	- 48 -
Ilustración 34. Incidentes en día laboral o no laboral.....	- 49 -
Ilustración 35. % Puntuación de Riesgo VS % Análisis de Modo y Efecto de la Falla.....	- 52 -
Ilustración 36. Receptor visual de usuario con respecto a la línea de seguridad.	- 56 -
Ilustración 37. Señalización de ayuda a los invidentes.	- 56 -
Ilustración 38. Estación la Raza.	- 57 -
Ilustración 39. Mamparas de seguridad de cristal en el STC Metro de Singapur.....	- 58 -
Ilustración 40. Señalización en el piso.	- 58 -
Ilustración 41. Señalización en Skytrain (STC Metro Elevado) de Bangkok en Tailandia.	- 59 -
Ilustración 42. Mamparas transparentes del STC Metro de Madrid en España.....	- 59 -
Ilustración 43. Dubai WorldClass Train Metro Station.....	- 60 -
Ilustración 44. Barreras antisuicidas en el STC Metro de Tokio, Japón.	- 61 -
Ilustración 45. Barrera anti suicidios modificada del antiguo diseño de Azabu Juban ubicada en Tokio.	- 61 -
Ilustración 46. Moderno sistema en prevención de suicidios en el ferrocarril subterráneo de Paris.	- 62 -
Ilustración 47. STC Metro de Sao Paulo, Brasil. Barandales para abordar y descender.....	- 63 -
Ilustración 48. Luces azules para evitar suicidios instaladas en la estación Gumyoji al este de Tokyo.	- 64 -
Ilustración 49. Luces azules instaladas en Gatwick.	- 65 -
Ilustración 50. Simulación de mamparas en andén del STC Metro.	- 67 -
Ilustración 51. Caja negra general.	- 68 -
Ilustración 52. Diagrama conceptual del nuevo concepto.	- 71 -
Ilustración 53. Convoy en la estación.....	- 72 -
Ilustración 54. Puertas del convoy.	- 72 -
Ilustración 55. Definición de las unidades métricas de la resistividad.	- 73 -

Ilustración 56. Aplicacion del NE555.	- 75 -
Ilustración 57. Rango de frecuencias audibles.	- 76 -
Ilustración 58. Formas de onda.	- 77 -
Ilustración 59. Forma de onda obtenida.	- 77 -
Ilustración 60. NE555 astable con arreglo de bocina.	- 78 -
Ilustración 61. Interruptor TRIAC para el control de dispositivos de Voltaje C.A.	- 81 -
Ilustración 62. Usuaría sufre golpe de cabeza al arribar el convoy.	- 82 -
Ilustración 63. Diagrama Lógico del Dispositivo Electronico.	- 84 -
Ilustración 64. PIC16F84A.	- 85 -
Ilustración 65. Diagrama Electrónico del PIC16F84A.	- 86 -
Ilustración 66. Simulación de Diagrama de sensor de Presencia.	- 90 -
Ilustración 67. Sensores Infrarrojos.	- 90 -
Ilustración 68. Receptores del entorno y compuertas Lógicas.	- 91 -
Ilustración 69. Simulación de Diagrama de sensor de Presencia con PIC16F84.	- 93 -
Ilustración 70. Programación del PIC16F84A.	- 94 -
Ilustración 71. Prototype Programmer.	- 94 -
Ilustración 72. Frecuencia del Reloj y archivo del programa diseñado.	- 95 -
Ilustración 73. Simulación del PIC16F84A sin pulso de usuario y convoy.	- 95 -
Ilustración 74. Simulación del PIC16F84A con pulso de usuario y sin pulso de convoy.	- 96 -
Ilustración 75. Simulación del PIC16F84A en estado de Alta impedancia de la compuerta 74LS125 con el pulso de usuario y convoy.	- 96 -
Ilustración 76. Composición Convoy de nueve vagones.	- 98 -
Ilustración 77. Composición Convoy de seis vagones.	- 98 -
Ilustración 78. Línea 2 del STC Metro.	- 99 -
Ilustración 79. Estación Zócalo.	- 99 -
Ilustración 80. Zócalo México.	- 100 -
Ilustración 81. Estación Zócalo de la Línea 2 del STC Metro.	- 101 -
Ilustración 82. Convoy de la línea 2 del STC Metro.	- 101 -

Ilustración 83. Simualción 1 de mamparas en la estación Zócalo del STC Metro.	- 102 -
Ilustración 84. Simualción 2 de mamparas en la estación Zócalo del STC Metro.	- 102 -
Ilustración 85. Simualción 3 de mamparas en la estación Zócalo del STC Metro.	- 103 -
Ilustración 86. Comprobación Bernoulli.	- 105 -
Ilustración 87. Métodos del modelado de simulación.	- 105 -
Ilustración 88. Diagrama de flujo de interacciones entre el usuario y del convoy en el andén.	- 106 -
Ilustración 89. Layout de la estación Zócalo STC Metro.	- 106 -
Ilustración 90. Convoy del STC Metro.	- 107 -
Ilustración 91. Usuario.	- 107 -
Ilustración 92. Simulación principal de la estación Zócalo.	- 108 -
Ilustración 93. Simulación de camaras en la estación del Zócalo al nivel andén.	- 108 -
Ilustración 94. Simulación con vista completa de estación Zócalo.	- 109 -
Ilustración 95. Ajuste de bondad de usuarios con dirección a Cuatro Caminos por minuto.	- 111 -
Ilustración 96. Ajuste de bondad de convoyes que ingresan con dirección a Cuatro Caminos.	- 111 -
Ilustración 97. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al entrar al convoy con dirección a Cuatro Caminos.	- 111 -
-	
Ilustración 98. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al salir del convoy con dirección a Cuatro Caminos.	- 111 -
-	
Ilustración 99. Ajustes de bondad de usuarios que ingresan con dirección a Tasqueña por minuto.	- 111 -
Ilustración 100. Ajustes de bondad de convoyes que ingresan con dirección a Tasqueña.	- 112 -
Ilustración 101. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al entrar al convoy con dirección a Tasqueña.	- 112 -
Ilustración 102. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al salir del convoy con dirección a Tasqueña.	- 112 -
Ilustración 103. Mapa de densidad de usuarios en la estación Zócalo.	- 112 -
Ilustración 104. Diagrama de flujo de un incidente dentro de la estación Zócalo.	- 113 -
Ilustración 105. Modelo computacional de incidentes dentro de la estación Zócalo.	- 113 -
Ilustración 106. Probabilidades de incidentes ingresadas al modelo de simulación.	- 114 -
Ilustración 107. Modelo de simualción de la estación Zócalo que incluye el uso de mamparas y sensores de presencia.	- 115 -

Ilustración 108. Modelo simulación de la estación Zócalo con vista completa que incluye el uso de mamparas y sensores de presencia.	- 115 -
Ilustración 109. Modelo simulación de la estación Zócalo con vista lateral que incluye el uso de mamparas y sensores de presencia.	- 116 -
Ilustración 110. Variables de estado de la simulación.	- 116 -
Ilustración 111. Probabilidad de incidente en la estación Zócalo.	- 117 -
Ilustración 112. Diferencia del beneficio del uso del nuevo concepto.	- 118 -
Ilustración 113. Sin uso de mamparas y sensores.	- 119 -
Ilustración 114. Uso de mamparas y sensores.	- 119 -
Ilustración 115. Usuarios no salvados.	- 120 -
Ilustración 116. Usuarios salvados.	- 121 -
Ilustración 117. Distancia recorrida del uso de la mampara con respecto a la línea de seguridad amarilla.	- 121 -
Ilustración 118. Realidad virtual en distancia recorrida del uso de la mampara con respecto a la línea de seguridad amarilla.	- 122 -
Ilustración 119. Mapa de densidad del modelo de simulación con el uso de mamparas y sensores de presencia.	- 123 -
Ilustración 120. Red del STC Metro.	- 138 -
Ilustración 121. Diagrama de bloques del PIC16F84A.	- 148 -
Ilustración 122. Mapa de memoria del programa en forma de pila del PIC16F84A.	- 149 -
Ilustración 123. Mapa de memoria del PIC-16F84A.	- 150 -
Ilustración 124. Plano de Barrio Zócalo.	- 151 -
Ilustración 125. Layout de estación Zócalo del STC Metro.	- 152 -
Ilustración 126. Layout de estación Zócalo con propuesta de seguridad.	- 153 -
Ilustración 127. Usuarios Dirección Cuatro Caminos.	- 154 -
Ilustración 128. Convoy Cuatro Caminos.	- 155 -
Ilustración 129. Tiempo de entrada del usuario al convoy Cuatro Caminos.	- 156 -
Ilustración 130. Tiempo de salida del usuario del convoy Cuatro Caminos.	- 157 -
Ilustración 131. Usuarios Dirección Tasqueña.	- 158 -
Ilustración 132. Convoy Tasqueña.	- 159 -

Ilustración 133. Tiempo de entrada del usuario al convoy Tasqueña.	- 160 -
Ilustración 134. Tiempo de salida del usuario del convoy Tasqueña.	- 161 -

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 1. STC Metro alrededor del mundo.	- 1 -
Tabla 2. Suicidio en STC Metro.	- 28 -
Tabla 3. Límites de confianza.	- 42 -
Tabla 4. Tamaño de muestra del STC Metro en incidentes.	- 42 -
Tabla 5. Formulario estándar de AMEF y Riesgo AMEF.	- 47 -
Tabla 6. Formulario estándar de AMEF y Riesgo AMEF para incidentes dentro del STC Metro.	- 47 -
Tabla 7. Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.	- 50 -
Tabla 8. Incidentes, Causas y Motivos.	- 54 -
Tabla 9. Declaración de la misión.	- 65 -
Tabla 10. Causas y soluciones.	- 66 -
Tabla 11. Nivel de Importancia.	- 68 -
Tabla 12. Necesidades del usuario en el STC Metro 1.	- 69 -
Tabla 13. Necesidades del usuario en el STC Metro 2.	- 69 -
Tabla 14. Lista de Métricas 1.	- 69 -
Tabla 15. Lista de Métricas 2.	- 70 -
Tabla 16. Matriz de Necesidad-Métrica 1.	- 70 -
Tabla 17. Matriz de Necesidad-Métrica 2.	- 70 -
Tabla 18. Comparación se sensores infrarojos.	- 71 -
Tabla 19. Valores representativos de resistividad.	- 74 -
Tabla 20. Tipos de Transistores.	- 74 -
Tabla 21. Transistor de propósito General NPN Silicio 2N4123.	- 74 -
Tabla 22. NE555 Circuito Integrado Lineal.	- 75 -
Tabla 23. MOC3021.	- 79 -
Tabla 24. Triac L4004L3.	- 80 -
Tabla 25. Compuertas Logicas.	- 83 -

Tabla 26. Tabla de verdad del dispositivo electronico.	- 84 -
Tabla 27. Circuitos y Diagramas Electronicos.....	- 89 -
Tabla 28. Lógica de sensor de usuarios y convoy.....	- 91 -
Tabla 29. Bocina en estado alto y bajo.	- 92 -
Tabla 30. Foco en estado alto y bajo.	- 92 -
Tabla 31. Parque Vehicular.....	- 97 -
Tabla 32. Distribución de Trenes.	- 97 -
Tabla 33. Capacidad de pasajeros por Convoy.	- 97 -
Tabla 34. Medidas de mamparas en el andén del Zócalo.	- 103 -
Tabla 35. Utilización de aceros inoxidable en el STC Metro.	- 104 -
Tabla 36. Inundación y filtración de agua dentro de las instalaciones del STC Metro.....	- 104 -
Tabla 37. Modelo computacional.....	- 107 -
Tabla 38. Ingreso de usuarios a la estación del Zócalo por minuto.	- 109 -
Tabla 39. Ingreso de convoyes a la estación del Zócalo con dirección a Cuatro Caminos.	- 110 -
Tabla 40. Ingreso de convoyes a la estación del Zócalo con dirección a Tasqueña.	- 110 -
Tabla 41. Probabilidad de incidentes dentro de la estación Zócalo.	- 114 -
Tabla 42. Margen de error del resultado de numero de experimentos del modelo de simulación.	- 116 -
Tabla 43. Experimentos y Resultados de simulación.	- 117 -
Tabla 44. Media y Desviación Estándar de usuarios salvados sin uso de mamparas y sensores.	- 119 -
Tabla 45. Media y Desviación Estándar de usuarios salvados con uso de mamparas y sensores.	- 120 -
Tabla 46. Media y Desviación Estándar de uso de mamparas y sensores con usuarios no salvados.....	- 120 -
Tabla 47. Media y Desviación Estándar de uso de mamparas y sensores con usuarios salvados.	- 121 -
Tabla 48. Estimación de costos de primer concepto.	- 123 -
Tabla 49. Estimación de costos de segundo concepto.....	- 123 -
Tabla 50. Comparativa de costos de primer concepto.....	- 124 -
Tabla 51. Comparativa de costos de segundo concepto.	- 124 -
Tabla 52. Longitud de Estación a Estación por Línea.....	- 140 -
Tabla 53. Fosa Anti-suicidio.....	- 140 -

Tabla 54. Total de Líneas de seguridad color amarillo por estación del STC Metro.....	- 141 -
Tabla 55. Parque Vehicular del STC Metro.	- 142 -
Tabla 56. Parque Vehicular del STC Metro.	- 142 -
Tabla 57. Características generales del material rodante neumático del STC Metro.	- 143 -
Tabla 58. Línea 2 del STC Metro.....	- 144 -
Tabla 59. Afluencia del STC Metro de enero de 2007 a Marzo de 2016.	- 147 -
Tabla 60. Estimación de Matería Prima primer concepto.	- 162 -
Tabla 61. Estimación de Recursos Materiales y Humanos primer concepto.....	- 163 -
Tabla 62. Estimación de Matería Prima segundo concepto.....	- 164 -
Tabla 63. Estimación de Recursos Materiales y Humanos segundo concepto.	- 164 -

Capítulo 1 La problemática de Incidentes en el STC Metro de la Ciudad de México

En este capítulo, se presenta el contexto global de la problemática en la ocurrencia de incidentes dentro de los Metros en el mundo así como también en el contexto de la Ciudad de México. Se identifica el problema que tienen los usuarios cuando son involucrados en un incidente al nivel de andén. Por último se establece el objetivo general de esta tesis y los objetivos específicos.

1.1 Contexto

El Metro, Subterráneo, o Ferrocarril Metropolitano, es el nombre que se le otorga a un sistema de trenes urbanos, los cuales realizan recorridos dentro de una ciudad y de un área metropolitana. Su característica principal es la de ser un transporte masivo de pasajeros con una capacidad y frecuencia para su uso. En las ciudades grandes conecta a una diversidad de zonas con sus alrededores mediante el uso de líneas ferroviarias formando redes. Cada red puede ser creada y diseñada con instalaciones subterráneas, elevadas o nivel de piso. La forma de operar de estos sistemas, es mediante el uso de carro ferroviarios (convoyes) los cuales realizan paradas en estaciones localizadas cerca una de otras ubicadas a intervalos generalmente regulares. El Metro es considerado como un sistema de transporte más rápido y con mayor capacidad que otros medios de transporte. En la mayor parte de los Metros alrededor del mundo son perceptibles a simple vista en la Tabla 1, las dimensiones y diseño de las estaciones. Una característica sobresaliente en cada uno de estos es la señalización de línea amarilla desplegada a lo largo del andén en el suelo de la estación, dirigida al usuario para indicar el límite de acceso al usuario en el andén porque este no sufra ningún percance en el Metro mientras espera al arribo del convoy a la estación.



Tabla 1. STC Metro alrededor del mundo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

En todos los Metros existe la imprudencia del usuario por rebasar la línea de seguridad y caer a las vías. Este tipo de eventos son causantes de grandes problemas dentro del Metro, creando contratiempos en todos los servicios y procesos. Ante esta situación distintos países han optado por soluciones que logren reducir estos sucesos lo cuales involucran la limitación física de los usuarios a las vías del Metro. Sin embargo este tipo de opciones son difíciles de implementar en un Metro ya que requieren la modificación física en el andén y automatización del convoy con la estación, además del costo elevado para su adquisición y mantenimiento. Podría darse un beneficio por la adquisición de estas opciones para la reducción de riesgos, sin embargo es necesario buscar otras alternativas que también puedan otorgar beneficios a los Metro y no signifiquen la realización de grandes

cambios costosos para él mismo, para ello también es necesario conocer las causas por las cuales se detonan estos eventos así como las oportunidades de mejora.



Ilustración 1. Estación Dhoby Ghaut en Singapur.
Fuente: Meridianos (2008).

Los motivos por los cuales se ha observado un incremento en los incidentes en el STC Metro de la Ciudad de México son por diferentes causas, pero gran parte de ellos se deben a la poca prudencia de las personas (Reglamento de Transporte del Distrito Federal, Artículo 13 VI.). De acuerdo con el STC Metro las personas caen a las vías por distracción o imprudencia al rebasar la línea amarilla. Aunque el STC Metro ha invertido recursos en campañas públicas en redes sociales para generar la concientización de respetar y de no rebasar la línea de seguridad como se muestra en la Ilustración 2, lamentablemente el usuario no lleva acabo esta solicitud de seguridad en la actualidad, ya que es común el visualizar cualquier estación del STC Metro y aun que esta exceda o no su capacidad a lo largo del andén, siempre existe un usuario rebasando la línea de seguridad ya sea porque desea ver la aproximación del convoy a la estación o por algún tipo de descuido al no percatarse de su ubicación sobre el andén.



Ilustración 2. Anuncios publicitarios de la línea de seguridad del STC Metro.
Fuente: MetroCDMX⁷ (2015).

Es de ser considerada en esta investigación la diversidad de comportamientos mostrados por los usuarios que han rebasado la línea amarilla que derivan en: caminar o correr por el andén sin tener el debido cuidado al hacerlo, utilizar o realizar

⁷ MetroCDMX. (2 de noviembre de 2015). Al llegar el tren, cerciórate de estar del lado seguro. No rebases la línea amarilla. Línea amarilla. El viaje lo haces tú. Distrito Federal, México. Recuperado el 5 de noviembre de 2015, de <https://twitter.com/MetroCDMX>

una llamada por el celular, enfocar su completa atención en el reproductor de audio o video, leer mientras camina y perder la debida atención del entorno donde se encuentra, por la tendencia de una moda generada en medios sociales como es el brincar de anden a anden sobre las vías o montar al vagón por las puertas y ventanas para luego soltarse cuando el convoy ha adquirido velocidad con el fin de ser lanzados con fuerza en el andén para ser video grabados, por la ingesta excesiva e inmoderada de sustancias tóxicas como son drogas o bebidas alcohólicas, por factores psicológicos que el usuario genera por su estado de ánimo como es: angustia, depresión por infinidad de causas, problemas familiares, amorosos entre varios más; problemas fisiológicos del usuario como es la baja de presión sanguínea, problemas de visión, auditiva o sensitiva cualquier otro tipo de discapacidad, por factores circunstanciales que se presentan en las distintas estaciones como es la agresión física o verbal entre usuarios o policías, también puede darse el caso de que la persona no quiera suicidarse si no que por realizar un acto inseguro haya sufrido la pérdida del conocimiento estando a la orilla del andén o tenga una crisis convulsiva lo que lo lleva a perder la vida ya sea por descarga eléctrica o arrollamiento del tren (Hernández Melchor, 1997)⁸, y por último no menos importantes son los homicidios o suicidios considerados como actos planeados con anticipación y efectuados con el plan de causar un mayor impacto a los presentes y allegados a la estación donde se efectuó el evento. La difusión de estos sucesos se ha dado a conocer de manera más frecuente y de manera más abiertas gracias a los medios de comunicación, permitiendo a los ciudadanos conocer este problema, que perjudica a cada uno de los usuarios. En los medios informativos se ha hecho mención de la frecuencia de usuarios al caminar por el andén y hablan al mismo tiempo por el celular se presentan accidentes. De acuerdo con especialistas al conversar por teléfono, la mente se centra únicamente en la plática y se desconcentra de su entorno (Aguirre, 2015)⁹. Este tipo de casos son muy comunes y el uso de distractores como es el hablar por teléfono o mensajear en el mismo, suele ser un acto muy común y frecuente que los usuarios suelen realizar durante el tiempo de espera del convoy, como es también el asomarse a la orilla del andén para conocer si arriba el convoy a la estación, ya que existe una incertidumbre del arribo del convoy a la estación por lo que exponen su vida a un accidente (Mondragon & Lopez Doriga, 2012)¹⁰.

La elaboración de la Ilustración 3 es con el propósito principal de identificar el instante preciso en el que sucede un incidente dentro del STC Metro, ya que al realizar la toma de decisiones el usuario llega a efectuar una decisión que no es la adecuada y es cuando este llega a ser partícipe de un incidente dentro de las instalaciones.

En la Ilustración 3, se identifica que los incidentes se efectúan en el transcurso del proceso de espera de arribo del convoy a la estación, sin embargo las causas no llegan a ser bastante claras.

⁸ Hernandez Melchor, A. (1997). *Propuesta para que el levantamiento de personas que fallecen a consecuencias de accidentes en vías principales del STC Metro, puedan practicarse por personas del S.T.C. México*. Recuperado el 25 de mayo de 2016

⁹ Aguirre, J. M. (13 de enero de 2015). *También hablando por celular y caminando, se registran accidentes. El sol de Tulancingo*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.oem.com.mx/elsoldeitulancingo/notas/n3669240.htm>

¹⁰ Mondragon, S., & López Doriga, J. (01 de 01 de 2012). *Personas que caen a vias del Metro por descuido en México D.F. Noticieros Televisa, 1. Distrito Federal, México*. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=vyVgymsR1OK>

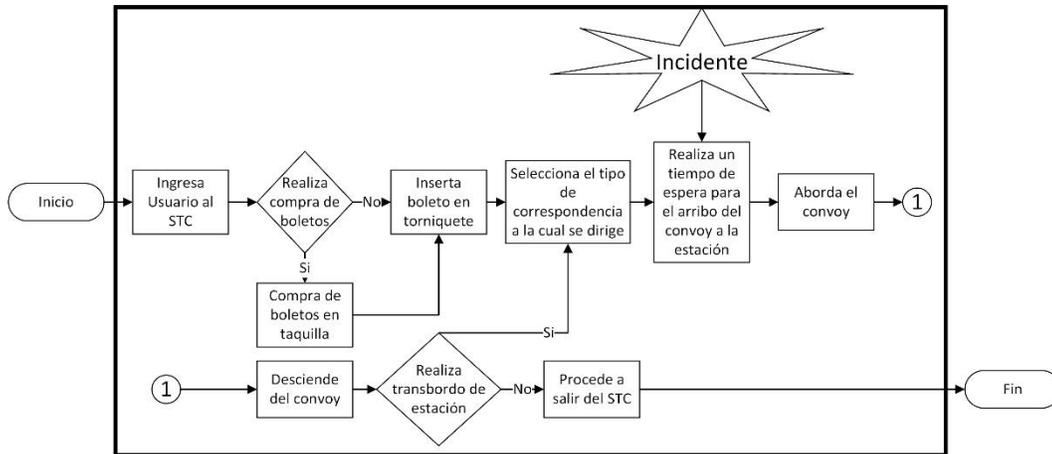


Ilustración 3. Diagrama de flujo de usuario dentro del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia basada en Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013).

1.2 El Problema por resolver

El problema que se aborda en esta tesis es el alto índice de incidentes en el STC Metro debido por la falta de precaución del usuario al momento de caminar por el andén y no percatarse del alto índice de peligrosidad que posee a causa de rebasar la línea de seguridad amarilla en el andén.

1.3 Objetivo general

Desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia que complementen la actual línea amarilla de seguridad del STC Metro, para reducir incidentes en los andenes a fin de contribuir en la seguridad e integridad física de los usuarios beneficiando al STC Metro en calidad, imagen y eficiencia en el servicio de transporte, que lo lleven a lograr un nivel competitivo al nivel nacional y mundial.

1.4 Objetivos específicos

- Seleccionar la metodología pertinente para el diseño y desarrollo de nuevos productos.
- Desarrollar un nuevo concepto de solución al problema de alto número de incidentes en el STC Metro de la Ciudad de México.
- Validar el nuevo concepto propuesto mediante un modelo de simulación basado en agentes y procesos.

Capítulo 2 Marco Teórico

En este capítulo, se presenta el Marco Teórico de esta tesis, que se construye analizando la Metodología Proyectual, y la Metodología de diseño y desarrollo de productos, las cuales se utilizan para generar un híbrido de metodologías que se utiliza para la generación de nuevos concepto.

La Ingeniería brinda soluciones a problemas complejos del mismo entorno. Para llevar a cabo esto, el ingeniero debe de poseer un perfil innovador e investigador para ser capaz de realizar propuestas de posibles soluciones de las cuales el percibe a través del uso de sus sentidos receptores del entorno, para posteriormente ser capaz de efectuar un análisis detallado y así lograr el brindar un diagnóstico ante tal suceso de gran importancia. Esta situación ha llevado al humano a recorrer diversidad de escenarios y de los cuales ha realizado modificaciones de su entorno con el propósito de mejorar las condiciones para la vida lo cual promueve el desarrollo, bienestar y la superación personal y comunitaria (Varela Villegas, 2001)¹¹. El desarrollo de un nuevo concepto es el proceso de un conjunto de actividades que inician con la identificación de una necesidad ya sea esta para una persona en particular o una industria lo cual para un investigador puede ser considerada como una oportunidad. El éxito de una industria depende de su habilidad para identificar sus puntos débiles y que en un momento dado pueden ser considerados críticos en el cumplimiento de sus propósitos por lo que es necesario fortalecerlas mediante la temprana y oportuna intervención cubriendo sus propias necesidades. La innovación es un concepto que a lo largo de los años ha adquirido trascendencia para las organizaciones ya que esta acción permite el lograr ser competitivas con sus antagonistas en el mercado al visualizar un estado deseado con el fin de marcar un diferencial superior y así lograr el liderazgo (Cilleruelo Carrasco, Sánchez Fuente, & Etxebarria Robledo, 2008)¹². De acuerdo a Machado Fernández M, la utilización tecnológica es el acto de aplicar cambios técnicos y nuevos a una empresa en búsqueda de lograr un beneficio para su crecimiento, sostenibilidad y competencia (Machado Fernández, 1997)¹³. Las aportaciones de ideas para realizar cambios al entorno convergen en la necesidad de crear un bien para el beneficio común Gee, S. describe a la innovación como un proceso que mediante una idea tras el reconocimiento de una necesidad es posible el desarrollar un producto útil y aceptado por la sociedad para su comercialización (Gee, 1981)¹⁴.

Esta investigación propone efectuar un cambio que permita el solucionar una necesidad actual dentro del STC Metro de la Ciudad de México que afecta a cientos de capitalinos al momento de solicitar el servicio de transporte. Para llevar a cabo la propuesta se recurre al uso de herramientas y procesos de las metodologías en: Metodología Proyectual, y la Metodología de Diseño y Desarrollo de Productos cuyas funciones son las generaciones de nuevos conceptos.

¹¹ Varela Villegas, R. (2001). *Innovación Empresarial. Arte y ciencia en la creación de empresas* (Carmen Helena Ribero & Gregory Alonso ed.). (O. Fernández, Ed.) Bogotá: Prentice Hall. Recuperado el 15 de mayo de 2016

¹² Cilleruelo Carrasco, E., Sánchez Fuente, F., & Etxebarria Robledo, B. (30 de octubre de 2008). *Compendio de definiciones del concepto <<innovación>> realizadas por autores relevantes: diseño híbrido del concepto. Dirección y Organización*(36), 61-68. Recuperado el 6 de agosto de 2015, de http://www.academia.edu/415734/Compendio_De_Definiciones_Del_Concepto_innovaci%C3%B3n_Realizadas_Por_Autores_Relevantes_Dise%C3%B1o_H%C3%ADbrido_Actualizado_Del_Concepto_A_Compendium_of

¹³ Machado Fernández, M. (1997). *Gestión tecnológica par un salto en el desarrollo industrial*. Madrid: CDTI-CSIC. Recuperado el 2 de noviembre de 2015

¹⁴ Gee, S. (1981). *Technology transfer, innovation & international competitiveness*. New York: Wiley and Sons. Retrieved agosto 7, 2015

2.1 Diseño y desarrollo de productos

Es un conjunto de actividades que inician con la percepción de necesidades que son interpretadas como oportunidades ya que al terminar un nuevo producto o concepto su finalidad total es el satisfacer y cubrir todas las necesidades para quien está dirigido. El proceso general en el Diseño y Desarrollo de Productos de acuerdo a Ulrich y Eppinger (2013), se muestra en la Ilustración 4.

- El proceso de planeación es la forma de conocer un problema y la problemática que éste genera a un sistema, con el propósito de generar un nuevo concepto alternativo para lograr su solución.
- El desarrollo del concepto es realizado tras un análisis de las necesidades identificadas a resolver y se genera un nuevo concepto que cubra a su mayoría.
- El siguiente proceso de diseño en el sistema involucra la composición del nuevo concepto y su desglose interno de sus componentes para especificar el por qué se recurre a ciertos elementos para interactuar unos con otros. De igual forma es sometido en un escenario al cual este se desempeñara en su entorno.
- Por último la solución propuesta determina la evaluación del concepto y sus posibles múltiples versiones, como también la evaluación que este tiene en el entorno donde se desenvuelve.

2.2 Metodología Projectual

Es una serie de procesos con un orden lógico que permite conseguir un nuevo concepto con el máximo resultado y la utilización de un mínimo esfuerzo. El método Projectual de acuerdo a Murani (2004), que se muestra en la Ilustración 4 no es absoluto y definitivo ya que puede ser modificable según a los objetivo establecidos por la persona que desea desarrollar un nuevo concepto.

- La definición del problema es la interpretación de todo lo que constituye al problema y bajo la percepción esta puede esta puede ser desfragmentada en cada uno de los elementos que lo constituyen, para establecer de forma coherente una posible solución abstracta de la cual sus características principales son la involucración de lo materialista, cultural, psicológica estructural y económica.
- Parte del principio de descomponer el problema en cada uno de los elementos que lo constituyen para poder ser analizados de forma más detallada, ya que cada problema hoy en día es más complejo y complicado de ser abordado. Descomponer el problema en sus elementos desea descubrir numerosos subproblemas "Un problema particular de diseño es un conjunto de muchos subproblemas. Cada uno de ellos puede resolverse obteniendo un campo de soluciones aceptables", (L. B., 1967)¹⁵.
- La recopilación de datos posibilita la detección de indicadores y genera nueva información de lo que constituye al problema para ser analizadas y obtener las necesidades a cubrir.
- El análisis de datos refiere a especificar de manera técnica las necesidades del cliente las cuales suele apoyarse en herramientas que permiten detallar cada una de las soluciones.

¹⁵ L. B., A. (1967). *Método sistemático per progettisti*. Venezia: Marsilio. Recuperado el 8 de agosto de 2015

- La creatividad es la capacidad de la imaginación de proponer nuevas soluciones irrealizables por razones técnicas, notarialitas o económicas y que por medio del razonar y analizar se opta por la mejor posible solución.
- Los materiales comprende a lo existente en la tecnología, materiales o piezas necesarias para la generación el nuevo concepto y que estas puedan ser traídas a la realidad.
- La verificación es la manera de auxiliarse para la aprobación del concepto bajo un entorno o incluso como este se comporta en sus componentes internos, de los cuales puede realizarse ciertos cambios previos a su implementación.
- La solución es la definición absoluta del concepto ya que esta brinda la aceptación de otros por el beneficio que este aporta, como también se le caracteriza por su eficiencia en su desempeño.

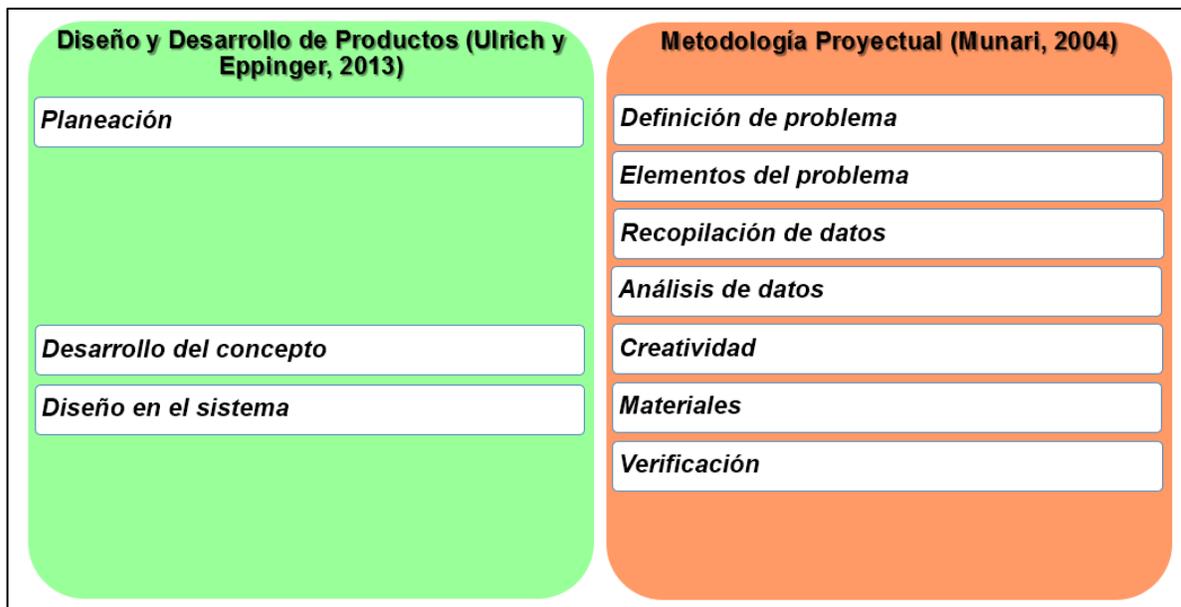


Ilustración 4. Metodologías: Diseño y Desarrollo de Productos; Metodología Proyectual.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger¹⁶ (2013) y Munari¹⁷ (2014).

2.3 Metodología Híbrida

Para los fines de este trabajo de investigación se desarrolla una metodología híbrida para la conceptualización, el diseño y validación de un nuevo producto como se muestra en la Ilustración 5. Esta metodología permite visualizar y agrupar los procesos para crear módulos que permitan llevar a cabo un proceso no lineal. Los módulos son los siguientes:

Antecedentes: esta sección involucra el planteamiento del problema, la definición y elementos que lo generan, realizando una investigación de acontecimientos reales, con la ayuda de la formulación del estado deseado. También se identifica y define las necesidades para establecer especificaciones que deben de ser contempladas en el desarrollo del nuevo concepto a realizar.

Desarrollo de Concepto: se realiza un desglose analítico para lograr la generación del nuevo concepto. El diseño contempla al entorno donde se desea introducir el nuevo concepto, por lo que se explica y analiza toda la información de los

¹⁶ T. Ulrich, K., & D. Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. Distrito Federal, México: Mc Graw Hill. Recuperado el 17 de marzo de 2015

¹⁷ Munari, B. (2004). *¿Cómo nacen los objetos?* (Primera ed.). Barcelona, Rubí, España: Gustavo Gilí. Recuperado el 2 de junio de 2015

componentes que lo conforman internamente y operaciones lógicas que realizan en su interior para entregar la información a sus receptores de los cuales para este caso son los usuarios del STC Metro.

Validación del Concepto: se demuestra con el apoyo de software el beneficio del concepto, con simulación de estructuras, circuitos eléctricos y electrónicos y de modelación basada en agentes para conocer comportamiento de usuarios dentro de una estación del STC Metro. Se identifican los componentes que confieren el nuevo concepto y que logran brindar una solución para la reducción de incidentes dentro del STC Metro de la Ciudad de México. Como parte de la solución se analiza al nuevo concepto para identificar si éste logra realizar las rupturas económica, tecnológica y de uso.

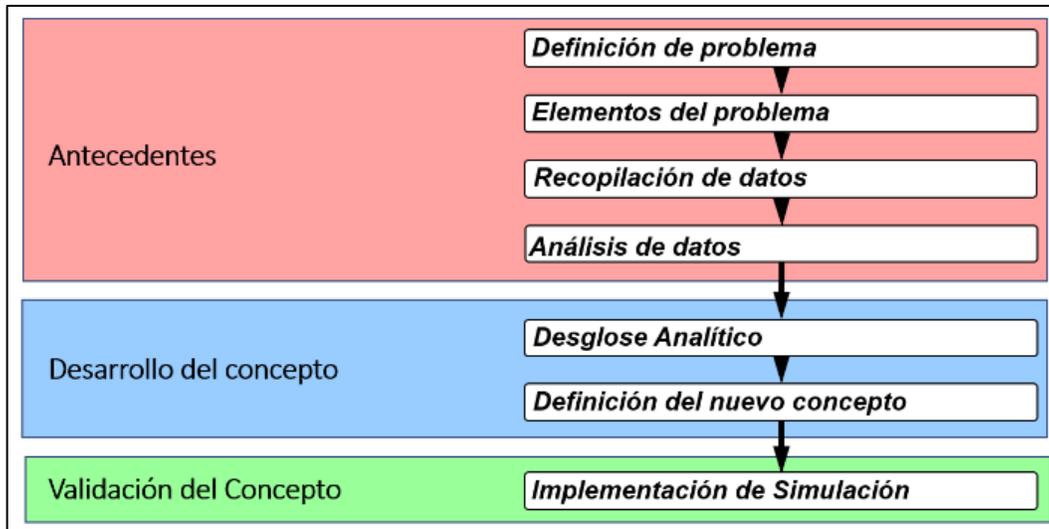


Ilustración 5. Metodología Híbrida.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013) y Munari (2004).

Capítulo 3 Diseño y Desarrollo de un nuevo concepto para reducir los incidentes en los andenes del STC Metro de la Ciudad de México

En este capítulo se lleva a cabo la implementación del híbrido de las metodologías propuesto en el capítulo 2 para desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia. Se inicia con el planteamiento del problema, la definición y elementos que lo generan, realizando una investigación de acontecimientos reales, con la ayuda de la formulación del estado deseado. Después se identifican y definen las necesidades de los usuarios para establecer especificaciones que deben de ser contempladas en el desarrollo del nuevo concepto. Posteriormente, se diseña y analiza el proceso del nuevo concepto para informar al usuario por rebasar la línea amarilla de seguridad. Por último, se verifica y valida el concepto desarrollado mediante un modelo de simulación basado en agentes y procesos para conocer el beneficio del nuevo concepto al reducir los incidentes, que para este caso de investigación se seleccionó la estación Zócalo para su modelación.

3.1 Antecedentes

Una ciudad se destaca por ser un área urbana en la que prevalece la industria y se diferencia de las demás entidades, ya que posee una mayor densidad poblacional. Este es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México una de las urbes más poblada del mundo según indica la ONU (El Universal, 2014)¹⁸ que concentra gran parte de la población, que cuenta con infinidad de actividades económicas, sociales, políticas y otras de gran diversidad para los capitalinos y visitantes nacionales o extranjeros en los diferentes espacios geográficos de la ciudad. Con este tipo de crecimiento poblacional, es natural la necesidad de desplazamiento a diferentes tipos de la ciudad recurriendo al uso de vehículos que amplían la capacidad de desplazamiento (Camarena, Delgado, & Salgado, 1995)¹⁹, lo cual en la mayoría de los casos, representa un costo no sustentable para todas las personas que lo solicitan y por lo mismo prefieren el uso de transporte público ya que este suele ser el más económico pero que también se ve entorpecido por la gran cantidad de vehículos que circulan en todas las vialidades de la Ciudad de México. Lamentablemente en la actualidad se considera que el número de vehículos que circula por las calles de la Ciudad de México es demasiado alto y al continuar incrementándose en un futuro las arterias de la ciudad se verán colapsadas creando un caos entre los capitalinos. No es sustentable la cantidad de vehículos que circulan en la Ciudad de México ya que es calculada en aproximadamente cinco millones y que si continúa creciendo, como lo indica el maestro Javier Riojas Rodríguez, académico de la Universidad Iberoamericana especializado en estudios ambientales, “va a llegar un momento en que las vialidades van a colapsar” ya que el espacio para el tránsito de automotores no es infinito y este rebasará la capacidad de espacio de la ciudad para la libre circulación (Universidad Iberoamericana, 2013)²⁰. Por esta parte existe una gran exigencia de los ciudadanos

¹⁸ El Universal. (10 de julio de 2014). México, la cuarta ciudad más poblada del mundo: ONU. El Universal, pág. 1. Recuperado el 24 de agosto de 2015, de EL UNIVERSAL.MX: <http://archivo.eluniversal.com.mx/sociedad/2014/poblacion-mundial-ciudad-mexico-1022472.html>

¹⁹ Camarena, L., Delgado, J., & Salgado, M. (septiembre de 1995). Modernización del transporte y estructuración del territorio. *Geografía y Desarrollo*, 6(12), 49-60. Recuperado el 19 de septiembre de 2015

²⁰ Universidad Iberoamericana. (21 de junio de 2013). *Universia México*. Recuperado el 28 de marzo de 2016, de noticias.universia: <http://noticias.universia.net.mx/actualidad/noticia/2013/06/21/1032169/demasiados-vehiculos-circulan-df.html>

capitalinos, en un medio de transporte que los traslade a los distintos puntos de la Ciudad y al Estado de México, ya sea por motivos personales o de ocupaciones principales como es el trabajo, escuelas, clínicas, centros de entretenimiento u otros centros de actividades sociales pero no desean verse perjudicados en tiempos de demora por el traslado. En esta perspectiva la movilidad es una gran demanda que exige una excelente eficiencia en el transporte dentro y fuera de la Ciudad de México.

El 29 de abril de 1967, se realizaron diversidad de estudios para un anteproyecto el cual posteriormente permitiría la construcción de un STC Metro para la Ciudad de México. Su publicación en el Diario Oficial se decretó el crear un organismo público descentralizado nombrado STC Metro, con el propósito de construir operar y explotar un tren rápido con recorrido subterráneo. El STC Metro fue y probablemente continúe siendo, la obra civil, arquitectónica más grande y compleja de la Ciudad de México ya que su estructura abarca diversidad de espacios en la Ciudad y Estado de México con construcciones subterráneas, a nivel y por encima del nivel de piso. Su característica principal desde su origen ha sido estar en un proceso permanente de transformación y crecimiento, por la incorporación de nuevas tecnologías y ampliación de la red (STC Metro, 2014)²¹.

Inaugurado el 4 de septiembre de 1969, el STC Metro de la Ciudad de México se idealizó para liberar el flujo de personas y vehículos en las principales vías de la ciudad y brindar una opción más para el transporte. El STC Metro desde entonces ha realizado el traslado de usuarios en un transporte confiable, con la seguridad de realizar satisfactoriamente un viaje seguro al pasajero en su trayecto, libre de tráfico o congestión vehicular, cero emisiones de contaminantes entre otros, a una población de 8,851,080 habitantes con una baja tasa de crecimiento poblacional promedio anual de 0.3 de acuerdo al INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012)²². En la actualidad el STC Metro es uno de los medios de transporte más preferido y solicitado por los capitalinos para trasladarse a los distintos puntos de la ciudad capitalina durante los 365 días del año, ya que su tiempo de transporte y el costo que este refleja con los transportes vehiculares se refleja con una menor afectación económica al usuario. Cubriendo gran cantidad de lugares diversos de la Ciudad de México, el STC Metro ha crecido en su estructura, incrementando a 195 estaciones en la actualidad y ubicando puntos nuevos de acceso a los usuarios en diferentes zonas de la Ciudad y el Estado del mismo como se muestra en la Ilustración 120 ubicada en el Anexo A, siendo primordial la seguridad del usuario al momento de brindar su servicio con el objetivo de cubrir todas las necesidades de un transporte accesible, confiable y seguro. Estos cambios en su estructura surgen con el propósito de mejorar su servicio de transporte el cual incluye alcanzar nuevos puntos geográficos para el acceso en lugares remotos donde existe una creciente demanda de usuarios en uso de transporte. Lamentablemente la demanda ha incrementado al pasar de los años y ésta es traducida en aglomeraciones de usuarios en andenes (Gómez Eguiarte Martínez & de las Nieves Sánchez Guerrero, 2014)²³.

Se utilizó el método de modelación del mapa conceptual de Peter Checkland proveniente de la publicación de “*Técnicas Participativas para la Planeación*” (Sánchez Guerrero, 2003)²⁴ como herramienta de diagnóstico, ya que permite la

²¹ STC Metro. (s.f.). *Un Metro para la Ciudad de México*. Recuperado el 12 de noviembre de 2015, de Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/pendon3.html>

²² Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (6 de febrero de 2012). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Recuperado el 31 de mayo de 2015, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>

²³ Gómez Eguiarte Martínez, A., & de las Nieves Sánchez Guerrero, G. (1 de diciembre de 2014). *Aplicación de funciones de distribución continuas, para modelar la demanda de pasajeros en una línea de tren ligero de la Zona Metropolitana del Valle de México*. *Contaduría y Administración*, 26. Recuperado el 2 de octubre de 2015, de <http://www.cva.unam.mx/index.php/cva/article/view/776/809>

²⁴ Sánchez Guerrero, G. d. (2003). *Técnicas Participativas de la planeación. Procesos Breves de Interpretación*. Distrito Federal, México: Funadación ICA. Retrieved noviembre 15, 2015, from https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CB00FjABahUKewjc6p_K45PJAhUFQ0iYKHa2xCx4&url

interpretación conceptual funcional de todos los elementos que se involucran y forman parte del problema, Para este caso se estudiaron las actividades donde interactúan personas (directivos, empleados internos y usuarios) con el propósito de dar una clara explicación del contexto que se desea abarcar del **STC Metro**. Al construir esta representación conceptual, se visualizó el papel que juegan las diversas personas en el **STC Metro**, como es también es el preguntarse ¿Qué es? y ¿Qué hace el sistema?, para identificar el propósito del mismo y así lograr la visualización de la complejidad que lo constituye, como de igual forma demostrar como éste es estresado por su entorno y ha optado por organizarse por departamentos específicos para realizar funciones específicas dentro del mismo y hacer frente a sus amenazas a lo largo del tiempo, con el objetivo de prevalecer en la actualidad. En la Ilustración 6, se muestra en mapa conceptual bajo el criterio de la estructura orgánica del **STC Metro** y que de acuerdo a su formato permite vincular a cada eslabón de la estructura, las atribuciones y responsabilidades que le corresponden a cada uno de sus elementos y es vigente con base al dictamen 20/2007, a partir del 13 de enero de 2014 (STC Metro, 2014)²⁵.

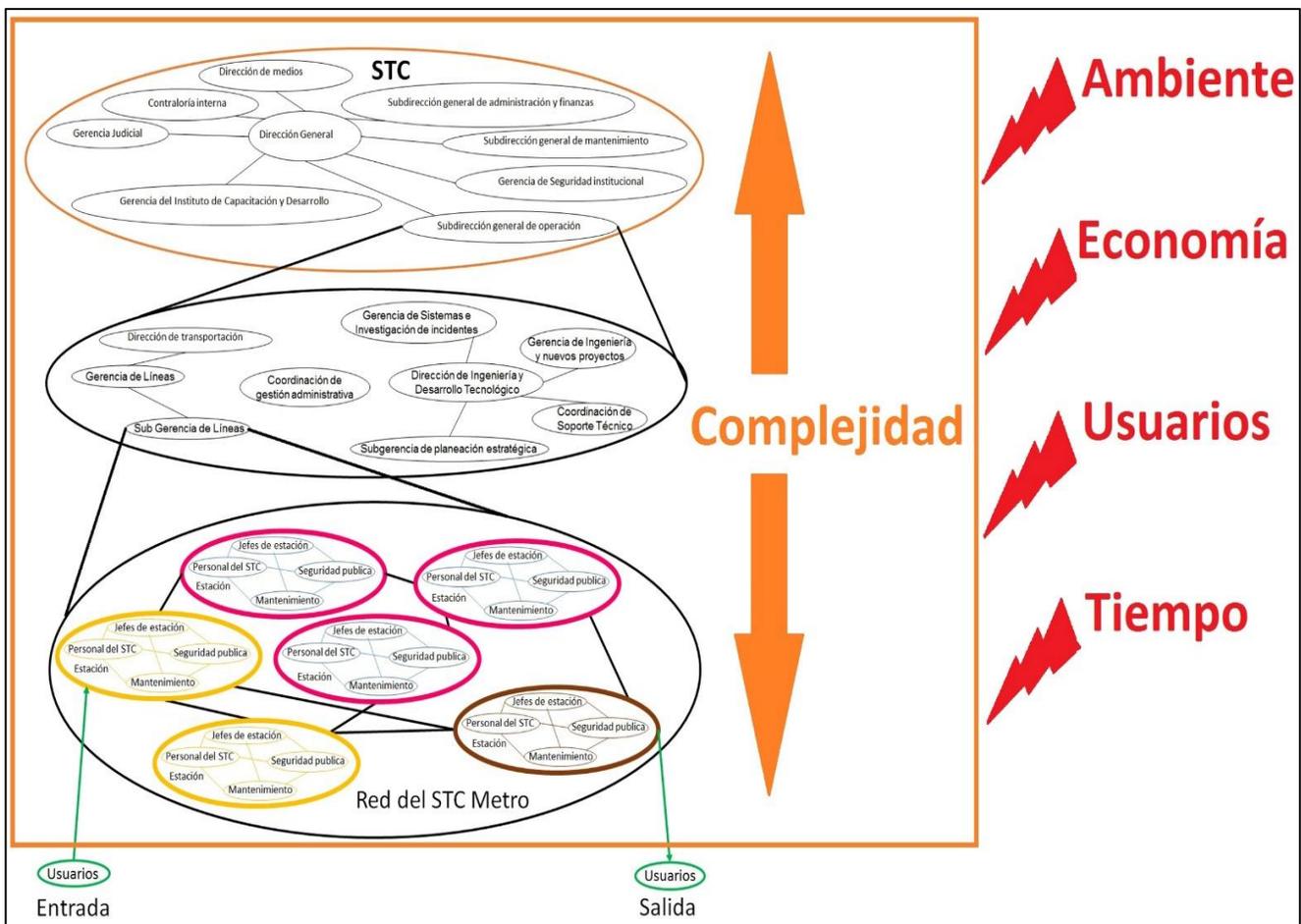


Ilustración 6. Mapa conceptual del STC Metro. Fuente: Elaboración propia (2016).

[=http%3A%2F%2Fbiblioteca.uccvirtual.edu.ni/%2Findex.php/%3Fopcion%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D23%26Itemid%3D1&usg=AFOjCNETMfbTR](http://3A%2F%2Fbiblioteca.uccvirtual.edu.ni/%2Findex.php/%3Fopcion%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D23%26Itemid%3D1&usg=AFOjCNETMfbTR)

²⁵ STC Metro. (13 de enero de 2014). Ciudad de México. STC Metro. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/organigrama/index.html>



Con base en el decreto de creación, publicado en abril de 1967 y vigente en julio de 2007, se declaró la actividad del STC Metro como un organismo público descentralizado, cuyo objetivo es la operación y explotación de un tren rápido, que sea movido por energía eléctrica y tenga un recorrido subterráneo como también superficial, para el transporte colectivo de personas antiguamente Distrito Federal (STC Metro, 2007)²⁶ y en este se precisa su misión y visión de la siguiente forma:

Misión

“Proveer un servicio de transporte público masivo, seguro, confiable y tecnológicamente limpio. Con una tarifa accesible, que satisfaga las expectativas de calidad, accesibilidad, frecuencia y cobertura de los usuarios y se desempeñe con transparencia, equidad y eficiencia logrando niveles competitivos a nivel mundial.”

Visión

“Lograr un servicio de transporte de excelencia, que coadyuve al logro de los objetivos de transporte sustentable en la Zona Metropolitana del Valle de México, con un alto grado de avance tecnológico nacional, con cultura, vocación industrial y de servicio a favor del interés general y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos.”

En el entorno del STC Metro existe gran diversidad de problemas sociales que acontecen fuera y dentro de las estaciones, como suele ser el comercio informal, vandalismo, acoso, prostitución, asaltos a usuarios, problemas técnicos, suicidios, etc. Tras la pre visualización de la diversidad de problemas que presenta y por las cuales ha atravesado el STC Metro para cumplir con la misión y visión estipuladas por el mismo, se comenzó por la realización del análisis de la misión, la cual específica *“Proveer un servicio de transporte público masivo, seguro, confiable y tecnológicamente limpio...”* a lo cual se decidió el enfocarse a los distintos escenarios que se han presenciado dentro del STC Metro y que impiden cumplir con el servicio de transporte de forma eficiente. Dentro de este análisis se consideraron los sucesos con mayor prioridad y en los que el usuario se ve afectado por el tipo de alcance que posee el percance, por su integridad física y mental durante el tiempo de solicitar el servicio de transporte en las instalaciones del STC Metro, hasta el instante de retirarse del mismo.

Se realizó la búsqueda de información acerca de incidentes internos del STC Metro en los cuales los usuarios se vieran afectados o involucrados. Para la obtención de esta información se revisó lo publicado en medios de comunicación, ya que estos permitieron conocer a mayor detalle qué tipo de problemas poseen la capacidad de afectar la integridad del usuario y con gran potencial de ser mortales. En un principio surge como característica que un accidente es visualizado por el STC Metro como error social que radica en que todos estamos expuestos a tolerar sus resultados negativos que se manifiestan, no sólo como problema de salud pública (por los heridos y muertos que genera), sino también por las incidencias de carácter económico y social.

Parte en la que influye este tipo de confusión dentro del STC Metro, es causada por contra tiempos que se presentan en el flujo de convoyes entre las estaciones, causadas por innumerable tipo de fallas que presentan al circular en las vías del STC Metro. Parte de estas fallas son originadas por ciertas descomposturas técnicas que se presentan de manera imprevista al circular el convoy a lo largo de las líneas de transporte, sin embargo existen otros contratiempos de mayor impacto y son de usuarios que presentan incidentes al nivel de andén por no respetar los lineamientos de seguridad que el propio transporte ha implementado y

²⁶ STC Metro. (julio de 2007). Actividad del STC Metro. Obtenido de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/misionyvision.html>

que al no ser respetados estos poseen una mayor probabilidad de sufrir un incidente mortal. Esto es visualizado así ya que el suicidio es una de las principales causas de muerte en jóvenes y adultos, provocando cerca de un millón de víctimas al año- según citó la OMS en el Día Nacional y Mundial para la Prevención del Suicidio-. Acentuando a la Ciudad de México como un lugar en que estos casos suceden con mayor frecuencia en el STC Metro (Garuyo, 2015)²⁷. Esta situación ha inspirado a expresar por medio de las artes como afecta a la sociedad tales eventos, tal es el caso del fotógrafo Gerardo Landa Rojano en su serie fotográfica nombrada: “Suicidio Público”, en el cual registró las estaciones de algunos suicidios donde han tenido un mayor impacto mediático como son Eugenia de línea 3, Insurgentes de línea 1, La Raza de Línea 5, Zócalo de línea 2, y Puebla de línea 9 y que en entrevista con Garuyo comentó “la idea surgió a partir de utilizar el STC Metro de manera constante y bajo la preocupación recurrente de tener que presenciar una escena de este tipo en algún momento”. Bajo el mismo contexto el director, guionista y animador mexicano Luis Carlos Carrera González quien trabajo en un cortometraje de animación nombrada “El héroe” la cual demuestra durante cinco minutos de filmación como se lleva a cabo la historia de un hombre solitario caminando por los andenes del STC Metro entre el irracional mundo de gente. Al esperar el convoy, descubre a una joven al asomarse dentro del tumulto de gente a la orilla del andén, con la intención de suicidarse por lo que entonces el hombre corre a rescatarla, pero ésta reacciona gritando con euforia haciéndose notar por todos los usuarios y llamando la atención de un policía que detiene al hombre pensando que su deseo de este era el molestarla. Posteriormente la joven sonríe con malicia y se arroja a las vías del tren siendo arrollada por el vehículo en marcha ante la mirada impotente y frustrada del hombre (Baksht Segovia, 1993)²⁸. Esta filmación es lamentablemente un escenario común y habitual dentro de las estaciones del STC Metro y que además de ser del conocimiento público, es aceptado por la sociedad como situación cotidiana y frecuente dentro de la red del mismo, que además de no es capaz de generar abatimiento entre los capitalinos si no al contrario produce odio, coraje, frustración y sentimientos negativos, ya que los usuarios son afectados por el contratiempo que produce tal acontecimiento. En gran parte de los artículos de periódicos examinados, se hace la mención que la causa mayor por la que los convoyes se ven afectados en retrasos en las líneas del STC Metro; “*las múltiples suspensiones en el servicio de las líneas del Metro no se deben a fallas mecánicas o falla de suministro eléctrico, sino a las personas que se arrojan a las vías o hasta riñas entre los propios pasajeros de este transporte*”, aseguro el director general, Francisco Bojórquez. (Así somos y..., 2009)²⁹.

Al conocer este tipo de afectaciones se recurrió al Reglamento de Transporte del Distrito Federal, para conocer a mayor detalle qué tipo de acciones se llevan a cabo para prevenir y reducir este tipo de percances a lo que se estipula en sus artículos como actuar y negar la solicitud de servicio de transporte para evitar percances dentro de las instalaciones y afecte al servicio de transporte. Publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 30 de diciembre de 2003, (STC Metro, 2003)³⁰, se retomaron los siguientes artículos ya que fueron imprescindibles para confirmar si en la realidad y actualidad son llevados a cabo:

²⁷ Garuyo. (24 de agosto de 2015). Cinco historias de suicidio en estaciones del Metro. *Excelsior*. Recuperado el 16 de septiembre de 2015, de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2015/08/24/1041903>

²⁸ Baksht Segovia, L. (Productor), Carlos, L., & González, C. (Dirección). (1993). *El Héroe* [Película]. México. Recuperado el 3 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=1ThsuBy2IkU>

²⁹ Así somos y... (10 de noviembre de 2009). Así somos y... (J. Siguenza Sanchez, Productor) Recuperado el 01 de marzo de 2015, de Así somos y...: <https://asisomosy.wordpress.com/2009/11/10/broncas-en-el-metro-por-retrasos/>

³⁰ STC Metro. (30 de diciembre de 2003). *Reglamento de transporte del Distrito Federal*. Recuperado el 16 de septiembre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/servicios/regtransporte.html>

Artículo 10

Son causas justificadas para negar la prestación del servicio de transporte público de pasajeros, al usuario cuando:

I. Se encuentre notoriamente bajo el efecto de bebidas alcohólicas, estupefacientes o psicotrópicos;

V. De manera evidente se perciban alteraciones de la conducta que puedan poner en riesgo la seguridad de los demás usuarios;

Artículo 13

Se prohíbe a los usuarios del servicio público de transporte masivo de pasajeros:

VI. Rebasar las líneas de seguridad marcadas en los bordes de los andenes, excepto para ascenso o descenso del tren;

VII. Arrojar objetos a las vías o al exterior por las puertas y ventanas;

XIII. Hacer uso de las estaciones o de los carros cuando se encuentre en estado de intoxicación por alcohol o por cualquier otra sustancia tóxica

Artículo 15

Los menores de siete años sólo pueden hacer uso del transporte público de pasajeros cuando estén acompañados por persona mayor que se responsabilice de su seguridad.

En la realidad se ha observado por los medios de comunicación, que lo redactado en los artículos de la Gaceta Oficial no se logra cumplirse en su totalidad, ya que la diversidad de escenarios complejos que enfrenta el STC Metro día con día son excedidos para los operativos ya que estos no logran cubrir en su todas las áreas por la demanda creciente de usuarios en el STC Metro a lo que en ciertos casos llegan a desapercibir puntos clave que les permitiría reducir los eventos de incidentes. Este tipo de contratiempos no son previstos con gran anterioridad, ya que en la actualidad no existen controles que permitan el deducir con exactitud que usuarios poseen un gran potencial de sufrir un incidente dentro de las instalaciones. Entre los problemas humanos observados con mayor frecuencia y relacionados con incidentes, se pueden destacar los siguientes grupos:

- ♦ Diversos estados: destacando las *causas físicas* como es la fatiga o falta de energía, defectos sensoriales, explícitas enfermedades, etc.; *estados psicológicos transitorios* causados por la depresión, estrés, enojo, etc.; el *uso de sustancias* como es el alcohol, ingesta de fármacos o drogas.
- ♦ Inhibidores de la prudencia: como la *subestimación de la seguridad propia*; observar imágenes y modelos distractores ambientales.; la *falta de la debida precaución* del lugar de posicionamiento del usuario y la proximidad que existe del mismo a las vías del convoy; *conductas no adecuadas* dentro de los andenes como charlar, escuchar reproductores de audio o videos, mensajear o hablar por celular, etc.

Parte de estos puntos se han visto devaluados por la divergencia de problemáticas que el STC Metro posee en su estructura y organización, por los cuales en la actualidad existe un gran caos al no prever adecuadamente las grandes amenazas que produce su entorno y que a la larga pueda ocasionar el colapso de todo el STC Metro. Parte de las acciones del STC Metro con el propósito de hacer frente a su entorno es el contar con módulos y oficinas de orientación e información dirigida a usuarios (STC Metro, 2014)³¹, de los cuales su objetivo principal es brindar atención personalizada, información y orientación al usuario, acerca del servicio de transporte, sus estaciones y líneas. Dentro de sus principales funciones destacando los siguientes puntos:

- Brindar información clara y precisa de la Red del STC Metro de transporte, que le facilite al usuario llegar a su destino.
- Informar sobre algún incidente dentro y fuera del STC Metro, si en ese momento se tiene la información disponible.
- Recibir y canalizar las quejas, comentarios, observaciones y/o felicitaciones a la mejora de la calidad del servicio.

³¹ STC Metro. (2014). Orientación e Información: STC Metro. Obtenido de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/servicios/orientaeinform.html>

Aunque existen nuevos departamentos y medidas que apoyen o auxilien a usuarios al instante de solicitar el transporte colectivo, existen otros problemas que siguen prevaleciendo y que no pueden ser solucionados ya que son ajenos al proceso del STC Metro y es necesario intervenir de diferente forma ya que lamentablemente afecta a cientos de usuarios al instante del uso de transporte. Es primordial el considerar al STC Metro como una instalación industrial, ya que en su infinidad de procesos internos que lleva acabo, recurre al uso de dispositivos mecánicos y eléctricos que en conjunto realizan una cantidad de procesos y tareas con el resultado de brindar el servicio de transporte. Al considerar al STC Metro como una industria es necesario también el realizar mejoras continuas para que este prevalezca y para el caso de estudio de esta tesis, sería el abarcar la seguridad de los usuarios mientras realiza la espera del convoy a la estación.

3.1.1 Definición de problema

Es primordial y elemental definir el problema, con el fin de lograr atacarlo con mayor precisión, ya que de continuar sin realizar esto, podría llevarnos a caminos muy divergentes y salirnos del contexto del cual esta tesis plantea resolver. Como se ha venido comentado, en el STC Metro existe un alto índice de incidentes de usuarios que por diversidad de causas, han sufrido un percance al caer a las vías del STC Metro, pero que lamentablemente es difícil detectar o prever donde y cuando pueda ocurrir un siniestro de este tipo, con previo tiempo adicional al percance para llevar a cabo una acción que impida este tipo de actos dentro del STC Metro. Lo que es de conocimiento público es la cadena de eventos que este tipo de acciones desencadena en el propio STC Metro y que define cual es la importancia de llevar a cabo una solución a este tipo de hechos, para lo cual con el apoyo de la herramienta de causa y efecto sintetizado en la Ilustración 7, se precisa con mayor claridad el problema al cual se desea atacar al nivel andén y vías, pero que lamentablemente la misma herramienta no define claramente el evento ya que esta percepción es por lo que no brinda la suficiente información para su intervención.



Ilustración 7. Situación deseada. Fuente: Elaboración propia (2016).

Lo que es notable es que este tipo de incidentes son ocasionados solamente por los usuarios y no por los procesos internos del STC Metro. Al mencionar que este tipo de eventos los desencadenan los usuarios deriva en el simple hecho de no llevar un debido respeto a los reglamentos de seguridad que el STC Metro establece en su reglamento (STC Metro, 2003) y que en consecuencia da origen a incidentes dentro de las instalaciones. Debido a que existe una gran demanda de usuarios que acuden al STC Metro para solicitar un servicio de transporte, es completamente difícil conocer el estado de psicológico y fisiológico el

cual permita anticipar el grado de peligrosidad que una persona pueda desencadenar dentro del STC Metro, o de ser posible el uso de tecnologías que puedan identificar ciertos rasgos o comportamientos que permitan detectar estas anomalías, pero de su adquisición es una gran limitante en nuestro país, ya que este tipo de tecnología pueda ser muy costosa y limitada para la cantidad de áreas que se deseen abarcar dentro del STC Metro. Por otra parte existe otra tecnología con la cual ya cuenta este mismo STC Metro instalada en cada una de las estaciones y que ha permitido la visualización de estos hechos como son las cámaras de seguridad. Este sistema de grabación fue instalado con anterioridad para la seguridad de cada uno de los usuarios y la detección de irregularidades dentro del mismo. Permite conocer los segundos previos al percance de un incidente. Cabe señalar que no solo este tipo de tecnología ha sido participe en este tema, sino también la nueva tecnología en celulares que en la actualidad cuentan con cámaras integradas y que en ciertas ocasiones los usuarios han utilizado para filmar en tiempo real el evento ocurrido y brindar mayor información del impacto que este genera en los usuarios. De igual manera los medios de comunicación y las redes sociales han jugado un papel primordial, ya que permiten conocer de manera más detallada a las personas que presenciaron los incidentes.

Actualmente las redes de comunicación son infraestructuras que proporcionan la capacidad y los elementos necesarios para la obtención e intercambio de información, ya sea ésta en forma de voz, datos, vídeo o una mezcla de los anteriores. Bajo este concepto el Data Meaning o también conocida en español como la Minería de Datos o Exploración de Datos es un campo de la estadística y la computación el cual pretende descubrir patrones en un conjunto de datos. El objetivo principal del proceso de Minería de Datos consiste en la extracción de información de un conjunto de datos informáticos contenidos en la red informática y transformarla en una estructura comprensible para su uso posterior como se muestra en la Ilustración 8. La etapa de análisis en bruto involucra aspectos de bases de datos, gestión de datos, procesamiento de datos, gestión de datos y de las consideraciones de inferencia de métricas e Intereses de consideraciones de la teoría de la complejidad computacional y de la actualización en línea. Como indica Dueñas Reyes (2009)³² el Data Meaning es un punto clave en los procesos de las organizaciones, ya que la tecnología ha acelerado el crecimiento en herramientas útiles y necesarias en las mismas para procesos y mejora de la productividad.

³² Dueñas Reyes, M. X. (Junio de 2009). *Minería de datos espaciales en búsqueda de la verdadera información. Ingeniería y Universidad*, 13(1), 137 - 156. Recuperado el 8 de Octubre de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262009000100007&lng=en&tlng=es

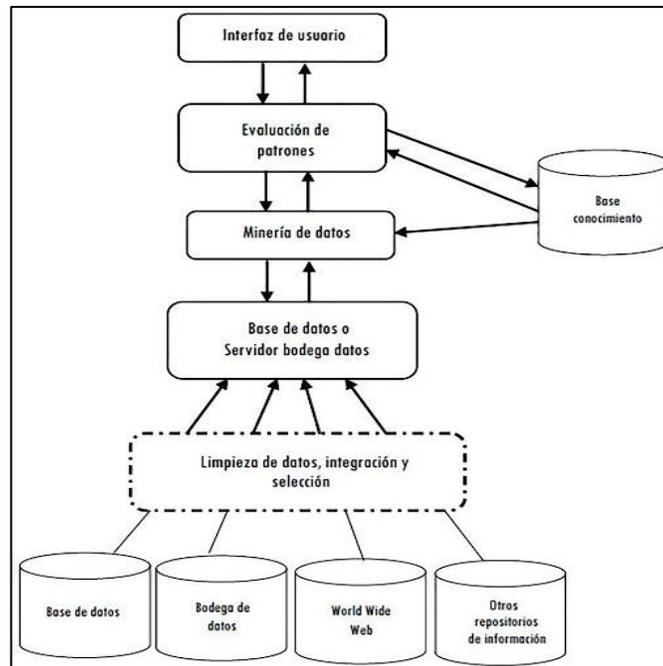


Ilustración 8. Arquitectura de minería de datos.
Fuente: Elaboración basada en Han & Kamber³³ (2006).

Por lo que bajo este concepto se optó por realizar la búsqueda, almacenamiento y procesamiento de la limpieza de la información obtenida seccionando la de acuerdo al tipo de incidentes y así someterla a un análisis como una muestra obtenida por los medios de comunicación y redes sociales, entre otros. La solución provisional del problema cuando el usuario por alguna causa llega a caer a las vías del STC Metro, las vías son cortadas en su suministro de energía eléctrica, esto por el riesgo que corre el usuario de ser electrocutado al tocar alguno de los elementos de alta tensión de 750 Volts de corriente directa. La identificación de cada uno de los elementos que comprenden las vías del STC Metro y sus nombres se muestra en la Ilustración 9.

1. **Barra guía:** encargada de conducir la Corriente Directa de 750 Volts.
2. **Superficie de rodamiento:** lugar donde se deposita la carga de los trenes y giran las ruedas neumáticas o ruedas de carga.
3. **Riel de seguridad:** posee dos funciones; la primera función es guiar a los carros guía o de carga cuando las ruedas se desinflan y no permiten un descarrilamiento; la segunda función es que el tren toque "tierra".
4. **Soporte Aislante:** pieza aislante de la corriente directa con respecto de la tierra y viceversa, además de cargar la barra guía.
5. **Durmiente:** sirve como soporte de todos los elementos anteriores. Es la pieza clave que soporta la carga de todo el tren, rieles, etc.

³³ Han, J., & Kamber, M. (2006). *Data mining: Concepts and techniques. (Vol. 7). Morgan Kaufmann. Retrieved October 8, 2016*

6. Charola de cableado: Conducto de cables de intercomunicación, cables de voltaje alimentador, etc.

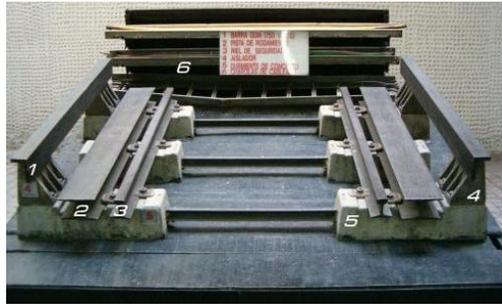


Ilustración 9. Demostración de vías en estación Martín Carrera de la Línea 6.
Fuente: Jaramillo Cabañas (2015).

Se realiza este procedimiento ya que en la actualidad existe personal especializado en vigilancia y comisionado a la coordinación de protección civil para atender cualquier situación que suceda en el STC Metro dentro y fuera de las instalaciones, a los cuales se les da un aviso de persona arrollada vía radio o teléfono. Este personal se traslada en una unidad nombrada PC01, en la cual se transportan de cinco a siete trabajadores hacia la estación donde se presentó el incidente. El procedimiento ante el evento consta primero con una parte del grupo es asignado a sacar a toda la gente de la estación y se evita que quede alguna persona en el andén, posteriormente alrededor de dos o tres trabajadores del ERUM (Escuadrón de Rescate y Urgencias Médicas de la Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal) o la Cruz Roja descienden a las vías para asegurarse que esté vivo el usuario como se muestra en la Ilustración 10. Si está con vida la víctima, el tren no se mueve, por lo que se revisa si el arrollado se puede soltar, de ser lo contrario y el usuario está enganchado en alguna parte del carro, el personal posee colchones hidráulicos, los cuales meten en la parte inferior del vagón, con el fin de al momento se inflarlos estos levantan el tren de dos a tres centímetros. Con apoyo de policías debidamente capacitados y contando con el conocimiento necesario para acceder a las vías del STC Metro, proceden en auxiliar a la víctima para brindarle los primeros auxilios de encontrarse todavía con vida. Una vez levantado el tren es retirado el cuerpo y colocado en una camilla, para posteriormente extraerlo de las vías la cual es conducida directamente a la ambulancia para cualquier atención medica que esta requiera.



Ilustración 10. Se registra suicidio en la estación La Raza del STC Metro.
Fuente: Publimetro (2013).

De ocurrir lo contrario, se procede a la movilización del tren para verificar que no quede ninguna parte del cuerpo en las vías y se realiza la limpieza de la zona si esta lo requiere. Se realiza la extracción del cuerpo como se muestra en la Ilustración 11 y es traslado al baño o locales médicos que hay dentro de la estación, para aguardar a que arribe el Ministerio Público para extraer el mismo de las instalaciones del STC Metro, mientras que otros trabajadores realizan trabajos en el lugar del incidente

como es realizar la debida limpieza de los restos al ser levantados y depositados en una bolsa, ya que es común que al presentarse este tipo de percances existe la posibilidad del desmembramiento del cuerpo del occiso a lo largo de un segmento de las vías. Posteriormente se rocía con extintor o algún tipo de polvo químico, para cubrir posibles manchas de sangre que el cuerpo deja después del incidente, con el fin de evitar olores posteriormente. Todo este procedimiento se realiza previo a la apertura de la estación.



Ilustración 11. Hombre decide quitarse la vida por suicidio en las vías del STC Metro estación Pino Suárez de la Línea 2. Fuente: Operaciones Especiales México³⁴ (2015).

De acuerdo a la publicación de una declaración anónima realizado por el portal VICE dedicada a la investigación periodística de diversidad publica, menciona los procesos que se realizan cuando una persona se arroja a las vías del STC Metro, por lo que Protección Civil tiene la autorización de bajar para rescatar al sujeto ya sea con vida o sin vida, con el motivo de liberar el paso del convoy para que continúe la libre circulación del mismo. Caso contrario al Estado de México ya que aquí primero llega el Ministerio Público, para realizar el correspondiente peritaje, toman fotos y dan autorización de mover el cuerpo del lugar del accidente, lo que provoca un retraso bastante considerable para la reactivación de las vías. Este tiempo suele variar con un promedio de dos horas después del incidente para que se reactive la circulación de los convoyes, por lo que este tipo de acciones no permite realizar la investigación correspondiente ante el incidente (Reservado, 2015)³⁵. Al ocurrir un accidente en territorio mexiquense (Líneas 2, A y B), el servicio se reanuda alrededor de dos horas, cuando en la Ciudad de México no tarda más de 20 minutos. José Felipe Romero Pérez, gerente de Seguridad Institucional del STC Metro, explicó que en estaciones de la Ciudad de México varias áreas participan en el retiro del objeto o cuerpo que cae a las vías y el tiempo que tardan en reanudar el servicio es de 10 a 20 minutos, dependiendo de las características de la estación y de las condiciones en que haya quedado la persona (La historia de cada día Diario Plaza Juárez, 2014)³⁶. Esta situación no es controlada ni investigada, ya que en la mayor parte de los casos el mismo personal del STC Metro es la encargada de realizar la remoción de cuerpos sin el debido peritaje que este requiere, como se redactó en una investigación realizada por Casillas Bermúdez y Pérez Botero al conductor del STC Metro David Hernández, donde declaro que en una ocasión cerca de las 20:00 horas del 8 de agosto de 2013, conducía en la Línea 8. David se encontraba ingresando a la estación Iztacalco y a lo lejos visualizo el tren que se alejaba velozmente “*Me dan la señal verde y cuando entro a Iztacalco veo algo en la vías. Pensé que era una bolsa de basura, pues solo se veía un bulto y cuando me acerco más, es cuando me percató que es un cuerpo y freno el tren. Mi compañera, quien iba justo delante de mí (en otro*

³⁴ Operaciones especiales México. (9 de octubre de 2015). Operaciones especiales México. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de Facebook. Operaciones especiales México: <https://www.facebook.com/797235033677482/videos/961872160547101/>

³⁵ Reservado. (19 de marzo de 2015). Archivo VICE: *Él recogerá tus restos el día que te suicides en el metro. Aquí, a la vuelta. (B. Memo, Entrevistador) VICE. Distrito Federal. Recuperado el 3 de abril de 2015, de http://www.vice.com/es_mx/read/el-recogera-tus-restos-el-dia-que-te-suicides-en-el-metro*

³⁶ La historia de cada día Diario Plaza Juárez. (19 de enero de 2014). Recuperado el 31 de diciembre de 2015, de Diario Plaza Juárez: <http://plazajuarez.mx/index.php/barandillamobil/item/2657-buscan-agilizar-servicio-en-metro-tras-caida-de-personas-a-vias>

tren), lo había arrollado y se había seguido sin darse cuenta”. David continuo con el protocolo de actuación, el cual consta primero en dar aviso al “Regulador” para el corte de energía e informar de lo sucedido. El Regulador por su parte pregunta al conductor por su estado, para saber si el mismo puede iniciar el desalojo ya que en la mayoría de los casos el conductor queda en estado de shock y es retirado de la escena del incidente para otorgarle un apoyo psicológico; pero en el caso de David su estado era normal. Posteriormente David indicó el lugar donde quedó el cuerpo, agregando lo siguiente “y comenzaron a llegar los servicios médicos, quienes determinan si la persona está viva o muerta; y también se llama a la policía”. Otra fuente del servicio de vigilancia el cual solicito el anonimato comento el común el trasladar a los cadáveres a dos locales destinados para estos eventos “se colocan en una especie de cama de piedra, para esperar la llegada del MP. La mayoría de las veces tarda horas en llegar. Muchas veces, con solo pedir autorización para sacar el cuerpo de las vías, se da la autorización y quien en ese momento tenga los medios lo puede realizar, con tal de no retrasar mucho el servicio. Los peritos tardan mucho en llegar y aunque a veces si buscan entrevistar a la gente que ayudo a sacar el cadáver, la mayoría se hacen los occisos porque nadie quiere tener líos con la ley”. Para la abogada penal y académica María del Carmen Serano, el hecho de que trabajadores del STC Metro puedan hacer el levantamiento “es una violación flagrantisima del derecho penal, pues alternan las funciones que le corresponde legalmente al MP, quien tiene que levantar una averiguación previa para deslindar responsabilidades. Lo primero que se debe hacer cuando hay un cadáver es no tocar nada; y esperar la llegada del MP, para que determine si el Metro es un escenario de crimen y si hay responsabilidad o no. Ya que con este convenio cambian todo el panorama y todos los elementos constitutivos de un delito se van a alterar; no están haciendo la averiguación. La escena de un delito nunca se debe alterar, pues al contaminarla se pierde elementos que determinan la responsabilidad” (Casillas Bermúdez & Pérez Botero, 2014)

De acuerdo a la manifestación de Francisco Bojórquez, exdirector del STC Metro es de considerar y contemplar que “Cada incidente afecta el servicio de transporte del Metro, en promedio, de 20 a 60 minutos, deteniendo por completo una o dos líneas del Metro, teniendo como consecuencia la afectación directa a los usuarios y a trabajadores del STC Metro. Cálculos efectuados por el mismo sistema señala que el costo de afectación a usuarios y por detener temporalmente toda la Línea llega a estimarse cada uno en 2 millones de pesos”, (Milenio, 2016)³⁷. El STC Metro en conjunto con el gobierno de la Ciudad de México, han buscado brindar apoyo a los ciudadanos, con el propósito de brindar la confianza y seguridad de viajar dentro de las instalaciones del mismo, por lo que en el 2008 se firmó un convenio con el STC Metro para ofrecer apoyo psicológico a las familias de los adeudos y personal del STC Metro que presenciaron el acontecimiento, pero que lamentablemente no resuelve la reducción de los eventos por lo que sigue observándose un incremento en los números de incidentes acontecidos en las distintas estaciones del STC Metro (Pantoja, 2008)³⁸. Las personas convergen en la mentalidad de la evolución del suicidio y la relación de los cambios sociales a este tipo de problema lo que lleva a pensar que en estos tiempos es momento para iniciar acciones de investigación y preventivas (Quintanar, 2007)³⁹ Al respecto Sistema de Información Legislativa emitió un escrito, en el cual buscó un punto de acuerdo por el que se exhortó al gobierno de la Ciudad de México para que en coordinación con el director general del STC Metro y a la Secretaría de Seguridad Pública, revisaran y actualizaran los protocolos de seguridad del STC

³⁷ Milenio. (11 de junio de 2016). Cada suicidio causa al Metro de México daños por 2 millones de pesos. Recuperado el 28 de agosto de 2011, de http://www.belt.es/noticiasmdb/home2_noticias.asp?id=12673

³⁸ Pantoja, S. (15 de enero de 2008). Firman PGJDF y Metro convenio para dar ayuda psicologica. El Universal.mx, pág. 1. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <http://www.eluniversal.com.mx/notas/474373.html>

³⁹ Quintanar, F. (2007). Comportamiento suicida, perfil psicológico y posibilidades de tratamiento (Primera ed.). Distrito Federal, México: Pax México. Recuperado el 11 de septiembre de 2015



Metro, a fin de prevenir accidentes y suicidios al interior de sus instalaciones. De acuerdo con el Manual Administrativo del STC Metro, publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 24 de febrero de 2010, el STC Metro posee una Gerencia de Seguridad Institucional, que es la encargada de la detección, reporte y registro de los incidentes ocurridos en las estaciones de la red de servicios del STC Metro. Dentro del manual se destaca que al momento en que se presenta un incidente, los empleados del STC Metro están obligados a llenar un formato especial, con todos los pormenores de la víctima, de la circunstancia en que sucedió y las personas involucradas en el rescate del cuerpo. (Grupo Parlamentario del Partido Revolucionario Institucional, 2014)⁴⁰. Lamentablemente en la actualidad los protocolos y mecanismos no logran resolver y reducir los incidentes ya que en la actualidad estas cifras siguen presentándose año con año.

Con la intención de definir a mayor detalle el problema, fue necesario recurrir a la problemática de incidentes acontecidos al nivel andén, para así establecer cuáles son las causas y necesidades a cubrir del STC Metro en sus estaciones. En este punto se recurrió a la publicación de los medios de informativos, redes sociales entre otros medios de comunicación de los cuales se informa acerca de problemas que se generan en el transporte y generan caos.

Con anterioridad la política institucional del STC Metro respecto al tema de incidentes era hermética y esto impedía examinar caso por caso y determinar qué era exactamente lo que había provocado las muertes dentro del STC Metro. Con anterioridad el STC Metro se negaba a otorgar entrevistas a los medios de comunicación bajo el argumento de que “se trata de un tema sensible” y dejando encargada de dar una postura a la SSPDF (Secretaría de Seguridad Pública del Distrito Federal). Ante tal situación la dependencia capitalina, deliberó que el STC Metro era el responsable final de lo que sucedía dentro de sus instalaciones. Todo esto quedó asentado en el Manual Administrativo del STC Metro, publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 24 de febrero de 2010, donde queda asignado al STC Metro posee la Gerencia de Seguridad Institucional, encargada de la “detección, reporte y registro de los incidentes ocurridos en las estaciones de la red de servicios del STC Metro”. Con esto se hace mención de que al momento en que se presenta un incidente, los empleados del STC Metro están obligados a llenar un formato especial, cuyo machote tiene este medio con todos los pormenores de la víctima, de la circunstancia en que sucedió y las personas involucradas en el rescate del cuerpo.

La cifra de decesos dentro de las instalaciones según datos del STC Metro y la Secretaría de Seguridad Pública del DF (SSPDF), señalo en aquel entonces que en 2010 se registraron 28 casos; en 2011, 58; en 2012, 62 y en 2013 se alcanzaron a 80 casos por causas de accidentes, arrollados, suicidios, muertes naturales y homicidios. Al alcanzar una cifra de 80 decesos en el 2013, significó un incremento de 186% respecto al 2010 en que se registraron 28 muertes. Por otra parte, el noticiero de cadena trece en el 2014, informó que a partir del 2010 a 2014 se registraron 244 muertes en el medio de transporte, aclarando que tal información se obtuvo al realizar previamente una petición de acceso a la información por medio del IFAI (Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información), agregando al final que la tendencia de suicidios en este medio de transporte lamentablemente es creciente (Cadena tres Noticias, 2014)⁴¹. En el año 2014, el STC Metro presenció un evento que creó gran polémica ya que se difundió un video de la estación Copilco de la Línea 3 en el cual muestra a un par de amigos alcoholizados

⁴⁰ Grupo Parlamentario del Partido Revolucionario Institucional. (4 de junio de 2014). *Proposición con Punto de acuerdo por el que se exhorta al Gog. del D.F. con coordinación del Dir. Gen. del STCM y SSP revisen y actualicen protocolos de seguridad a fin de prevenir accidentes y suicidios el interior de sus instalaciones.* Recuperado el 2 de abril de 2015, de http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2014/06/asun_3117983_20140604_1401903207.pdf

⁴¹ Cadenatres Noticias. (30 de mayo de 2014). *Muertes en el metro se incrementan en los últimos 4 años.* Cadenatres Noticias, 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=f08ohvhiY6Q>

como aventaron a su compañero a las vías, ya que este tipo de actos al ser captados en video demuestra el riesgo que representan las instalaciones a personas que realizan acciones inapropiadas causadas por la intoxicación alcohólica y esto en zona estudiantil universitaria.

3.1.2 Elementos del problema

De acuerdo al Método Sistemático "*Un problema particular de diseño es un conjunto de muchos subproblemas. Cada uno de ellos puede resolverse obteniendo un campo de soluciones aceptables*", (L. B., 1967)⁴². Esta deducción se obtiene ya que cada subproblema tiene una solución óptima que no obstante puede estar en contradicción con las demás. La parte más ardua del trabajo del proyectista será la de conciliar las diferentes soluciones con el proyecto global. Por esto surge la necesidad de buscar las causas por las cuales los usuarios caen a las vías del STC Metro.

La moda en redes sociales forma parte de los incidentes existen por una tendencia de moda denominada “*salta las vías del metro*” y muestra la Ilustración 12. En investigación por el reportero de Azteca Noticias Roberto Domínguez, quien demuestra a través de videos como se incita a la gente a brincar de andén a andén por encima de las vías del STC Metro. Este tipo de modas han tenido un gran impacto mundial y una gran aceptación por la comunidad de jóvenes, que por medio de redes sociales o la visualización de videos realizados por celulares muestra como otros jóvenes practican este acto extremo. Estos y otros actos más se han vuelto una moda en los medios de redes sociales, donde presumen de acrobacias peligrosas que estos se atrevieron a realizar con el fin de retar o invitar a otros a realizarlas, lo que provoca que otros jóvenes adopten este tipo de actos, con el gran riesgo de que estos no logren realizarlo a la perfección y sean involucrados en un accidente que pueden terminar en un acto mortal.

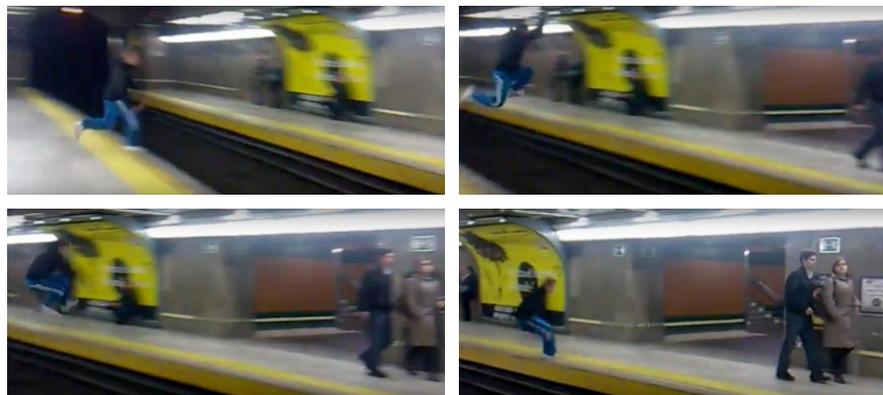


Ilustración 12. Saltando la vía.
Fuente: Cobos (2010).

Otra actividad que también es difundida por los medios sociales como moda es el esperar a que el vagón cierre las puertas y avance para sujetarse o colgarse de la ventanilla o puerta, con el objetivo de adquirir velocidad para que al final ellos mismos se suelten y salgan rodando por varios metros en el pasillo, acto que genera un altísimo grado de riesgo ya que pueden golpear a otros usuarios que están en la espera de otro convoy en los andenes de la estación. De acuerdo con Eduardo Murueta del AMAPSI (Asociación Mexicana de Alternativas en Psicológica), “*esto se trata de una conducta generada por jóvenes que*

⁴² L. B., A. (1967). *Método sistemático per progettisti*. Venezia: Marsilio. Recuperado el 8 de agosto de 2015

no tienen acceso a la educación, ya que por no lograr ingresar a la universidad deseada o no conseguir un trabajo satisfactorio, es tanto el afán de hacerse notar ante la sociedad que los jóvenes intentan cosas mucho más peligrosas y arriesgadas como es el brincar las vías del tren sin importar el caer a las mismas y recibir una descarga eléctrica que podría ser fatal, esto mientras los mismos jóvenes se percatan de que ninguna autoridad los observa, posteriormente toman impulso y saltan más de tres metros poco antes de que arribe el convoy a la estación y arriesgándose a ser arrollados” como se muestra en la Ilustración 13. Para este tipo de actos las estaciones como Balderas, Chabacano o Centro Médico son las más frecuentes para este tipo de eventos (Domínguez, 2009)⁴³.



Ilustración 13. Moda peligrosa en el STC Metro.
Fuente: Domínguez (2009).

El accidente es una acción no planeada y contemplada por la persona que la lleva a cabo y suele verse involucrada ante tal acontecimiento y que sin embargo esta acción llega a ser de alto riesgo para el sujeto ya que el costo por el cual se paga por la persona afectada, es con su propia vida. Como muestra de esto es el caso de Downtown Philadelphia en Estados Unidos, donde la angustia y desesperación fue la sensación que vivieron los usuarios que esperaban el arribo del convoy a la estación, cuando un hombre que caminaba descuidadamente en la orilla del andén resbaló, cayendo completamente a las vías del STC Metro. Todo este evento quedó registrado en el video distribuido por The Associate Press donde en la Ilustración 14 se muestra el instante del incidente y que de manera afortunada una persona no duda en arriesgar su vida al decidir lanzarse por él a las vías, aceptando de manera imprevista el peligro de que se aproxime el convoy a la estación en cualquier momento. Al término del artículo Latinos Post confirma que tal evento no terminó en una desgracia, ya que el hombre de edad avanzada logró ser rescatado (Latinos Post, 2015)⁴⁴.



Ilustración 14. Hombre resbaló y cayó a las vías.
Fuente: Latinos Post⁴⁵ (2015) y Associated Press⁴⁶ (2015).

⁴³ Domínguez, R. (8 de enero de 2009). Moda peligrosa en el metro. Azteca noticias, 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 5 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=zrCbaLmDPjU>

⁴⁴ Latinos Post. (20 de abril de 2015). Hombre Resbaló y Cayó a las Vías de Metro, No Creerás lo que le Pasó. Filadelfia, Estados Unidos. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://spanish.latinospost.com/articles/27389/20150420/hombre-cae-vias-metro-filadelfia-video.htm>

⁴⁵ Latinos Post. (20 de abril de 2015). Hombre Resbaló y Cayó a las Vías de Metro, No Creerás lo que le Pasó. Filadelfia, Estados Unidos. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://spanish.latinospost.com/articles/27389/20150420/hombre-cae-vias-metro-filadelfia-video.htm>

⁴⁶ Associated Press. (2015, April 17). Man Falls on Subway Tracks and Pulled to Safety. Philadelphia, United States. Retrieved July 12, 2016, from <https://www.youtube.com/watch?v=2ELt7uNf2gA>



Los accidentes en transportes son problemas que otros países también enfrentan. Caso del STC Metro de Bilbao en el que en un joven de 20 años estuvo a punto de perder la vida después de que una unidad de STC Metro le pasara por encima en la estación de Gobela, a lo que increíblemente el joven solo resultó únicamente herido, pese a quedar atrapado bajo el primer vagón del convoy. Este suceso se desencadenó debido a que el individuo se había caído a la vía por causas que se desconocen y lo llevó a permanecer tirado en el balastro inconsciente por casi 20 minutos y durante ese tiempo nadie se percató de su presencia. El conductor activó el freno de emergencia y pese a su pronta reacción, no pudo evitar que la parte delantera del primer vagón rebasara al cuerpo que estaba tendido en el suelo y las primeras ruedas del tren pasaron al lado del hombre. Esta situación hacía pensar que se había producido una desgracia, ya que el propio maquinista y dos empleados de seguridad bajaron a la vía y sacaron al joven de los raíles sin que presentara severos daños. En ese instante se movilizaron los servicios de emergencia como también se detuvo la circulación de trenes por la presencia de personas en la vía para que finalmente el chico fuese trasladado al Hospital para someterse a primeros auxilios y su reconocimiento (García J. , 2015)⁴⁷. Y aun que en ciertos casos es logrado el recuperar al usuario con vida debajo del tren, en otros casos no es así. Otro caso es el de un hombre hallado muerto al ser arrollado por un convoy en el andén de la línea 10 del STC Metro de Madrid, con dirección al Hospital Infanta Sofía. El suceso ocurrió alrededor de las 19:30 horas y posteriormente se realizó un paro del servicio de transporte de tres horas. En aquel instante no se pudo hacer nada por salvar la vida del hombre, que de momento se desconoció si se tiró intencionadamente a la vía, o se trató de un trágico accidente (Vozpópuli, 2015)⁴⁸. En la mayoría de las ocasiones el origen de los accidentes suele ocasionarse por una imprudencia o descuido de la persona afectada al no tener la debida precaución de su entorno donde este se encuentra, ya que por distractores en el ambiente o bien alguna acción que involucre poner toda su atención en esta, produce que este reduzca la atención de sus receptores y no perciba nada de su entorno y sea participativo de un accidente. La Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal reportó a lo largo del 2007, 26 suicidios dentro de las instalaciones del STC Metro destacando que no todos los casos son intentos de suicidio sino accidentes que se suscitan por gente invidente (Carpio, 2014)⁴⁹. Investigaciones que abarcan a los suicidios en los Metros indican que los testigos de un suicidio también son personas afectadas, ya que tan solo durante 2010 y principios del 2011, veintiséis conductores del STC Metro fueron atendidos psicológicamente por la presentación de bloqueo emocional, ansiedad y depresión como muestra la Ilustración 15. Los traumatismos son perceptibles cuando la persona que visualizo el percance se retira a dormir por la noche, ya que son constante las pesadillas del evento y sin que la persona lo desee ya que en cualquier instante se le presentan en la mente el evento traumático. Erik García señaló en una entrevista que además del respeto a la línea precautoria de color amarilla a lo largo de los andenes y el empleo de cámaras de seguridad, como medidas para prevenir el suicidio, el STC Metro de la Ciudad de México podría poner en marcha un sistema de barreras físicas similar al implementado en el transporte de Tokio, Japón. (Tizcareño, 2015)⁵⁰.

⁴⁷ García, J. (4 de mayo de 2015). *El correo.com*. Un joven cae a la vía, permanece 20 minutos sin sentido y salva la vida pese a pasarle el metro por encima. Bilbao, España. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://www.elcorreo.com/bizkaia/margen-derecha/201505/03/herido-tras-caer-vias-20150503104849.html>

⁴⁸ Vozpópuli. (27 de mayo de 2015). *Vozpópuli. Sociedad*. Muere un hombre arrollado por el metro en la estación de Príncipe Pío de Madrid. Madrid, España. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://vozpopuli.com/actualidad/62978-muere-un-hombre-arrollado-por-el-metro-en-la-estacion-de-principe-pio-de-madrid>

⁴⁹ Carpio, R. (8 de enero de 2014). *Cae vagonero invidente a vías del Metro y sobrevive*. *El Universal*, pág. 1. Recuperado el 11 de septiembre de 2015, de <http://www.eluniversaldf.mx/home/cae-vagonero-invidente-a-vias-del-metro-y-sobrevive.html>

⁵⁰ Tizcareño, C. R. (26 de septiembre de 2015). *Tres personas al mes se suicidan en el Metro*. Distrito Federal, México. Recuperado el 31 de diciembre de 2015, de <http://www.unotv.com/noticias/portal/investigaciones-especiales/detalle/tres-personas-al-mes-se-suicidan-en-el-metro-223776/>



Ilustración 15. Suicidio STC Metro de la Ciudad de México (joven se avienta a las vías en la estación Jamaica).
Fuente: Alex Sintesis⁵¹ (2013).

“El suicidio es la percepción de la muerte voluntaria por una persona y es visto como una enfermedad por la sociedad, ya que personas que han intentado suicidarse pero fallaron en el intento sean vistos como personas con problemas psiquiátricos” (Quintanar, 2007)⁵². De acuerdo al Ministerio de Ciencia e Innovación el suicidio representa un grave problema de Salud Pública ya que con alrededor de un millón de muertes anuales en todo el mundo, ha mostrado que cada año se suicidan 14,5 personas de cada 100,000 y sus repercusiones en su entorno son muy importantes, ya que las vidas de los allegados se ven profundamente afectadas a nivel emocional, social y económico. Los costos asociados al suicidio se han estimado en EE.UU. cerca de 25,000 millones de dólares anuales, entre gastos directos e indirectos, es por ello de gran importancia la adopción de medidas y el desarrollo de estrategias encaminadas a la disminución de la conducta suicida (Ministerio de Ciencia e Innovación; Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad; Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud; Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Galicia, 2011)⁵³. Ana Isabel Ruiz, psicóloga clínica, única suicidóloga de Caracas es la República Bolivariana de Venezuela y directora de la Red Venezolana de Ayuda al Suicida, menciona: *“Esta gente piensa en la muerte como la solución a sus problemas, y quizás sus intentos de fallecer son el inicio de inconvenientes muchos más graves y complejos. La parte psicológica y emocional se ven afectadas por una condición limitante física, como no poder caminar, andar sin un brazo; esta situación es peor para el suicida, debido a que se va a deprimiendo cada vez más y busca más vías para morir. El Metro debe dejar el tabú que por años ha arraigado y llamar las cosas por su nombre, ya que el suicidio es el término sociológico y clínico correcto, no arrollamiento. Tenemos que desmitificar el suicidio, informar a la gente de lo que sucede ya que este tipo de acciones permitirán el evitar una ola de suicidios más”* (Segovia M., 2010)⁵⁴. Como define Brian L. Mishara, en la mayor parte de sus investigaciones, sugieren que la gente utiliza los ferrocarriles para matarse ya que es la mejor forma para el suicidio (Brian L. Mishara, 2015)⁵⁵.

⁵¹ Sintesis, A. (25 de abril de 2013). Suicidio Metro Ciudad de México. Distrito Federal, México. Recuperado el 16 de noviembre de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=fhyTanVhyaE>

⁵² Quintanar, F. (2007). Comportamiento suicida, perfil psicológico y posibilidades de tratamiento (Primera ed.). Distrito Federal, México: Pax México. Recuperado el 11 de septiembre de 2015

⁵³ Ministerio de Ciencia e Innovación; Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad; Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud; Axencia de Avaliación de Tecnoloxias Sanitarias de Galicia. (2011). Guía de Práctica Clínica de Prevención y tratamiento de la Conducta Suicida. I. Evaluación y Tratamiento. (M. d. Innovación, Ed.) Madrid, España. Retrieved noviembre 19, 2015, from http://www.guiasalud.es/GPC/GPC_481_Conducta_Suicida_Avaliat_volI_compl.pdf

⁵⁴ Segovia M., S. (16 de junio de 2010). Marca Pasos. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de Mrca Pasos. Historias que laten: <http://revistamarcapasos.com/2397/suicidios-en-el-metro-de-caracas/>

⁵⁵ Brian L.Mishara, C. (2015, December 29). Systematic review of research on railway and urban transit system suicides. *Journal of Affective Disorders*, 215-226. Retrieved August 14, 2016

Medios de comunicación en nuestro país realizaron diversidad de publicaciones acerca de los incidentes en usuarios, pero no fue sino hasta que una investigación periodística encabezada por el periódico el Universal demostró el desfase constante entre las cifras presentadas por el STC Metro (a través de Transparencia) y las de la Procuraduría General de justicia del Distrito Federal (PGJDF), ya que de acuerdo a la nota el STC Metro, en 2013 registro 80 muertes en sus instalaciones, mientras que la procuraduría capitalina aseguraba que hubo 74 decesos: 20 suicidios y 54 homicidios culposos, principalmente arrollados (dejando en claro que en el caso de los arrollados es calificado como “homicidio culposo”, ya que el conductor comete el homicidio, pero sin dolo ni premeditación y en la mayoría de los casos se debe a la imprudencia de los propios usuarios que bajan o se caen a la vías) como se muestra en la Ilustración 16. De esta forma, en 2013 se observó una diferencia de seis cuerpos entre ambas cifras, lo cual no podría considerarse un misterio, ya que también podrían corresponder a cadáveres hallados en las instalaciones por causas naturales o provocadas (Casillas Bermúdez & Pérez Botero, 2014)⁵⁶.

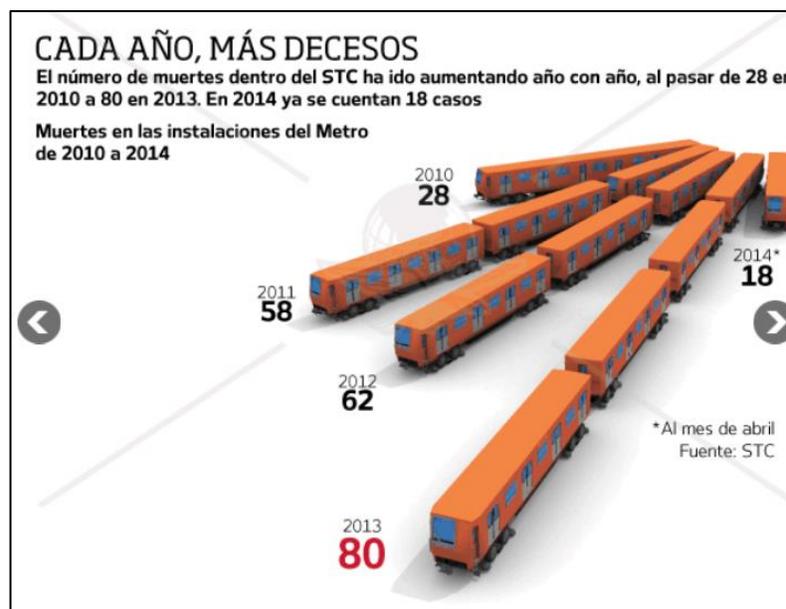


Ilustración 16. Periodismo de investigación. Al alza, muertes en el STC Metro. Fuente: Casillas Bermúdez y Pérez Botero⁵⁷ (2014).

Los periódicos dedicados a la investigación, dieron a conocer que en tres años el número de muertes al interior del STC Metro aumentó en un 186%, al pasar de un número de 28 en 2010 a 83 en 2013. De igual manera informan que las causas de las muertes al interior fueron accidentes, arrollados, suicidios, muertes naturales y homicidios. Otra investigación efectuada por Aristegui Noticias, demostró que en cinco años y medio se registraron 115 suicidios en las instalaciones del STC Metro, de los cuales 73% correspondió a hombres. De acuerdo con un informe de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal (PGJDF) de 2010 a julio del 2015, 84 personas arrojadas a las vías del STC Metro pertenecían al sexo masculino, mientras que las mujeres sumaron 31 casos. La mayor incidencia de suicidios en el STC Metro se registró en hombres cuyas edades fluctuaban

⁵⁶ Casillas Bermúdez, K., & Pérez Botero, V. (4 de mayo de 2014). Periodismo de investigación. Al alza muertes en el Metro. El Universal, pág. 1. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/periodismo-de-investigacion-al-alza-muertes-en-el-metro-1007937.html>

⁵⁷ Casilla Bermúdez, K., & Pérez Botero, V. (31 de agosto de 2014). En tres años, el número de muertes registradas al interior de instalaciones del STC Metro creció 186%, al pasar de 28 en 2010 a 80 en 2013; en lo que va de este año ya se contabilizan 18. Recuperado el 4 de mayo de 2014, de El universal.com: <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/periodismo-de-investigacion-al-alza-muertes-en-el-metro-1007937.html>



entre 31 y 59 años. Después de estos le siguen varones de 18 a 30 años de edad con 18 casos, mientras que otros cuatro los cometieron mayores de 60 años. Por otro lado dos tenían entre 12 y 17 años y en 16 casos no se precisó la edad. Con respecto a las mujeres, en 15 casos las edades iban de 31 a 59 años; en siete de 18 a 30 años; en cinco no se precisó la edad, en dos hechos las víctimas tenían entre 12 y 17 años y en otros dos más de 60 años. Agregando al final la nota periodística destacó que el mayor número de decesos ocurrió en estaciones ubicadas en las delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Iztapalapa, Azcapotzalco y Álvaro Obregón (Aristegui Noticias, 2015)⁵⁸, (Ortigoza, 2015)⁵⁹.

Los eventos relacionados con este tema son muy significativo ya que existe información que indica que cerca de 37 personas se arrojaron al año a las vías del STC Metro entre 2004 y 2013, lo cual demuestra que cerca de 376 personas murieron arrolladas y que las líneas con mayores registros de suicidios fueron Línea 1, 2 y 3, esto tras ser informado por el STC Metro a ciudadanos vía el Instituto de Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales de la Ciudad de México. De acuerdo con una nota realizada por el diario Sin Límites 24 Horas se exhorta legisladores a prevenir suicidios en el STC Metro. En las estadísticas del STC Metro registró que durante 2012 la frecuencia de esas muertes fue de una cada 10 días y durante el 2010 al menos 26 personas fueron arrolladas por los trenes tras haberse lanzado de manera voluntaria y de ese total 4 personas del sexo masculino fueron rescatadas con vida de las vías y 22 murieron, como también de las personas que fallecieron cuatro eran mujeres y el resto hombres. Las estaciones que registraron sucesos de ese tipo fueron Tacuba, Ermita, San Cosme, Xola, Allende, Popotla y Chabacano, dejando en claro que cada estación presentó un caso de arrollamiento, excepto Tacuba ya que esta obtuvo dos (Notimex, 2013)⁶⁰. De acuerdo con los informes periodísticos obtenidos en el transcurso de esta investigación, entre 2010 y 2015 se registraron 115 suicidios en las instalaciones del STC Metro, de los cuales 73% correspondió a hombres y que de acuerdo con un informe de la Procuraduría General de Justicia del Distrito Federal (PGJDF) de 2010 a julio del 2015, 84 personas del sexo masculino se arrojaron al paso del convoy, mientras que las mujeres sumaron 31 casos, como también se indicó que en 2010 se registraron 14 suicidios, en 2011 hubo 31, en 2012 sucedieron 23, en 2013 ocurrieron 20, en 2014 se presentaron 23, y de enero a julio de 2015 ocurrieron cuatro decesos en instalaciones del STC Metro. Por último, el periódico el Universal publicó una nota refiriendo 251 suicidios en el STC Metro en los últimos siete años, en el cual este suspendido el servicio más de 87 horas y las líneas que registran el mayor número de arrollados son la línea 2 (Tasqueña-Cuatro Caminos), línea 3 (Indios Verdes-Universidad), línea 1 (Pantitlán-Observatorio) y línea 8 (Garibaldi-Constitución de 1917) (Alcaraz, 2006)⁶¹, información muy importante al considerar para la comparación de la muestra obtenida en el transcurso de esta investigación. Toda la información recaudada, permitió generar la Tabla 2 con el propósito de mostrar la presencia de los suicidios dentro del STC Metro en la cual se contiene los suicidio registrados y otorgados por medios de comunicación periodística.

⁵⁸ Aristegui Noticias. (26 de agosto de 2015). Aristegui Noticias. 115 suicidios en los últimos 5 años en Metro del DF, pág. 1. Recuperado el 7 de septiembre de 2015, de Aristegui Noticias Network: <http://aristeguinoicias.com/2608/mexico/115-suicidios-en-los-ultimos-5-anos-en-metro-del-df/>

⁵⁹ Ortigoza, J. (25 de agosto de 2015). Registra PGJDF 115 suicidios en el Metro. Diario de México. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.diariodemexico.com.mx/registra-pgjdf-115-suicidios-en-el-metro/>

⁶⁰ Notimex. (19 de junio de 2013). Exhortan legisladores a prevenir suicidios en el Metro. 24 Horas el diario sin limites. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.24-horas.mx/exhortan-legisladores-a-prevenir-suicidios-en-el-metro/>

⁶¹ Alcaraz, Y. (30 de octubre de 2006). 251 suicidios en el Metro en los últimos siete años. El Universal. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/80264.html>

Año	STC (suicidios anual)
2007	36
2008	34
2009	21
2010	14
2011	31
2012	23
2013	20
2014	23

Tabla 2. Suicidio en STC Metro.

Fuente: Elaboración propia basada en Aristegui Noticias⁶² (2015) y Bojórquez⁶³ (2009).

Vanesa Nahoul, doctora en psicología y psicoanálisis, explicó la posibilidad de por qué este medio de transporte se elige por preferencia ya que este lugar es considerado una manera segura y rápida de morir, porque los suicidas saben la rapidez con la que van a encontrar su muerte, además de que sus instalaciones se prestan como un lugar significativo para realizar un acto de exhibicionismo, al saber que muchas personas los verán, por este tipo de motivos la mayoría de suicidios se presentan cuando la afluencia de usuarios es mayor (Excelsior, 2009)⁶⁴. De igual forma concuerda Erick García, quien es médico de psiquiatría de la Asociación Mexicana de Tanatología (AMTAC), que el suicidio es un problema de salud pública que en México se ha incrementado en 400% con respecto a la década de 1970 y se elige el STC Metro porque es un medio efectivo y potente para causar la muerte, además de que es de fácil acceso ya que el boleto solo cuesta cinco pesos. En ocasiones por nerviosísimo o desequilibrio mental por la adquisición de una enfermedad incurable y muy dolorosa o bien por problemas económicos o sentimentales se suscitan los suicidios. En la mayoría de los casos una vez registrado el suicidio no puede determinarse de inmediato los motivos que impulsaron a la persona a cometer dicho acto ya que al tratarse de un suicidio es la decisión fatal tomada por un sujeto. Solamente se logra conocer el motivo si el sujeto dejó un recado póstumo o hasta que hacen acto de presencia los familiares del suicida quienes aportan datos que conducen al esclarecimiento del acto.

Cuando se presenta un incidente dentro del STC Metro la solución denota como consecuencia la afectación de un gran número de usuarios y aun que existen grandes esfuerzos de las autoridades del mismo por evitarlos, dado a que crean grandes secuelas a todos los involucrados, los trabajadores del STC Metro aun realizan trabajos que intentan prevenir los suicidios. Una acción de estas es la eliminación de los durmientes en las vías correspondiente al tramo del andén en donde se localiza a poca profundidad la llamada “fosa anti suicidio” con la finalidad de que el convoy no arrolle a la persona y esta se refugie en el espacio libre (Hernández Melchor, 1997). Parte de este diseño de vías se ubica en tramos de la línea B, línea 7 y línea 9. Sin embargo, ante tal intervención en el aspecto físico de las vías la situación de percances continúa incrementándose en el lugar como indica la Ilustración 17.

⁶² Aristegui Noticias. (26 de agosto de 2015). Aristegui Noticias. Recuperado el 7 de septiembre de 2015, de Aristegui Noticias Network: <http://aristeguinoicias.com/2608/mexico/115-suicidios-en-los-ultimos-5-anos-en-metro-del-df/>

⁶³ Bojórquez, F. (10 de noviembre de 2009). Suicidios en el Metro dejan pérdidas por casi 32 mdp. (R. Rodrigo, Entrevistador) HECHOS_TV. HECHOS_TV, Distrito Federal. Recuperado el 3 de abril de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=N8sG6_k7OLY

⁶⁴ Excelsior. (22 de diciembre de 2009). Un espacio para la participación libre de los ciudadanos: Ciudadanos en red. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de Ciudadanos en red: <http://ciudadanosenred.com.mx/noticia/cada-10-dias-hay-un-suicidio-en-el-metro>

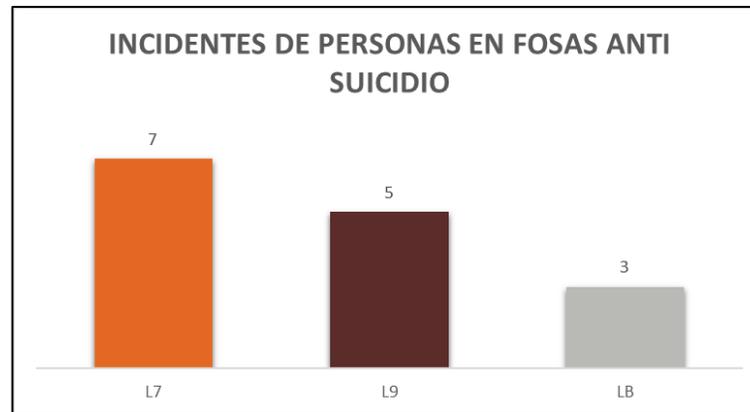


Ilustración 17. Incidentes de personas en fosa anti suicidio del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Lamentablemente la gente que recurre a las estaciones con el propósito de cometer un acto irreparable, es uno de los temas más impactantes del STC Metro y que representa una gran pérdida monetaria. Parte de esta afectación son gastos que genera la solicitud de servicios para la remoción del cuerpo, el pago de atención psicológica que genera al chofer del convoy, como también el apoyo a la gente que presencia este tipo de eventos, los cuales la mayoría no son contemplados o prevenidos con exactitud por personal del STC Metro. Se indica que en promedio se registran entre 20 y 30 suicidios al año en el STC Metro y cada uno le cuesta a este medio de transporte un millón quinientos treinta y cinco mil pesos, entre traslados interrumpidos y movilización de los cuerpos de rescate. Así, el STC Metro distribuye más de 30 millones de pesos por la suma de estos acontecimientos (García A. C., 2009)⁶⁵. De acuerdo con un estudio del STC Metro que llevo a cargo el antiguo director Francisco Bojórquez Hernández, indicó que un suicidio en cualquiera de sus 11 líneas trae consigo graves consecuencias, que se resumen en una disminución de 20 mil traslados de pasajeros, una hora promedio sin brindar servicio. Cada suicidio representa un costo superior a los 50 mil pesos tan sólo en la movilización de cuerpos de rescate, por parte del ERUM, los Bomberos, elementos de la Secretaría de Seguridad Pública y la Procuraduría General de Justicia locales. Por cada persona que decide acabar con su vida en el STC Metro, también se deja de percibir cerca de 20 mil boletos (dos pesos cada uno) a causa del cierre temporal del servicio, lo que equivale cerca de los 50 mil pesos aproximadamente. Durante el lapso en el que el STC Metro deja de brindar servicio, no ingresan 10 mil usuarios y se interrumpe la circulación de 20 trenes en la línea afectada, además de que se invierte un total de 500 pesos por hora para cada uno de los 50 trabajadores de diferentes cuerpos de rescate que en promedio se requieren para atender la emergencia. El estudio refiere que luego de presentarse un hecho de este tipo, los usuarios deben optar por otros métodos de transporte que elevarán de dos a ocho pesos la inversión para su traslado. De igual forma aclara que al detectar a una persona que pasa varios minutos deambulando por el andén con signos de nerviosismo y que rebasa continuamente la línea amarilla al aparecer el tren en el túnel, lo que lleva a trabajadores del STC Metro a sospechar que el usuario llevará cabo un posible acto de suicidio y la certeza de que el tren no alcance a frenar al arrojarse una persona a su paso es casi imposible, aun que esto ocurra en las horas de menor demanda cuando el número de pasajeros en el andén se reduce en un promedio del 30% y aun que la velocidad a la que circula el convoy es de 70 kilómetros por hora y con un peso de carga de varias toneladas no logra frenar. Ante este evento impactante conlleva a los conductores de los trenes a ser retirados del servicio para otorgarles tratamiento

⁶⁵ García, A. C. (9 de noviembre de 2009). Hasta 30 suicidios al año en vías del Metro; prefieren la línea 2; pierde el STC 30 millones de pesos. *Cronica*. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de <http://www.cronica.com.mx/notas/2009/467664.html>

psicológico, pues el choque (emocional) es muy fuerte y más cuando el conductor es por enterado que la persona arrojada a las vías no sobrevivió (Bojórquez, 2009)⁶⁶. Detectar este tipo de personas resulta de gran dificultad, ya que a diario las estaciones del STC Metro son rebasadas en su capacidad como se muestra en la Ilustración 18, la cual pertenece a la línea 2 con correspondencias Tasqueña a Cuatro Caminos. Esta fotografía demuestra como una de sus estaciones se llena por completamente por usuarios sin dejar un espacio que permita el libre flujo de personas para el acceso o salida de la estación, lo que expone la dificultad de identificar a una persona que pase varios minutos deambulando por el andén presentando síntomas de nerviosismo y mucho menos percibir que rebase continuamente la línea amarilla al aparecer el tren en el túnel, ya que la mayoría de las personas llevan a cabo esta acción continuamente en estos horarios. Sobre este tema, existe información de investigación periodística realizada por el periódico el Universal a cargo de la nota periodística por Solache S. informó sobre las 10 estaciones del STC Metro más saturadas y que al considerar bajo el análisis que se está efectuando en esta tesis, estas podrían ser de mayor dificultad identificar a personas con intenciones de cometer suicidio en el STC Metro, pero muy importantes a considerar ya que al acontecer un incidente en una estación es necesario identificar las estaciones en las cuales la magnitud de este perjuicio a la mayor parte de los usuarios que desean ingresar a la estación.



Ilustración 18. Un día normal en horas pico en el STC Metro. Fuente: Camacho⁶⁷ (2010).

Las estaciones más concurridas por los usuarios que solicitan el servicio de transporte en la actualidad rebasan los cinco millones de usuarios por día que buscan llegar al trabajo, escuela o cualquier cita y que por lo cual los andenes parecen ser insuficientes para la afluencia de personas. De seis a nueve de la mañana y de seis a nueve de la noche, la mayoría de las estaciones del STC Metro son espacios de caos y tumultos, como también de seis a diez de la mañana y de cinco de la tarde a diez de la noche son horarios en la que mujeres y niños pueden viajar en los primeros tres vagones de los trenes. Parte de las estaciones del STC Metro de la Ciudad de México que presentaron mayor afluencia por día, de acuerdo a cifras del STC Metro en el periodo de Abril-Junio del 2010 fueron: La estación Cuatro Caminos de Línea 2 con una afluencia de 121 mil 499 personas por día, la mayoría de los usuarios fueron provenientes del Estado de México y entraron a esta estación de la línea 2 con dirección hacia el Centro de la Ciudad de México; La estación Indios Verdes de Línea 3 con afluencia de 111 mil 218 personas por día,

⁶⁶ Bojórquez, F. (10 de noviembre de 2009). Suicidios en el Metro dejan pérdidas por casi 32 mdp. (R. Rodrigo, Entrevistador) HECHOS_TV. HECHOS_TV, Distrito Federal. Recuperado el 3 de abril de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=N8sG6_k7OLY

⁶⁷ Camacho, V. (20 de diciembre de 2010). Un día normal en horas pico en el STC Metro. En *el Metro, un suicidio cada 10 días: Francisco Bojórquez*. Distrito Federal, México. Recuperado el 5 de noviembre de 2015, de <http://www.jornada.unam.mx/2010/12/20/capital/036n1cap>



ubicada al norte de la Ciudad de México, localizada en la avenida Insurgentes, en la cual miles de usuarios se amotinan para abordar los trenes con dirección al Sur de la capital, ya que es considerada una estación de mayor importancia por su cercanía con el estado de México; La estación Pantitlán de Línea 9, con 93 mil 756 personas por día, debido a que en ella confluyen las terminales de las líneas 1,5 y A, por lo que permite a los usuarios viajar con dirección al poniente de la Ciudad de México; La estación Constitución de 1917 de Línea 8 con 78 mil 646 personas por día, se encuentra ubicada en la delegación Iztapalapa, una de las más pobladas de la ciudad con 1.8 millones de habitantes según datos del Censo de Población y Vivienda INEGI en el 2005. La estación es de gran utilidad para las personas que viajan del Oriente al Centro de la Ciudad de México; La estación Tasqueña de Línea 2 con afluencia de 77 mil 967 personas por día. Esta estación es terminal y es contraparte de la estación Cuatro Caminos y coincide con el tren ligero proveniente de Xochimilco; La estación Pantitlán de Línea 5 concurre al día 76 mil 716 personas. Corre en dirección hacia el Norte de la ciudad y en su recorrido pasa por la estación Terminal Aérea, una parada importante ya que es la más cercana al aeropuerto Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México; La estación Zócalo de Línea 2 con 70 mil 139 personas por día, es la estación central del Distrito Federal, donde empleados, comerciantes, turistas, manifestantes, entre otros, coinciden en esta estación para laborar o visitar el centro de la capital; La estación Universidad de Línea 3 concurren 64 mil 464 personas por día, esta estación posee la insignia de la máxima casa de estudios; La estación Pantitlán de Línea A acuden 59 mil 553 personas por día. Al ser la estación con mayor número de transbordos, Pantitlán conecta con líneas que recorren gran parte de la Ciudad de México ya que recorre el sur oriente de la capital, a un lado de la avenida Zaragoza y es utilizada por personas de Iztapalapa y el Estado de México (M. G., METRO PANTITLAN 2, 2007)⁶⁸, (M. G., METRO PANTITLAN 3, 2007)⁶⁹; La estación Observatorio de Línea 1 presenta una afluencia de 59 mil 053 personas por día, ya que la estación Terminal, situada al Poniente del Distrito Federal, es una de las más importantes en la ciudad, debido a que se encuentra a un lado de la Central de Autobuses del Poniente. (Solache, 2010)⁷⁰. Se obtuvo información directamente del portal de internet del STC Metro, en el cual proporciona datos de la afluencia de ingreso de usuarios por cada estación, tomando medidas cada cuatro meses por un año, lo que permitió identificar estaciones primordiales para el análisis de datos y así ubicar que estaciones podrían considerarse un punto crítico y que podrían ser una gran oportunidad para mejorar el servicio de transporte contra incidentes. Dicha información se ubica en la Tabla 59 del Anexo H.

Como parte de afrontar la situación de grandes aglomeraciones de usuarios en los andenes del STC Metro, se han establecido Normas para la Maniobra de Control y Dosificación de Usuarios de la Red, como se muestra en la Ilustración 19 con el propósito de proporcionar un servicio de transporte eficiente y seguro, que contribuya al desplazamiento de usuarios en el STC Metro. Para este control el STC Metro considero la demanda del servicio que posee el STC Metro y su capacidad de oferta de los cuales son atendidos los grandes núcleos de usuarios con diversos grados de saturación. Bajo este punto el STC Metro plantea, organizar y dirigir acciones en las cuales ofrece al usuario un servicio de transporte en las estaciones con el propósito de brindar un servicio de transporte continuo y eficiente por medio de la coordinación y control de recursos humanos encargados

⁶⁸ M. G., H. (26 de octubre de 2007). METRO PANTITLAN 2. 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=Olijdm67XmaE>

⁶⁹ M. G., H. (26 de octubre de 2007). METRO PANTITLAN 3. 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=Fvk-jCiFfwI>

⁷⁰ Solache, S. (27 de diciembre de 2010). Cuatro caminos ocupa el primer lugar. A diferencia de lo que se puede pensar, la estación Hidalgo no destaca entre las de mayor afluencia. Las estaciones del metro más saturadas. El universal, pág. 1. Recuperado el 30 de agosto de 2014, de <http://www.eluniversaldf.mx/home/nota17330.html>

de la operación, evitando la saturación de pasajeros en los andenes, pasillos y vestíbulos (STC Metro, 2006)⁷¹. Esta información otorgada por el STC Metro, permite conocer las estaciones con mayor conflicto de usuarios por su concurrencia a la estación en cierto intervalo de tiempo como también características principales de la estación, ya que un punto necesario de conocer son las dimensiones que pueden tener ciertas estaciones ya que son de consideración limitante para el STC Metro al momento de brindar el servicio como también conocer si existe una relación entre los incidentes en vías con respecto a la gran afluencia de la estación correspondiente. Para esta investigación la información sobre los procesos que comprende la maniobra de dosificación no fue considerada para el análisis ya que como se ha demostrado en la problemática un incidente no es dependiente de la cantidad de afluencia en el andén ni viceversa por lo que se decidió descartar este punto.



Ilustración 19. Protocolo de dosificación en el STC Metro.
Fuente: @MetroCDMX (2015).

3.1.3 Recopilación de datos

La información redactada anteriormente, tiene como propósito el informar todo lo correspondiente a lo que compone un incidente y que dicha información es de muy difícil obtener a gran detalle por el STC Metro, debido a distintas limitantes que este ha presenciado en sus eventos y que a su vez generan gran polémica al tratar. Esta situación no fue una limitante para la recaudación de información acerca del tema, por lo que la información fue recabada por medio de la publicación de artículos digitales e impresos de medios de comunicación, esto bajo el criterio de que es información sobre el evento a analizar, agregando que es de libre acceso y hecha al conocimiento público. Podría existir una variación con la información que posee el STC Metro en sus registros, ya que no solo se recaudó eventos fatales y mortales por personas que bajaran a las vías, sino también por eventos de personas que llegaron a ser afectadas por el solo hecho de asomarse por el tunel, para conocer la proximidad del convoy a la estación entre otros eventos.

La revisión y análisis de los distintos casos adquiridos durante el transcurso de la investigación, se observó que ciertos patrones se repiten en cada uno de los eventos y como parte fundamental se identificó que un incidente involucra solamente a un usuario, el cual por una diversidad de factores es situado al nivel de vías y es el total responsable de ser el detonador del caos

⁷¹ STC Metro. (2006). *Normas para la Maniobra de Control y Dosificación de Usuarios en las Estaciones de la Red. Cédula de Atualización de Documentos*, Subdirección General de Administración y Finanzas; Subgerencia de Desarrollo Administrativo; Coordinación de Procedimientos, México. Recuperado el 26 de mayo de 2016

que posteriormente se generara en el STC Metro. Al contemplar este punto fue bastante útil para la investigación pero que a su vez no muy eficiente ya que es necesario el considerar que por minuto son cientos de personas que ingresan al STC Metro y esto se realiza por los distintos accesos que este posee en su estructura a lo largo de cada una de sus 12 líneas que lo componen y se muestran en la Ilustración 120 ubicada en el Anexo A. Por lo cual se recurrió a la metodología del enfoque sistémico y el uso de caja negra, la cual indica que existe una entrada (input) a la cual se le ingresa materia, energía o señales para ser procesada y entregarla en una sola salida. De esta manera al considerar a todo el STC Metro como una caja negra en la cual la suma de todos sus procesos tienen como fin el brindar al usuario un servicio de transporte se logró diseñar la siguiente Ilustración 20. De esta manera se logró limitar al STC Metro y generalizar todas las entradas en una sola como de igual manera todas sus salidas de una manera abstracta.



Ilustración 20. Caja negra del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

En la ilustración se considera una cantidad de usuarios que ingresan al STC Metro, pero que lamentablemente quedan detenidos en uno de los procesos del mismo, por el cual no logran ser entregados a la salida del STC Metro en un buen estado, por lo que no corresponde en igualdad a la cantidad que ingresaron en un principio, es decir que existe una pequeña porción de usuarios que no logran salir por su propia cuenta, lo que refiere a que puedan salir caminando con total libertad y propio decisión, sino al contrario son auxiliados y extraídos del STC Metro por el uso de otros medios de los cuales los usuarios no tienen ningún tipo de control en absoluto. Se considera esto ya que al suscitarse un incidente en el usuario, el usuario se ve lesionado físicamente en alguna de sus extremidades u órganos principales, por lo que le es imposible arribar a su destino y salir del STC Metro por su propia convicción. Al considerar este punto es prácticamente imposible conocer cuál es la cantidad por muy menor que sea, el número preciso de personas involucradas en un tipo de incidente dentro del STC Metro, por lo que se recurre a otras metodologías que auxilien a resolver el problema. Al saber que la estadística es una herramienta para auxiliarse en el estudio del problema, como también para identificar y analizar las causas por las cuales surgen los incidentes, como otros muchos aspectos por considerar, es posible analizar y detectar a mayor detalle cómo, cuándo, dónde y por qué, suceden este tipo de acontecimientos dentro del mismo. Para el estudio interesa la presentación e interpretación de resultados aleatorios que se dan en un estudio planeado o en una investigación científica. Esto permite que sea posible registrar el número de accidentes que ocurren con la expectativa de justiciar una solución a desarrollar. De aquí la utilización de datos estadísticos que representa el conteo o medición

que puede clasificarse de acuerdo con un criterio (E. Walpole & H. Myers, 1992)⁷². En la mayor parte de los eventos, los resultados son aleatorios por lo que no pueden pronosticarse ni dejarse a un lado la incertidumbre. Al conjunto de todos los resultados posibles de un experimento estadístico es nombrado espacio muestral y se le expresa con un símbolo S . A cada posible resultado de un espacio muestral se le nombra evento. Si el espacio muestral tiene un número finito de eventos, es posible enlistar a todos los eventos por separado. Al saber que la estadística nos auxilia en el estudio del problema, como también permite identificar y analizar las causas por las cuales surgen los incidentes, como otros muchos aspectos a considerar, es posible analizar y detectar a mayor detalle cómo, cuándo, dónde y por qué, suceden este tipo de acontecimientos dentro del mismo.

Por otro lado la posibilidad de que se presente un evento resultante se evalúa por medio de un conjunto de números reales llamados probabilidades que poseen un rango de 0 a 1. A cada punto en el espacio muestral se le asigna una probabilidad tal menor a una sola unidad pero que al sumar todas las probabilidades es uno. El punto muestral con mayor posibilidad de ocurrir es cercano al número 1 de lo contrario es cercana al 0, lo cual indica que es posible que no ocurra. La probabilidad de un evento A es la suma de todos los puntos muestrales de A . Un experimento puede poseer N resultados diferentes y exactamente n de estos resultados corresponde al evento A como se muestra en la Ec. 1.

$$0 \leq P(A) \leq 1, \quad P(A) = \frac{n}{N}, \quad P(S) = 1$$

Ec. 1. Probabilidad de un evento A .
Fuente: Spiegel, Schiller y Srinivasan⁷³ (2013).

A la probabilidad de que un evento B ocurra cuando se conoce que el evento A se ha presentado se le llama probabilidad condicional como se muestra en la Ec. 2 y se demuestra en la Ilustración 21 ya que a esta expresión es común que se le interprete de la siguiente manera “la probabilidad de B dado A ”.

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad \text{si } P(A) > 0$$

Ec. 2. Probabilidad condicional.
Fuente: Spiegel, Schiller y Srinivasan (2013).

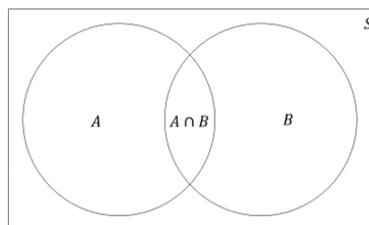


Ilustración 21. Probabilidad condicional.
Fuente: Spiegel, Schiller y Srinivasan (2013).

⁷² E. Walpole, R., & H. Myers, R. (1992). *Probabilidad y estadística*. Mc Graw Hill. Recuperado el 22 de marzo de 2016

⁷³ R. Spiegel, M., Schiller, J., & Alu Srinivasan, R. (2013). *Probabilidad y estadística (Cuarta ed.)*. Mc Graw Hill Education. Recuperado el 21 de noviembre de 2015



Al multiplicar la Ec. 2, se obtiene la regla multiplicativa, la cual permite calcular la probabilidad de que dos eventos sucedan. La probabilidad de que se presenten ambos es igual a la que se dé **A** multiplicada por la que ocurra **B**, dado que ocurrió **A**. Esto significa que los eventos **A** y **B** ocurran de acuerdo a la Ec. 3.

$$P(A \cap B) = P(B \cap A) = P(A)P(B|A)$$

Ec. 3. Regla multiplicativa.
Fuente: Spiegel, Schiller y Srinivasan (2013).

Para iniciar es necesario idealizar el concepto intuitivo de la probabilidad, por medio del cual una persona toma decisiones sin la certeza de que ocurran todos sus supuestos escenarios, pero es la manera y la base de un estudio sistemático que permite incrementar el grado de confianza que se puede tener en una decisión. Pero ante la situación actual que presenta el STC Metro de la Ciudad de México ¿cómo es posible calcular esta probabilidad?, para lo cual es necesario retomar los conceptos básicos de aleatoriedad y los juegos de azar como es el dado y la moneda. ¿Por qué regresar a estos conceptos básicos?, esto es ya que si algo es impredecible y no contiene patrones reconocibles es nombrado “aleatorio”. Al considerar la moneda, al momento de ser arrojada al aire pareciera ser difícil el predecir y definir cuál cara aparecerá al final de su trayectoria en su parte superior y la otra en la parte inferior sobre una superficie, pero en realidad esta acción no es una acción aleatoria si es analizada más afondo, es decir si pudiéramos conocer todas las condiciones iniciales, las fuerzas exactas que actúan al momento de partir la moneda con dirección opuesta del suelo, el diámetro y grosor de la moneda y todas las demás propiedades no perceptibles que se involucran en la acción de lanzar una moneda al aire en teoría se podría calcular el resultado antes de que ocurriera, ya que en la teoría existe una posibilidad de obtener una cara del 50% pero que al poner en la práctica esto puede llegar a variar por todos los puntos anteriormente mencionados. Al conocer la posibilidad de predecir cuál es el posible resultado final surge la siguiente pregunta ¿Por qué no lo efectuamos al arrojar una moneda al aire? y es por la causa de que es demasiado difícil, laborioso procesar enormes cantidades y magnitudes que permitan obtener la precisión requerida de las cuales emplean un tiempo bastante amplio para llegar a efectuarlo y así dar una conclusión, ya que la más pequeña diferencia entre dos condiciones iniciales aumenta la posibilidad de que nos conduzca a nuevos resultados y que por consecuencia aumentaría la dificultad de predecir el resultado final. Con este aspecto surgiría una nueva pregunta, ¿Existe una posibilidad de predecir otros procesos como este en otro tipo de escenarios?, como también ¿Cómo estar seguro de que no hay patrones en el proceso que se está llevando a cabo?, a lo que conduce que probablemente no se ha buscado, visualizado o dedicado el suficiente tiempo para identificar el patrón correcto a examinar. Es de conocer y el aceptar que los procesos aleatorios llegan a producir ocasionalmente ciertos patrones. De igual forma existe la misma aleatoriedad con un dado a excepción de que este marca una diferencia con respecto a la moneda, ya que el diseño que el dado posee en su diseño con un número mayor de caras que la moneda y por lo cual a una de sus caras se le pueda asignar una posibilidad de aparecer en la parte superior considerando el número total de sus caras, pero que al final posee todos los conceptos básicos de la moneda. Ahora si este concepto es retomado y considerado para un incidente en cada una de las personas que ingresan al STC Metro y saber su estado psicológico, su percepción ocular, auditivo, sus emociones, signos vitales entre otros muchos factores más, podríamos predecir previamente que persona tiene un alto grado de ponerse en peligro dentro del STC Metro, pero lamentablemente esta acción en la actualidad es prácticamente imposible y no existe forma de cómo llevarse a cabo, sin embargo en cada uno de los eventos se puede buscar ciertos patrones que se asemejen unos con los otros.

La población proviene de las mediciones realizadas a todos los elementos de un universo, del cual se obtendrán conclusiones para la toma de decisiones. Esta puede ser finita de un número de elementos ilimitado o infinito y no medible. La

población es el total de elementos de un grupo que desea estudiarse, mientras que la muestra es un conjunto de elementos extraídos de la población. Se recurre al uso de la muestra ya que esta solo permite obtener resultados aproximados, ya que su tiempo y costo para la realización son menores que en el estudio de la población. Como se demuestra en la Ilustración 22 es necesario que el sujeto conceptualise un cierto proceso en específico del cual desea analizar y asignar valores numéricos para posteriormente procesar de forma estadística.

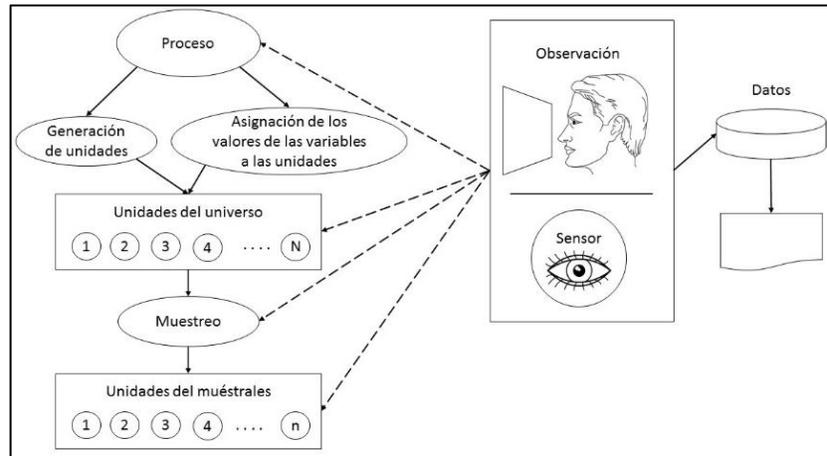


Ilustración 22. Del proceso a los datos.
Fuente: Hines, Montgomery, Goldsman, & Borror (2013).

Con esto se asignaron valores cuantitativos a la muestra generada de incidentes para visualizar y destacar que datos son primordiales a analizar. Al observar que en la mayoría de los casos un incidente lo detona una sola persona, ya que al visualizar videos y fotografías a mayor detalle, es perceptible que este no lleva acabo la debida precaución y respeto por los reglamentos de seguridad del STC Metro, lo que lo sitúa en un estado de peligro. Este estado confiere rebasar la línea de seguridad de color amarilla, la cual se ha implementado con el propósito de salva guardar la integridad del usuario. Al llevar a cabo este simple acto por el usuario, existe una gran probabilidad de que este se involucre en un percance que afecte a su persona, desencadenando diferentes tipos de escenarios a los cuales existe un gran riesgo que este tenga un término mortal. Al momento es prácticamente difícil predecir qué persona llevaría a cabo un acto de este tipo, y mucho más difícil que el conductor del convoy que arriba a la estación detecte a este tipo de personas, ya que debido al peso del convoy y la velocidad con la que este ingresa a la estación, prácticamente le es imposible llevar a cabo una respuesta evasiva para no afectar al usuario que ha puesto su vida en peligro por no respetar la seguridad del STC Metro. Sin embargo, esta nueva información de un patrón que no era perceptible desde un principio, permite el suponer cual es la probabilidad de que una persona sufra un incidente al nivel de vías andén como se muestra en la Ilustración 23, donde se demuestra por medio de un esquema, como solamente una sola persona puede optar por diferentes posibles escenarios o eventos, ya que en la actualidad no existen casos registrados que describan eventos masivos o que involucre a más de una sola persona y de ser así son eventos de mutuo acuerdo pero que al final son ejecutadas por la propia decisión de cada persona que planea llevar acabo dicho suceso, como también es el agregar de que se tratan de casos muy raros y poco probables de ocurrir y adquieren un grado mayor de dificultad para ser examinados.

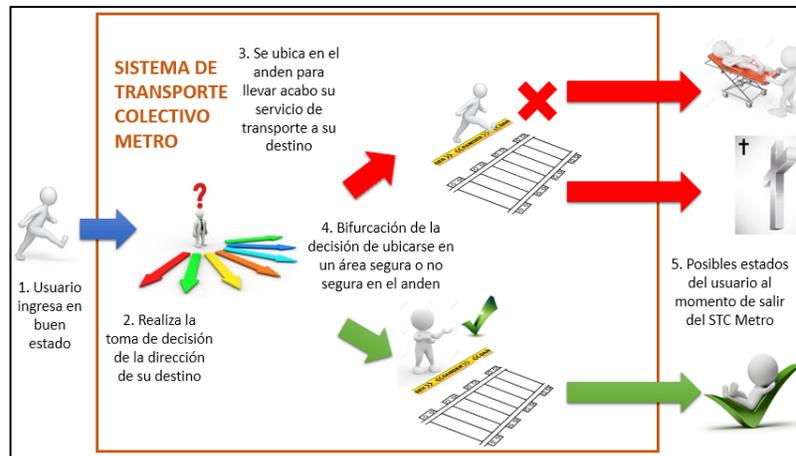


Ilustración 23. Posibles estados de salida de un usuario del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Bajo la percepción del anterior esquema y comparándolo con un dado y una moneda, es posible asemejarlo al problema que presenta en la actualidad el STC Metro. Si consideramos que un dado convencional en cualquier tipo de juego de azar de cuatro caras, posee un cuarto de posibilidad de que una de sus caras se posicione y visualice en la parte superior, ahora bien si agregamos dos caras más a este dado y utilizamos un dado de seis caras, este posee un sexto de posibilidad de que una de sus caras se ubique y visualice en la parte superior. Como se observa como al aumentar una de sus caras al dado esta también incrementa en el mismo valor pero en el denominador que representa la posibilidad de ubicar una de sus caras en la parte superior. Ahora bien, si conocemos que el STC Metro posee 135 estaciones en su estructura, podríamos confirmar una posibilidad de que un usuario se ubique en una de estas en el STC Metro, pero lamentablemente este número de estaciones no refiere al total que existen dentro del STC Metro ya que existen estaciones de correspondencia, como por mencionar una estación es la Raza la cual tiene dos correspondencias como es la Línea 5 y la Línea 3 y lo que era una sola estación ahora se vuelven dos estaciones o como también la estación Chabacano que posee tres correspondencias como son la Línea 2 Línea 8 y Línea 9, la cual paso de ser una a ser tres estaciones, lo cual ahora esto permite conocer que existen un total 195 estaciones físicas en el STC Metro. Ahora existe otra diferencia entre estaciones, y es común el conocer que una estación posee dos líneas amarillas ya que solo ingresan dos convoyes con direcciones totalmente opuestas uno con el otro, lo que refiere que cada estación posee ya sea solo uno o dos andenes, pero existen otro tipo de estaciones que poseen más de dos andenes y utilizan tres, lo que indica que al incrementarse el número de andenes también es incrementado el número de líneas amarillas en la estación. Como anteriormente se mencionó, al estar constituida la estación la Raza por dos estaciones físicas, cada una con un andén a la orilla, existe un total de cuatro líneas amarillas en la estación la Raza, pero volviendo a retomar la estación Chabacano la cual posee tres estaciones y en la estación de la Línea 2 posee tres andenes, la Línea 8 posee tres andenes y la Línea 9 posee tres andenes, ahora permite el conocer que existe un total de doce líneas amarillas en la estación Chabacano. Este punto es primordial y crucial ya que es fundamental para poder precisar la probabilidad del tema de estudio, pero que ahora retomando a un dado que posee 6 caras el nuevo dado posee un total de 426 caras y que ahora la acción de que una persona se ubique en una de estas líneas, representa a la cara que se ubica en la parte superior del dado de seis caras. No obstante, esto no corresponde a toda la probabilidad que corresponde al incidente, ya que solamente se ha ubicado al usuario frente a una de las líneas de seguridad que posee el STC Metro, pero hace falta dos aspectos a considerar como son los siguientes; la situación que induzca al usuario por alguna causa desconocida a rebasar la línea

de seguridad, lo cual corresponde a otro evento aleatorio y es semejante al ejemplo de la moneda el cual pueda surgir cara o cruz al lanzar la moneda, es decir tomar la decisión de rebasar o no dicha línea, pero sin embargo de tomar la opción de rebasarla falta otro tipo de evento el cual es que esta toma de decisión resulte en uno de los dos escenarios, es decir que sea incidente o no incidente, ya que se desconoce que por tal acto el usuario pudiera caer a las vías, ser golpeado en alguna extremidad de su cuerpo por el convoy que ingresa a la estación u otro tipo de circunstancia. Es posible el definir las posibilidades de cada evento si se considera la Ec. 4 de la siguiente manera; P(A) ubica al usuario en un andén y este a su vez se ubica enfrente de una línea de seguridad amarilla, de la cual se toma el total de líneas amarillas del STC Metro y es mostrado en la Tabla 54 ubicada en el Anexo D; P(B) el usuario por alguna causa rebasa la línea de seguridad amarilla; P(C) el usuario de efectuar la anterior condición, este se ve involucrado en un incidente.

$$\begin{aligned}
 P(A) > 0; & P(B) > 0; & P(C) > 0 \\
 P(A') > 0; & P(B') > 0; & P(C') > 0 \\
 P(A') = P(\bar{A}); & P(B') = P(\bar{B}); & P(C') = P(\bar{C})
 \end{aligned}$$

Ec. 4. Probabilidad de eventos.

Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller y Srinivasan (2013).

Bajo estas condiciones se establece que la posibilidad de que ocurra el evento que se desea investigar, ya que es una cadena de eventos los cuales son nombrados condicionales, es decir que depende que ocurra uno si el anterior se cumple, para lo cual se establece Ec. 5.

$$\begin{array}{l}
 P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \\
 P(B'|A) = \frac{P(A \cap \bar{B})}{P(A)}
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 P(C|B) = \frac{P(B \cap C)}{P(B)} \\
 P(C'|B) = \frac{P(B \cap \bar{C})}{P(B)}
 \end{array}
 \right.$$

Ec. 5. Probabilidad de eventos condicionales.

Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller y Srinivasan (2013).

Este análisis fue de gran utilidad ya que permitió anotar sistemáticamente todos los posibles eventos de la Ilustración 24 que pueden presentarse en STC Metro con respecto a un usuario, ya que esto permite diseñar la Ec. 6 con el objetivo de proporcionar la mayor información concerniente a los resultados de un evento en específico.

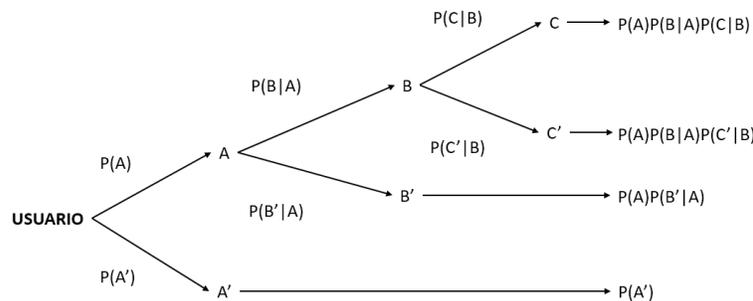


Ilustración 24. Diagrama de Árbol de usuario en el andén.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona⁷⁴ (2004).

⁷⁴ Sánchez Corona, O. (2004). *Probabilidad y Estadística (Segunda ed.)*. Mc Graw Hill. Recuperado el 14 de noviembre de 2015



Como se mencionó, el espacio muestral es el conjunto de todos los resultados posibles de un experimento estadístico y es obtenido en la última posición del árbol muestral, el cual para este caso de estudio sería la Ec. 6.

$$S = \{P(A)P(B|A)P(C|B) + P(A)P(B|A)P(C'|B) + P(A)P(B'|A) + P(A')\}$$

Ec. 6. Espacio Muestral.

Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller, & Srinivasan (2013).

Dado que se desea analizar al evento ya que este genera alguna afectación al usuario al ser un suceso en específico de este tipo y forma parte de un subconjunto de la Ec. 6 por lo que es riguroso establecer la posibilidad de que ocurra este tipo de sucesos dentro del STC Metro. Al considerar que un incidente involucra a una sola persona en un solo andén del STC Metro y que este no respete la línea de seguridad, el evento a estudiar quedaría definido en la Ec. 7.

$$E = \{P(A)P(B|A)P(C|B)\}$$

Ec. 7. Evento.

Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller, & Srinivasan (2013).

Este tipo de sucesos son considerados eventos discretos de variación aleatoria no dependientes, por lo cual cada uno posee una probabilidad única de ocurrir y la suma de cada uno de estos eventos que el usuario origina dentro del STC Metro permite obtener la Ec. 8.

$$F(x) = P(X \leq x_i) = P(x_1) + P(x_2) + P(x_3) + \dots + P(x_i)$$

Ec. 8. Función de Distribución.

Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller, & Srinivasan (2013).

En el caso de que una persona sufra o no un incidente al nivel de andén con respecto a las vías del STC Metro, la variable aleatoria supone solamente dos valores de estado los cuales son; “0” el cual este valor significa que ningún suceso se ha presentado en todo el STC Metro con respecto al usuario y “1” indica que el usuario se ha visto inmerso en un incidente, lo que permite definir la Ec. 9.

$$F(x) = \begin{cases} 0 & -\infty < x < 0 \\ \frac{1703}{1704} & 0 \leq x < 1 \\ 1 & 1 \leq x < \infty \end{cases} \quad \begin{array}{c|c} x_i & P_i \\ \hline 0 & \frac{1703}{1704} \\ 1 & \frac{1}{1704} \end{array}$$

Ec. 9. Función de Distribución para un incidente.

Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller, & Srinivasan (2013).

La obtención del intervalo de $-\infty$ a ∞ dentro de la función de distribución acumulativa se muestra en la Ilustración 25, todos los sucesos probables de ocurrir.

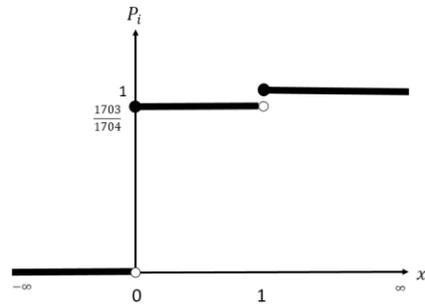


Ilustración 25. Grafica de Función de Distribución.
Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller y Srinivasan (2013).

Con la obtención de la función de distribución, permitió de manera teórica calcular la Ec. 10 y la Ec. 11 de esta distribución binomial de la cual solo permite estimar la posibilidad de éxito o fracaso de salvar a un usuario de un incidente.

$$E(X) = \sum_{x=0}^1 xP(X=x) = 0 * P(X=0) + 1 * P(X=1) = p = \frac{1}{1704} = 5.868544601 \times 10^{-4}$$

Ec. 10. Esperanza Matemática.
Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller, & Srinivasan (2013).

$$\sigma^2 = E[(X - \mu)^2] = E(X^2) - \mu^2 = E[X^2] - [E(X)]^2 = \sum_{x=0}^1 x^2 P(X=x) - p^2 = 0^2 * P(X=0) + 1^2 * P(X=1) - p^2$$

$$\sigma^2 = p - p^2 = p(1-p) = \frac{1}{1704} \left(1 - \frac{1}{1704}\right) = \frac{1}{1704} \left(\frac{1704}{1704} - \frac{1}{1704}\right) = \frac{1}{1704} \left(\frac{1704-1}{1704}\right) = \frac{1}{1704} \left(\frac{1703}{1704}\right)$$

$$\sigma^2 = \frac{1703}{2903616} = 5.865100619 \times 10^{-4}$$

Ec. 11. Varianza.
Fuente: Elaboración propia basada en Spiegel, Schiller, & Srinivasan (2013).

Establecer un *intervalo de confianza* es parte fundamental para el tamaño muestra bajo la confianza de una distribución de probabilidad normal. Este intervalo es definido por un valor menor nombrado *límite inferior de confianza* y un valor mayor nombrado *límite superior de confianza*. La estimación por intervalos se basa en la idea de obtener un *error muestral*, ya que al seleccionar diferentes muestras estas pueden arrojar diferentes resultados, pero que se ubican alrededor del valor verdadero del parámetro poblacional. Este intervalo de confianza es la estimación puntual, de una medida de variabilidad llamada error estándar y de un coeficiente de confianza. La Ec. 12 corresponde a un número decimal que determina la probabilidad de que el valor real del parámetro que se estima se encuentra dentro de este coeficiente.

$$(1 - \alpha)$$

Ec. 12. Coeficiente de confianza.
Fuente: Raúl Pérez Galindo (2013).

El valor α es dividido en dos partes iguales ($\alpha/2$) que son ubicadas en ambos extremos de la distribución normal estandarizada, lo que determina de la Ilustración 26 cuyos valores se posan sobre la línea o eje ($Z_{\alpha/2}$) para el cálculo de los límites de confianza.

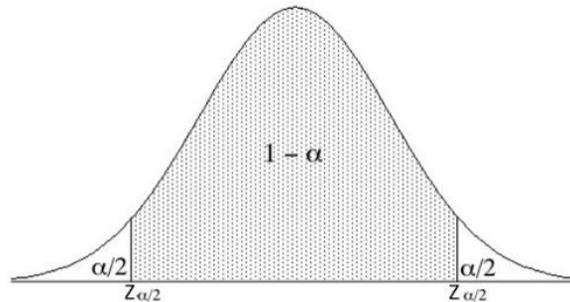


Ilustración 26. Elementos de la estimación por intervalo.
Fuente: Pérez Galindo (2013).

La estimación por intervalos de confianza la muestra es seleccionada a través de un método de muestreo probabilístico, a fin de garantizar que todos los elementos de la población tengan una oportunidad de conformar la muestra. A la vez, “*la muestra refleja el comportamiento o distribución de las variables de interés de la población de estudio*” (Castañeda & Fabián Gil, 2004)⁷⁵. Conociendo que estos eventos involucran a un solo individuo, pero que lamentablemente no es posible conocer por medio de la estadística la media poblacional, fue necesario el investigar la probabilidad de que un incidente suceda dentro de las instalaciones del STC Metro, con el fin de que a través de una base de datos pueda obtenerse una muestra representativa y así ser analizada ya que en una investigación y no obtener datos poblacionales, es común recurrir a la estadística aplicada, ya que permite dentro de su teoría establecer un intervalo de confianza, con el propósito de obtener una muestra derivada de una base de datos con el fin de que estos sean representativos. En la mayoría de las investigaciones, existe la recomendación de establecer un intervalo de confianza entre 95% y el 99.9% ya que estos permiten una mejor aceptación de la muestra para lograr reducir el error probable que puede surgir al ser analizados. El nivel de confianza es la seguridad de generalización de los hallazgos del estudio de investigación y el valor comúnmente utilizado comúnmente es del 95%, lo que permite manejar un error no mayor al 5% de la muestra (Dra. Bustamante C., 2011)⁷⁶. Para esta investigación se estableció el 99% de confianza como se muestra en la Tabla 3. Cabe mencionar que la información requerida para realizar el análisis es difícil obtener, además de que si ocurre un incidente dentro del STC Metro es muy poco probable y escasa su publicación para el acceso y conocimiento público.

⁷⁵ Castañeda, J. A., & Fabian Gil, J. (Abril-Junio de 2004). Una mirada a los intervalos de confianza en investigación. *Scielo Colombia*, 33(2), 193-201. Recuperado el 5 de abril de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0034-74502004000200006&script=sci_arttext

⁷⁶ Dra. Bustamante C., G. (2011). Aproximación al muestreo estadístico en investigaciones científicas. *Revista de actualización Clínica*, 476-480. Retrieved abril 6, 2016, from http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v10/n10_a06.pdf

α	Nivel de confianza ($1 - \alpha$)	Coefficiente de confianza ($Z_{\alpha/2}$)	Límite Superior de Confianza	Límite Inferior de Confianza
0.01	0.99	2.58	$p - z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$	$p + z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$

Tabla 3. Límites de confianza.
Fuente: Pérez Galindo⁷⁷ (2013).

En el análisis de hechos es necesario establecer el tamaño de la muestra ya que si esta es muy pequeña, es probable el fallar en el logro de objetivos del análisis, pero si al contrario es demasiado grande, se desperdiciara demasiados recursos y tiempo al tomar la muestra. Siempre es presente el grado de error de muestreo por no estudiar a la población completa, ya que es posible perder información útil de la población y si queremos tener un alto nivel de precisión es necesario tomar una muestra suficiente amplia de la población para asegurar lo necesario de la información requerida. Considerando la expresión de estimación de la Tabla 3, es posible el estimar el límite superior e inferior de confianza con la utilización de la Ec. 13 ya que brinda un rango de error permisible bajo la muestra.

$$\varepsilon = Z_{\alpha/2} \sqrt{p(1-p)/n}$$

Ec. 13. Margen de error.
Fuente: Raúl Pérez Galindo (2013).

Al realizar los pasos anteriormente expuestos, fue permisible completar la Tabla 3 para someter al análisis todos los datos obtenidos de los medios de comunicación. En la Tabla 4, se observa que el error tiende cercarse al cero, y es un valor $0.01 > 0.004042$ por lo que la información es posible considerarla representativa para ser analizada en los siguientes pasos.

Base de Datos (World Wide Web)	Número de muestras n	α	Nivel de confianza ($1 - \alpha$)	Coefficiente de confianza $Z_{\alpha/2}$	Probabilidad de incidente p	Probabilidad de ningún incidente q	Margen de error ε
1123	239	0.01	0.99	2.58	0.000587	0.999413	0.004042

Tabla 4. Tamaño de muestra del STC Metro en incidentes.
Fuente: Elaboración propia basada en Pérez Galindo (2013).

Como parte de la recabación de datos en incidentes, se realizó la búsqueda de todos los datos posiblemente publicados por todos los medios sociales e informáticos, dándose la prioridad de conocer la fecha, hora, línea y estación del STC Metro, como también el tipo de incidente. Al revisar cada uno de los datos se observaron datos también relevantes para la investigación y que permitió clasificarlos como se muestra en la Ilustración 27 bajo el siguiente criterio: *Premeditados*, *No Premeditados*, *Imprudentes* o *Desconocidos*, este último es nombrado así ya que no se logró conocer qué tipo de percance fue presenciado. Al clasificar los datos de esta forma, permitió el conocerse que no todos los actos son concebidos o planeados por los mismos usuarios y que en cierto actos existe una debida imprudencia del mismo. Como es conocido el acto de suicidio es el acto planeado o “PREMEDITADO” con anterioridad por el mismo usuario el cual incurre a alguna estación del STC Metro para llevar a cabo este acontecimiento, sin embargo en la actualidad el identificar que usuario desea cometer suicidio u homicidio es de gran

⁷⁷ Pérez Galindo, R. (2013). *Estadística Aplicada Para ciencias económicas, administrativas y sociales*. Distrito Federal, México: trillas. Recuperado el 8 de febrero de 2016

dificultad, para lo cual el STC Metro cuenta con la instalación de un sistema de circuito cerrado, con el propósito de identificar a personas que por ciertos patrones erráticos y sospechosos dentro de la estación, se deduce y predice que es una persona que planea llevar a cabo el acto de suicidio. Por otra parte, existen actos que no son predecibles y que escapan de toda lógica y no logran ser perceptibles a simple vista por el usuario, ya que por la existencia de una gran aglomeración dentro de la estación o en otros casos el no percibir su ubicación en el andén por falta de precaución al caminar o al correr por el andén, este tipo de actos son “NO PREMEDITADOS” ya que el usuario no planea el sufrir un incidente dentro del mismo, sin embargo este suele ser perjudicado. Otra parte es la existencia de usuarios que no miden el alcance que pueden tener sus acciones al permanecer en el andén y que por una mala decisión llevan a cabo una acción que puede poner en alto riesgo su vida a los cuales es nombrados por “IMPRUDENCIA”, tal es el caso de los usuarios que bajan a las vías el STC Metro solamente por recoger un objeto que ha caído a las vías o la facilidad que implica el brincar por las vías de andén a andén, por lo que sin considerar y analizar el posible arrollamiento que puede sufrir este por el convoy que arribe a la estación o a la electrocución por pisar las barras de alimentación eléctrica, exponiendo en alto riesgo su vida. Esta clasificación es parte crucial para la investigación ya que permitió conocer más sobre el comportamiento de los usuarios dentro del STC Metro, ya que existe un gran tabú en el cual consiste el en deducir que si existe una gran de personas en el andén, por consecuencia un incidente de una persona caída a las vías será el resultado, ya que es visualizado que por la saturación de personas a los largo del andén toda la estación, provoca que una de las personas se vea obligado a rebasar la línea amarilla de seguridad, con el propósito de lograr ascender al convoy que arribe a la estación correspondiente, pero que con base a los datos recabados esto logra ser perceptible que en la mayoría de los casos no es siempre un evento dependiente. Con esta clasificación se lleva a cabo un análisis más profundo para saber que no todos los actos son planeados por el usuario con anticipación y que existe una gran proporción correspondiente a sucesos no planeados por el mismo usuario. Con este aspecto se recurrió a la utilización de la Metodología Proyectual (Munari, 2004), para plantear los elemento que constituyen al problema y que pueden ser desglosados de la siguiente manera en la Ilustración 27.

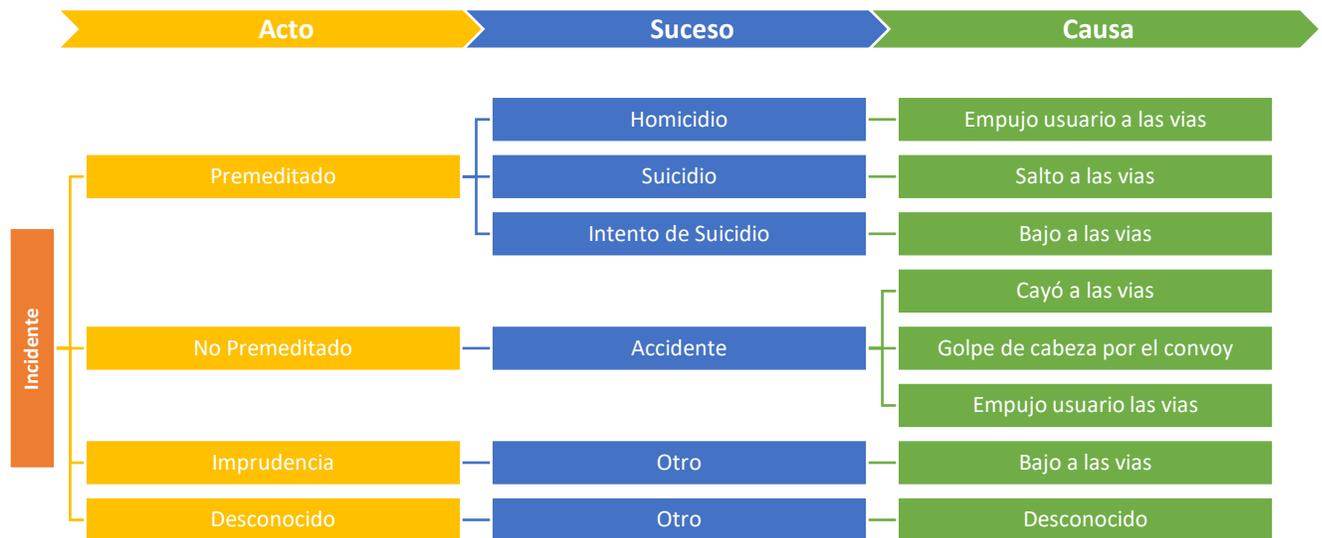


Ilustración 27. Árbol para el análisis de incidentes.
Fuente: Elaboración propia (2016).

3.1.4 Análisis de Datos

Para la definición del riesgo y destacar el evento primordial a resolver mostrado en la Ilustración 28, se informa la causa del incidente con el 53.14% corresponde a un acto No Premeditado, el 32.22% es un acto Premeditado, el 7.53% es Imprudencia del usuario y por último el 7.11% es Desconocido. Esto permitió entender que existe un mayor porcentaje que excede la mitad de los datos en la muestra en personas que se han involucrado en un incidente probablemente mortal, sin buscar ser involucrado en el mismo, es decir en un evento no premeditado. Por otra parte las personas que buscan tener un evento mortal dentro del STC Metro, representa un menor porcentaje pero de igual manera considerable. La imprudencia representa una acción ejecutada sin conocer sus resultados pero que de igual manera podrían ser tratados y reducidos bajo una debida intervención al contrario de los desconocidos ya que estos se desconocen en su totalidad. De esta muestra se establece de manera puntual como problema la nula precaución de los usuarios al ubicarse en áreas no seguras en el andén y que por diferente tipo de causas son el origen de incidentes, por lo cual son los principales causantes que desencadenan el caos y conflicto dentro de la estaciones del STC Metro por la obstrucción del transporte, como también son eventos que generan un gran impacto con un alcance de daño psicológico a usuarios por el simple hecho de presenciar este tipo de sucesos mortales.

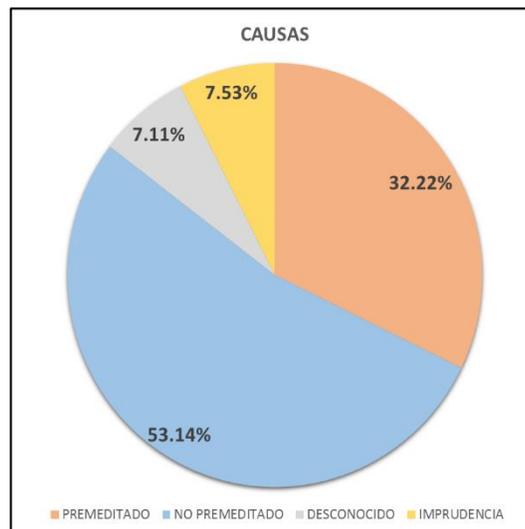


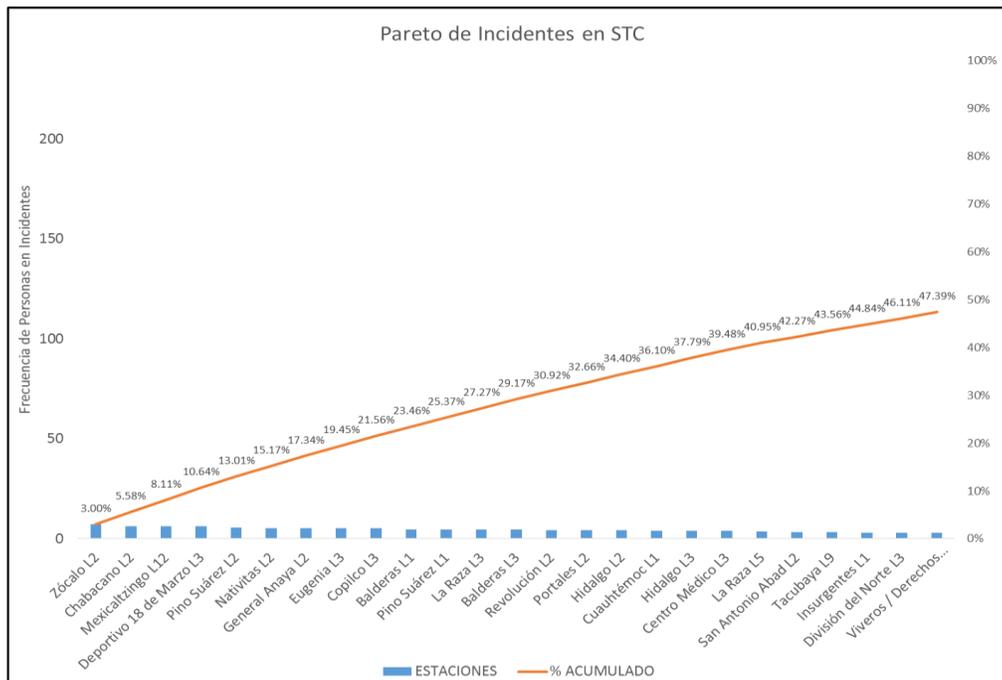
Ilustración 28. Causas de incidentes.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Este análisis también permitió observar que los incidentes acontecidos son efectuados en horarios en los que el andén no presenta grandes cúmulos de usuarios o de mayor afluencia, es decir que la aglomeración de usuarios en las estaciones no es causante de dichos actos, aunque esto no puede ser descartado en su totalidad ya que es notorio que en algunas estaciones de mayor demanda, existe usuarios que no suelen respetar la línea de seguridad como se muestra en la Ilustración 29 y por lo cual ponen en alto riesgo su integridad. Sin embargo esta decisión lleva al usuario a posicionarse cerca de la orilla del andén a reserva de tener mucha mayor precaución de no sufrir un percance, como es el car a las vías o ser golpeado por el convoy que arrije a la estación.



Ilustración 29. Estación de Línea 3.
Fuente: Archivo el Universal (2014).

La recaudación de información acerca de los incidentes dentro del STC Metro, dió origen a una muestra de la cual se muestra en la Ilustración 28 la cual especifica el tipo de acto que se trata: Predeterminado, No Predeterminado, Imprudente o Desconocido. Al graficar los datos se observan las estaciones en las que se han presenciado un número mayor de incidentes sin enfatizar que sucesos tuvieron un mayor impacto en el STC Metro como se muestra en la Ilustración 30.



Nota: La estación Mexicaltzingo L12, corresponde a encontrarse a cinco niños caminando sobre las vías del STC Metro. Fuente: Alarcón⁷⁸ (2015).

Ilustración 30. Diagrama Pareto de Incidentes en STC Metro.

Fuente: Elaboración propia basada en Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013).

También se conocen las líneas del STC Metro en las que acontecen con mayor frecuencia los incidentes y que se muestran en la Ilustración 31, la Ilustración 32 muestra los incidentes por días de la semana.

⁷⁸ Alarcón, R. (21 de Julio de 2015). El portal de noticias líder en México con toda la información nacional y del mundo. Excelsior. Recuperado el 18 de septiembre de 2016, de Excelsior: <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2015/07/21/1035807#view-2>

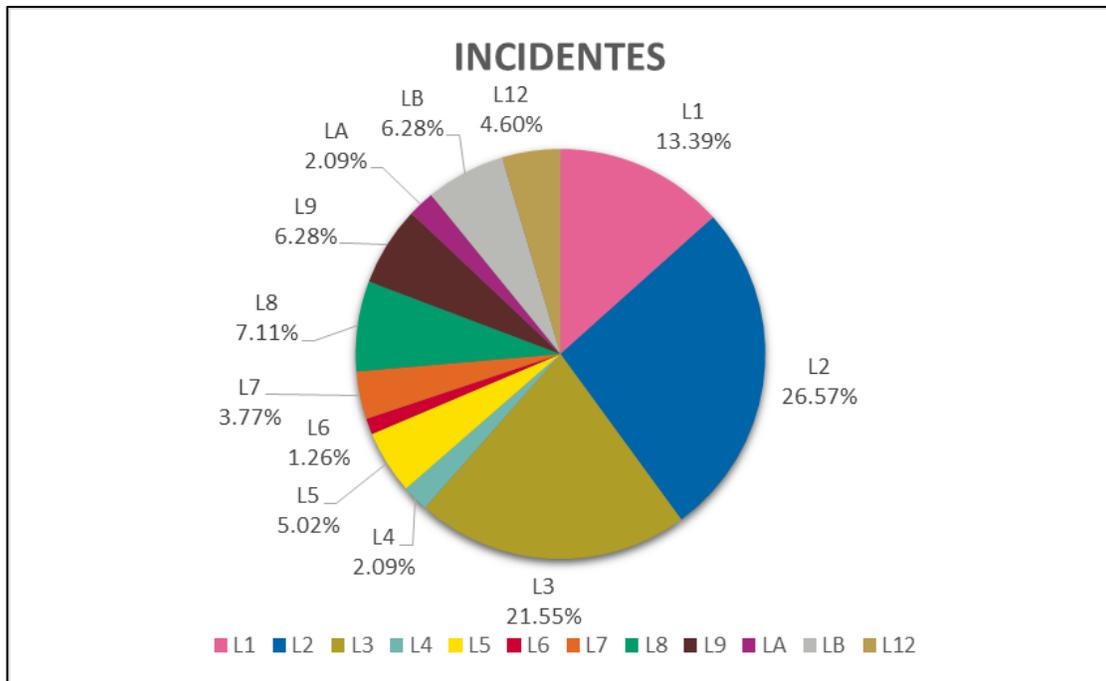


Ilustración 31. Pastel de Incidentes en el STC Metro.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

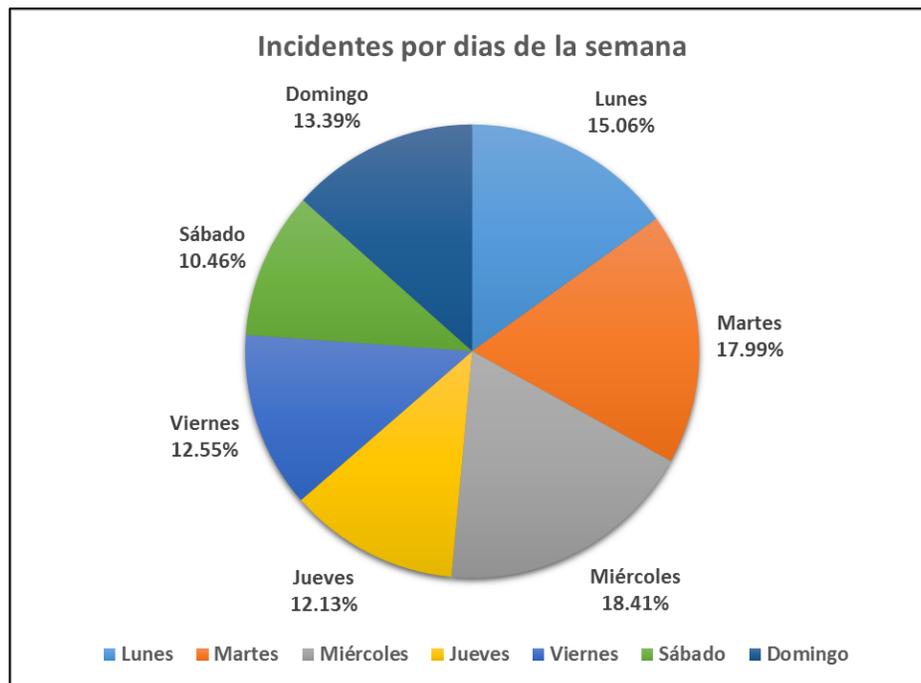


Ilustración 32. Incidentes por días de la semana en el STC Metro.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

Con la clasificación obtenida de la base de datos se utiliza la herramienta Riesgo AMEF para procesar la información obtenida sobre los incidentes en el STC Metro y definir estaciones como puntos críticos de los eventos anteriormente descritos ver Tabla 5.

Identificación de Riesgos	Evento de riesgos	Síntoma	Ocurrencia	Severidad	Puntuación de Riesgo	Detección	RPN

Tabla 5. Formulario estándar de AMEF y Riesgo AMEF.
Fuente: Carbone & Tippett (2004).

Con la finalidad de conocer la estación que puede verse más afectada por el evento de un incidente en el servicio de transporte se recurre a la utilización de la Tabla 5 y desarrolla la Tabla 6. A la *Identificación del Riesgo* se le asignó la columna de *Estación* del STC Metro ya que es el lugar donde el usuario efectuó el evento a analizar cómo además es necesario identificar las estaciones más recurrentes de este tipo de eventos; Para el *Evento de riesgo* se asignó la columna de *Acto* ya que es prescindible identificar los eventos que generan mayor relevancia en el STC Metro e identificar cuáles pueden ser abordados y llevarlos a una solución posible; se seleccionó a la columna de *Causa* como el *Síntoma* de la muestra ya que describe el instante exacto cuando se presenta el suceso.

Estación del STC Metro	Acto	Causa	Ocurrencia	Severidad	Puntuación de Riesgo	Detección	RPN

Tabla 6. Formulario estándar de AMEF y Riesgo AMEF para incidentes dentro del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia basada en Carbone & Tippett (2004).

Para la asignación de un valor cuantitativo de las siguientes columnas, se recurrió a la utilización de las frecuencias de los incidentes con valores proporcionales unitarios que al sumar todos dan como valor el uno, esto con el propósito de ponderar los datos más relevantes. Para la Ec. 14 correspondiente a la columna de la *Ocurrencia* solamente se consideró la suma del incidente en específico por cada estación correspondiente.

$$\sum Total_{Incidente\ específico\ por\ estación} = Ocurrencia_{Incidente\ específico\ por\ Estación}$$

Ec. 14. Ocurrencia por estación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para la obtención de la columna de *Severidad* del percance, fue necesario el procesamiento de la base de datos para que demostrara de forma cuantitativa y proporcional la afectación en el STC Metro. Para este tipo de procesamiento se consideró los datos de cada uno de los incidentes acontecidos en cada estación, ya que estos son indicadores de número de veces que se presentó una afectación en el servicio de dicha estación. También se reflexionó en la utilización de la Ec. 15 obteniendo la información de la Tabla 59 ubicada en el Anexo H, ya que estos datos son la concurrencia de usuarios a las estaciones y por lo cual podrían indicar que tipo de afectación puede generarse en el STC Metro, como también el considerar la Ec. 16 y Ec. 17 para lo cual en los ambos casos se tomaron datos que parten del año 2007 al tercer cuatrimestre de 2016.

$$\frac{\sum Total_{Afluencia\ de\ usuarios\ por\ estación}}{\sum Total_{Afluencia\ de\ usuarios\ al\ STC}} = Afluencia\ usuarios\ por\ estación_{Valor\ Proporcional\ Unitario}$$

Ec. 15. Afluencia proporcional por estación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

$$\frac{\sum \text{Días laborales}}{\sum \text{Días laborales} + \sum \text{Días No laborales}} = \text{Días laborales}_{\text{valor Proporcional Unitario}}$$

Ec. 16. Días laborales.
Fuente: Elaboración propia (2016).

$$\frac{\sum \text{Días no laborales}}{\sum \text{Días laborales} + \sum \text{Días No laborales}} = \text{Días no laborales}_{\text{valor Proporcional Unitario}}$$

Ec. 17. Días no laborales.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Como se mencionó previamente, el STC Metro otorga el servicio en días laborales y no laborales de manera continua en los 365 días del año, por lo que un incidente no genera un mayor impacto a pasajeros en un día laboral del que no lo es, ya que la necesidad de la mayor parte de los usuarios que recurren al STC Metro con el propósito de arribar a su destino en días laborales es mayor ya que esto parte del principio de que este se vea incrementado en su demanda en estos días. Al considerar los días Lunes, Martes, Miércoles, Jueves y Viernes como días laborales de la semana, es necesario darles una ponderabilidad diferente a la de los días que no lo son tales como Sábados y Domingos, por lo que la Ilustración 33 permite otorgar esa ponderabilidad y de la cual se obtiene la Ilustración 34.

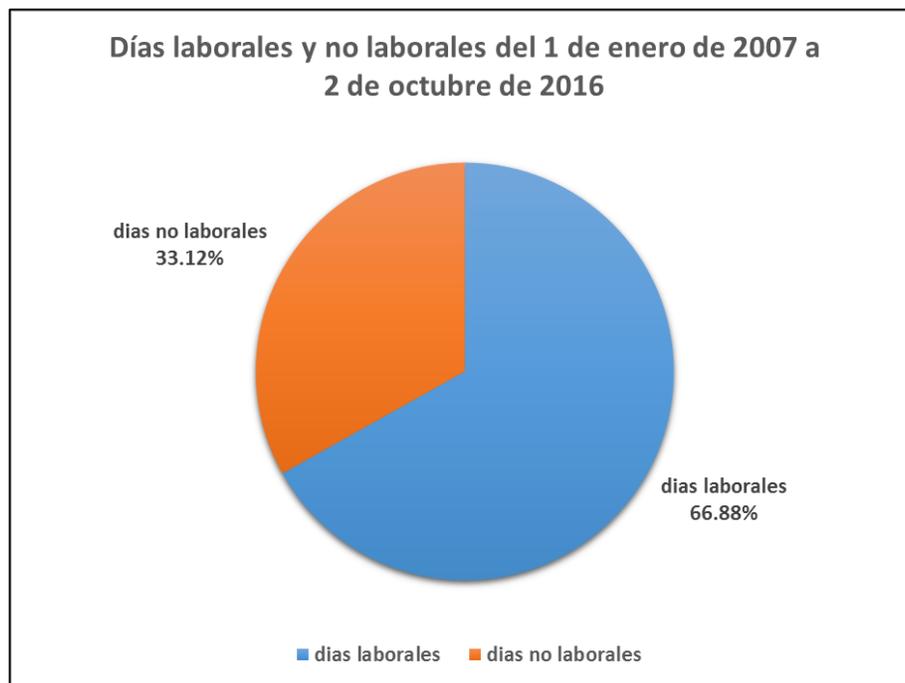


Ilustración 33. Días laborales y no laborales del 1 de enero de 2007 al 2 de octubre de 2016.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

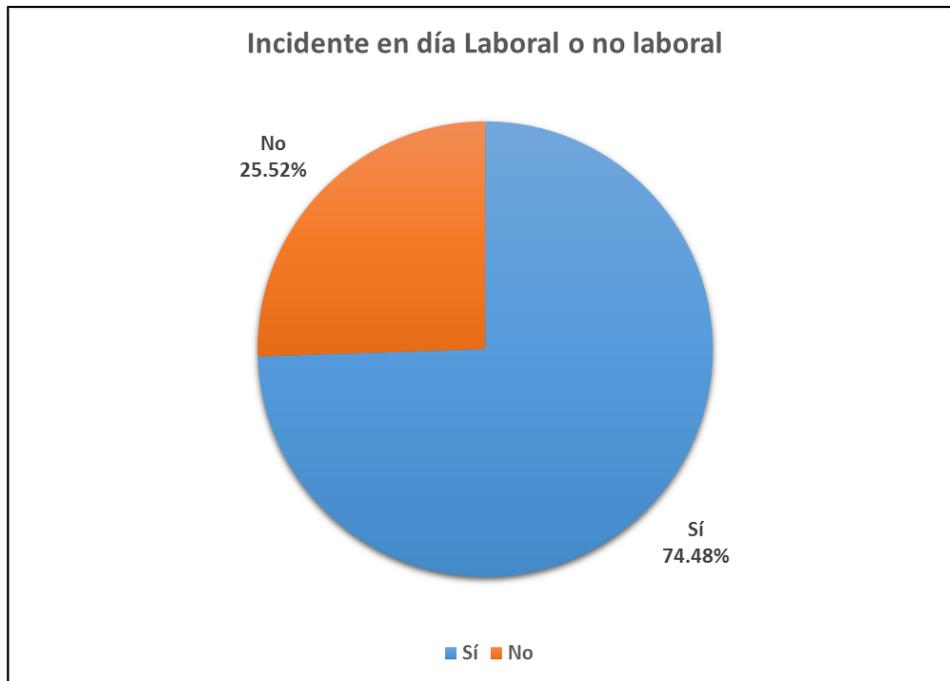


Ilustración 34. Incidentes en día laboral o no laboral.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

Considerando lo anterior, se logra expresar cuantitativamente la afectación que puede alcanzar cierto evento en cada una de las estaciones del STC Metro, sin embargo como se ha mencionado no todos los incidentes tienen el mismo impacto aunque el suceso se efectuó dentro de la misma estación ya que la afluencia en días laborales y no laborales son distintos. Por lo que la Ec. 18, Ec. 19 y Ec. 20 son utilizadas con el propósito de reflejar que evento de mayor impacto.

$$\left(\sum Total_{\text{Incidentes por estación}}\right) * (Dias\ laborales_{\text{Valor Proporcional Unitario}}) * (Afluencia\ usuarios\ por\ estación_{\text{Valor Proporcional Unitario}}) = Severidad_{\text{Días laborales}}$$

Ec. 18. Severidad de día laboral.
Fuente: Elaboración propia (2016).

$$\left(\sum Total_{\text{Incidentes por estación}}\right) * (Dias\ no\ laborales_{\text{Valor Proporcional Unitario}}) * (Afluencia\ usuarios\ por\ estación_{\text{Valor Proporcional Unitario}}) = Severidad_{\text{Días no laborales}}$$

Ec. 19. Severidad de día no laboral.
Fuente: Elaboración propia (2016).

$$(Severidad_{\text{Días laborales}}) + (Severidad_{\text{Días no laborales}}) = Severidad_{\text{Total por estación}}$$

Ec. 20. Severidad total por estación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La columna *Detección* brinda una puntuación del 1 a 10, con el propósito de cuantificar los criterios de detección, asignándoles una calificación más baja a los mejores controles, mientras que a los peores controles reciben una puntuación más alta, por lo que se recurrió al uso de la Tabla 7 ya que solo es posible darle un valor con base en aspectos detectados o leídos de artículos periodísticos y así asignarle un valor cuantitativo.

Criterio: Posibilidad de detección	Puntuación	Detección
Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado	10	Casi imposible
El modo de falla o causa del error no es fácilmente detectado	9	Muy remota
El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído	8	Remota
El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de equipos de los sentidos de la vista, olfato u oído	7	Muy baja
El modo de falla se detecta por el operador en la estación de trabajo a través del uso de instrumentos	6	Baja
El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador mediante controles automáticos en la estación que notifican al operador (luz, sonido, etc.)	5	Moderada
El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos y bloquean para prevenir	4	Moderadamente alta
El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos y bloquean en la estación para prevenir	3	Alta
Se detecta la causa de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos y previenen	2	Muy alta
Se previene la causa de la falla en la estación de trabajo	1	Casi segura

Tabla 7. Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.
Fuente: Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013).

Con la obtención de los valores en Ocurrencia, Severidad y Posibilidad de Detección se procede a realizar la operación de la Ec. 21 para obtener un valor RPN (Número de Prioridad de Riesgo) por cada una de las estaciones.

$$Ocurrencia_{Incidente\ específico\ por\ Estación} * Severidad_{Total\ por\ estación} * Posibilidad\ de\ detección = RPN_{Incidente\ específico}$$

Ec. 21. RPN de incidente específico.
Fuente: Gutiérrez Pulido & de la Vara Salazar (2013).

Al obtener el valor RPN solamente obtiene el valor correspondiente del incidente a analizar, pero en esta investigación se requirió analizar los seis eventos para conocer cuál es más relevante dentro del STC Metro y el que afecta más al STC Metro, por lo que a cada valor RPN se le asignó un valor ponderado para resaltar el dominante. El valor ponderado es asignado mediante la utilización de la Ec. 22, la cual también es proveniente de la Ilustración 28 y es multiplicada por la Ec. 21 para obtener la Ec. 23 que al sumar en su totalidad como se muestra en la Ec. 24 del cual su resultante es el valor ponderado con el propósito de mostrar la estación de mayor frecuencia de incidentes y que a su vez es un punto crítico dentro del STC Metro.

$$\frac{\sum Total_{Incidente\ analizado\ del\ STC}}{\sum Total_{Incidentes\ del\ STC}} = Incidente\ analizado\ Valor\ Proporcional\ Unitario$$

Ec. 22. Incidente específico.
Fuente: Elaboración propia (2016).

$$(RPN_{Incidente\ específico}) * (Incidente\ analizado_{Valor\ Proporcional\ Unitario}) = RPN_{Incidente\ específico\ Ponderado}$$

Ec. 23. RPN Ponderado.
Fuente: Elaboración propia (2016).

$$RPN_{Accidente\ Po.} + RPN_{Suicidio\ Po.} + RPN_{Intento\ de\ Suicidio\ Po.} + RPN_{Homicidio\ Po.} + RPN_{Otro\ Po.} + RPN_{Desconocido\ Po.} = RPN_{Total}$$

Ec. 24. RPN Total.
Fuente: Elaboración propia (2016).



Para la obtención de *Puntuación de Riesgo* se realizó la misma operación excepción de omitir la probabilidad de detección como se muestra en la Ec. 25. Con el mismo propósito de brindar una ponderación a cierto incidente, se realiza la Ec. 26 que al sumar cada uno de los incidentes se utiliza la Ec. 27.

$$Severidad_{Total\ por\ estación} * Ocurrencia_{Incidente\ específico\ por\ Estación} = Puntuación\ de\ Riesgo_{Incidente\ específico}$$

Ec. 25. Puntuación de Riesgo.

Fuente: Elaboración propia basada en Carbone & Tippett (2004).

$$Puntuación\ de\ Riesgo_{Incidente\ específico} * Incidente\ analizado\ Valor\ Proporcional\ Unitario = Puntuación\ de\ Riesgo_{Incidente\ específico\ Ponderado}$$

Ec. 26. Puntuación de Riesgo Ponderado.

Fuente: Elaboración propia (2016).

$$Puntuación\ de\ Riesgo_{Accidente\ Po.} + Puntuación\ de\ Riesgo_{Suicidio\ Po.} + Puntuación\ de\ Riesgo_{Intento\ de\ Suicidio\ Po.} + Puntuación\ de\ Riesgo_{Homicidio\ Po.} \\ + Puntuación\ de\ Riesgo_{Otro\ Po.} + Puntuación\ de\ Riesgo_{Desconocido\ Po.} = Puntuación\ de\ Riesgo_{Total}$$

Ec. 27. Puntuación de Riesgo Total.

Fuente: Elaboración propia (2016).

Esta operación permite la realización de la Ilustración 35, con la intención de identificar los puntos más dispersos y alejados del origen ya que estos afectan más al STC Metro al contrario de los cercanos al cero ya que estos refieren la poca existencia de incidentes dentro del STC Metro. Los más lejanos al origen representan un área de pocos significantes, lo que demuestra las pocas estaciones que son muy significativas a resolver y de los cuales al llevar a una solución permitirán demostrar una mejora bastante considerable, a lo contrario de intentar abordar estación que no representan un gran impacto al implementar una solución. Para identificar cuáles son los más significativos, se recurrió al Principio de Pareto que enunció el principio basándose en el denominado conocimiento empírico, del cual es también conocido como la regla del 80-20, o ley de los pocos vitales. Esto basándose en él estudió de que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los «pocos de mucho» y los «muchos de poco»; se establecían así dos grupos de proporciones 80-20 tales que el grupo minoritario, formado por un 20% de una población que ostentaba el 80% de un grupo mayoritario. Bajo este principio y el uso del valor unitario de la suma total de los RPN se estableció el valor de los pocos y muchos vitales en una gráfica de dispersión.

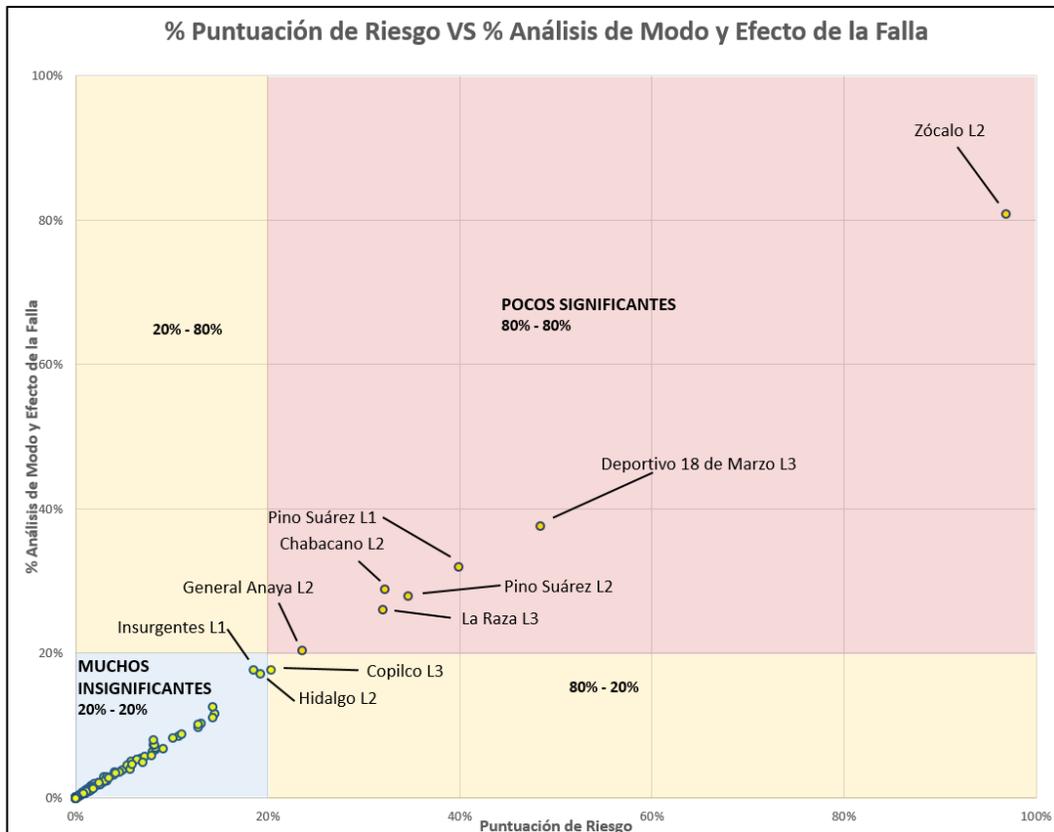


Ilustración 35. % Puntuación de Riesgo VS % Análisis de Modo y Efecto de la Falla.
 Fuente: Elaboración propia basada en A. Carbone & D. Tippet (2004).

Como se demuestra en la Ilustración 35 de las 195 estaciones que posee el STC Metro en su estructura, solo siete estaciones se encuentran dentro de la zona de los más significantes, por su relación de frecuencia, afluencia y días en los que se presentaron los sucesos. Dentro de la zona de los más significantes el 57.14% comprende a la Línea 2, el 28.57% a la Línea 3 y 14.28% a la Línea 1. Al corroborar las estaciones obtenidas de la Ilustración 35 con lo publicado por los medios de comunicación (Ortigoza, 2015)⁷⁹ y (Mejía, 2016)⁸⁰ se observa que existe la semejanza con relación a las estaciones con mayor número de incidentes como informa el Director General del STC Metro Jorge Gaviño en la campaña “Salvemos vidas” enfocada a prevenir el suicidio en el STC Metro. La estación del Zócalo fue seleccionada para llevar a cabo el análisis de la investigación ya que se posiciona en un punto sobre el plano lo más alejada del origen, ya que posee un porcentaje mayor al 80% en Puntuación de Riesgo y mayor del 60% en Análisis de Modo y Efecto de Falla.

⁷⁹ Ortigoza, J. (25 de agosto de 2015). Registra PGJDF 115 suicidios en el Metro. Diario de México. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.diariodemexico.com.mx/registra-pgjd-115-suicidios-en-el-metro/>

⁸⁰ Mejía, X. (10 de Agosto de 2016). El portal de noticias líder en México con toda la información nacional y del mundo. Excélsior TV. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de Excélsior TV: <https://www.youtube.com/watch?v=-AV5elF8S9A>

3.2 Proceso de Desarrollo de Concepto

Se analizan las necesidades de los usuarios con el propósito de identificar cuáles pueden ser intervenidas y que por consecuencia logren planificar las características precisas del nuevo concepto en cuestión al diseño y lógica con la cual ésta trabajará. El nuevo concepto contempla al entorno donde se desea introducir, por lo que se explica detalladamente toda la información de los componentes eléctricos y electrónicos de los cuales lo conforman internamente, para realizar la recepción, proceso y entrega de la información al usuario, el cual por alguna causa a rebasado la línea amarilla de seguridad y por consecuencia se encuentra en una zona de peligro.

3.2.1 Desglose analítico

En este trabajo de investigación se pretende generar una solución que permita el reforzar la línea de seguridad amarilla. Al realizar este tipo de propuesta se busca reducir el número de incidentes a causa de usuarios poco precavidos por no llevar acabo la debida cautela que corresponde la línea de seguridad. Lamentablemente los acontecimientos de personas lesionadas son por causas; premeditada, no premeditada, desconocida o imprudencia del usuario. En la mayor parte de los incidentes existe la probabilidad de la muerte del usuario, ya que una gran cantidad de personas al momento de caer a las vía, corren el riesgo de que el convoy logre pasarles por encima, generando un percance que perjudica en distintos aspectos a cientos de personas que presencian en tiempo real el suceso traumatizante. Al realizar la investigación se buscó beneficiar el servicio de transporte colectivo y que a su vez también brinde nueva información de orientación al usuario para el desplazamiento en el andén, con el fin de mejorar su conducta dentro de la estación y no poner en riesgo su vida personal.

Una vez presentado la situación del STC Metro con respecto a los usuarios que se han visto involucrados en incidentes por su caída desde el andén a las vías del convoy, surge la expectativa de crear una nueva imagen al usuario nacional y extranjero sobre el servicio que brinda el transporte con el fin de generar una mentalidad positiva y de confianza al momento de acudir al STC Metro y que garantice un servicio de calidad y eficiencia al cliente. Con esto indirectamente se busca el brindar un servicio fluido para no comprometer los tiempos requeridos por los usuarios en las distintas estaciones y que a su vez no afecte el flujo continuo de convoyes dentro de la línea, lo cual es un factor principal cuando existe una gran acumulación de usuarios en distintas estaciones y que a su vez este tipo de escenarios son un desencadenante de estrés, nerviosismo he incertidumbre en los propios y que los obliga a la búsqueda de recurrir a otro tipo de transporte, que les permita el desplazarse por las arterias de la Ciudad de México y que por verse de igual forma saturado es causantes de origen de caos vial lo que genera altos índices de IMECAS por el uso de vehículos carburantes. Por último se busca eliminar los casos traumáticos psicológicamente para los usuarios, conductores y familiares de los afectados por el impacto que genera este tipo de percances lo cual requiere posteriormente de tratamientos psicológicos para los usuarios, conductores y familiares de los afectados por el impacto que genera este tipo de percances, que requiere posteriormente de tratamiento psicológico para los mismos así como los costos debidos a servidores públicos y peritos para la remoción del cuerpo, como la afectación indirecta de usuarios afectados al momento del percance en estaciones continuas a la estación que se suscitó el incidente.

En la Identificación de necesidades de los usuarios del STC Metro como describe (Munari, 2004), es recomendable la descomposición del problema en sus elementos que lo constituyen para descubrir numerosos subproblemas en el mismo. Como los problemas han evolucionado y se han convertido mucho más complejos en la actualidad, es necesario considerar toda la

información posible de adquirir de cada subproblema con el propósito de desarrollar una solución general, ya que la solución de cada uno de los subproblemas, la suma de cada uno de estos brinde una solución complementaria al problema principal. Sin embargo cada subproblema posee una solución óptima que no obstante puede estar en contradicción con las demás, por lo que es necesario el sistematizar cada una de las soluciones, aunque esta labor es una de las partes más ardua de la investigación.

Para identificar cada uno de los subproblemas, se analizaron las causas por las cuales los usuarios sufren incidentes en cada una de las estaciones, ya que estos actos son los detonantes de dichos eventos, por lo que resulta necesario visualizar lo más previamente posible el incidente. Se diseñó la Tabla 8 que muestra de forma más detallada los eventos e identificar cuáles fueron sus causas. A cada incidente se le asignó una proporción desacuero al total de eventos acontecidos, esto con el fin de jerarquizar e identificar cuáles son más primordiales por resolver, ya que esto también permite el establecer una jerarquía a las necesidades.

PROBLEMA	ACTO	SUCESO	CAUSA	%	PORCENTAJE DEL SUCESO	TOTAL PORCENTAJE	MOTIVO DE INCIDENTE	NIVEL DE SEGURIDAD REQUERIDA			
INCIDENTE	No Premeditado	Accidente	Cayó a las vías	48.12%	55.65%	55.65%	Escasa precaución del usuario con el entorno	Media			
			Golpe de cabeza	2.51%							
			Empujo a las vías	0.42%							
			Pretendió cambiar de un carro a otro	0.42%							
			Desconocido	4.18%							
	Imprudencia	Otro	Bajo a las vías	5.86%	10.88%	43.51%	Falta de estructura física que limite el acceso a las vías	Alta			
			Camina en vías	0.42%							
			Desconocido	3.35%							
			Sentado a orilla del andén tomando	1.26%							
	Premeditado	Homicidio	Empujo a las vías	0.42%	0.42%						
		Suicidio	Salto a las vías	24.69%	24.69%						
			Bajo a las vías	0.84%	7.53%						
		Intento de suicidio	Salto a las vías	5.86%							
			Empujo a las vías	0.84%							
	Desconocido	Desconocido	Desconocido	0.84%	0.84%				0.84%	Desconocido	Desconocido
TOTAL				100%							

Tabla 8. Incidentes, Causas y Motivos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Al observar cuales son las causas por las que usuarios se ven inmersos en un incidente, se percibe la mayor presencia de eventos *No Premeditados*, lo que involucra a usuarios que son participes de un accidente no premeditado derivado de no tener la debida precaución de su entorno que los rodea y de ubicar cuáles son las áreas altamente potenciales de ocurrir un percance. Al auxiliar este tipo de personas se requiere el uso de indicadores que informen de su ubicación en el andén, para que este efectúe las medidas necesarias y no exponer su integridad; Posteriormente, le siguen los eventos *Premeditados e Imprudenciales*, los cuales refieren a usuarios que por alguna circunstancia optaron el rebasar la línea de seguridad, lo que condujo a un evento fatal



o mortal sin medir las consecuencias que esta acción conlleva. Para lograr el salvaguardar a este tipo de usuarios es necesario recurrir al uso de tecnología mucho más costosas y que requiere mayor mantenimiento durante el uso de esta, además de agregar que en la actualidad no se asegura que esta brinde un cien por ciento de efectividad, ya que el usuario buscara la manera de cómo obtener el éxito en su fijación y alcanzar su objetivo principal. Este hecho lleva a utilizar tecnologías extranjeras que en la actualidad constituyen un gran costo al STC Metro y por el cual no podrían efectuarse su instalación; Por último se ubican los Desconocidos ya que estos son nombrados así por la razón de desconocer el tipo de evento y causas por las cuales se originaron. Esta clasificación en cada uno de los sucesos permitió el conocer qué tipo de nivel de seguridad debería de ser empleada para llevar a cabo una posible solución de dicho problema y del cual podría ser una oportunidad para desarrollar un nuevo concepto. Sin embargo el desarrollar un concepto que resuelva en su totalidad cada uno de los problemas, en la actualidad resulta ser muy costoso y poco sustentable. Sin embargo es necesario el reflexionar y resaltar que gran parte de los incidentes son provocados por personas que no desean tener algún incidente dentro de las estaciones del STC Metro, pero que sin embargo al no tener la debida precaución necesaria en el andén han resultado afectados, a diferencia de los que si buscaron efectuar dicho evento.

Tras analizar con mayor lujo de detalle el punto anterior y llevar esta situación al enfoque de sistemas, permitió conocer más acerca del problema de la siguiente manera. Todo sistema es un conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción o interdependencia y cualquier conjunto de partes unidas entre sí puede ser considerado un sistema. Un conjunto de partes que se atraen mutuamente, un grupo de personas en una organización, una red industrial, un circuito eléctrico, un computador o un ser vivo pueden ser visualizados como sistemas. Si este aspecto lo idealizamos con el ser humano y lo concebimos que al entrar al STC Metro, esta persona pasa a forma parte de un sistema superior. Al ser así el STC Metro puede ayudarlo y orientarlo a alcanzar su objetivo principal siempre y cuando este se acate a cumplir las normas que este especifica desde un principio para poder hacer su uso de transporte, ya que de ser lo contrario este podrá ser un ambiente hostil y del cual puede correr un riesgo de ser afectado por el mismo. Para no concurrir en lo anterior el usuario recurre al uso de sus sentidos los cuales le informan y le permiten el conocer todo acerca de su entorno.

Cada sistema para poder subsistir, requiere el recibir información de su entorno que le rodea para poder hacer frente a este. Para el caso de los seres humanos solo contamos con cinco tipo de receptores los cuales son; gusto, tacto, vista, auditivo y olfato. Estos sentidos al percibir un aspecto irregular, emiten una alarma al cerebro el cual interpreta y asigna un nivel de peligrosidad del cual la persona pueda verse afectado. El cerebro el encargado de interpretar y procesar toda la información y que al ser alertado, este efectuara cualquier acción evasiva que lo permita ponerse en guardia y a su vez en seguridad. Como se ha comentado con anterioridad, el STC Metro realiza la difusión por medios de comunicación y redes sociales, al respeto de la línea de amarilla de seguridad y permanecer en la parte posterior a las vías del STC Metro, para no correr ningún tipo de riesgo y que bajo este concepto se interpreto como los usuarios perciben y reciben la información de su entorno en el STC Metro, solo de uno de sus receptores el cual solo involucra el visual como se muestra en la Ilustración 36.

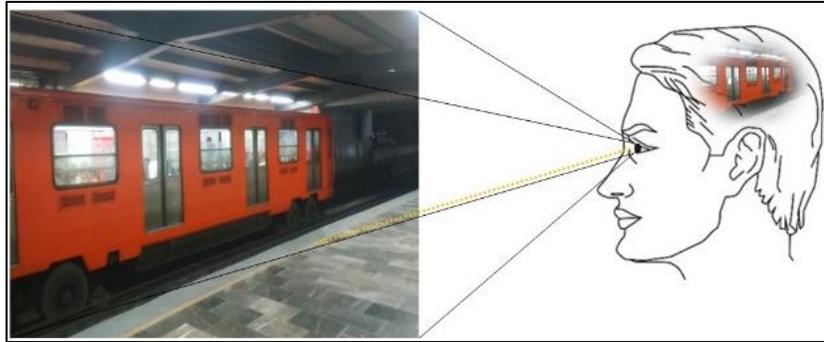


Ilustración 36. Receptor visual de usuario con respecto a la línea de seguridad.
Fuente: Elaboración propia (2016).

El uso de su receptor visual ubica al usuario en el andén y le permite suponer una distancia correcta con respecto a la línea para su seguridad. Sin embargo, es común el visualizar a usuarios caminando por el andén y utilizando sus Smartphone lo cual los ubica a ser altos potenciales de desencadenar un incidente, ya que estudios realizados señalan que la gente que habla por el celular mientras camina, reduce su campo umbral de visión por el motivo de estar concentrados en la llamada que se encuentran realizando. No obstante, agrandando el potencial de riesgo, si el usuario camina por el andén mientras realiza la escritura de un mensaje de texto, esta acción le permite un campo de visión de su entorno del 1%, ya que toda su atención y enfoque visual lo ocupa en las actividades que realiza en el celular (National Geographic, 2014)⁸¹. Por otro lado, las personas que poseen una discapacidad visual recurren al uso de información táctil como se muestra en la Ilustración 37 y la auditiva la cual emite el convoy al arribar a la estación, aunque este último logra ser muy inexacto, por lo que no lo orienta acerca de su ubicación en el andén. Cabe mencionar que no todas las estaciones cuentan con señalización y orientación al invidente como es visible en la Ilustración 38.



Ilustración 37. Señalización de ayuda a los invidentes.
Fuente: Elaboración propia (2016).

⁸¹ National Geographic. (2014, december 10). National Geographic. Retrieved junio 11, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=tm2lfv3_ELc



Ilustración 38. Estación la Raza.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Una de las soluciones elegidas por otros países es la instalación de puertas de andén (Platform screen doors) situadas en el borde del mismo, ya que protege de forma física el caer a la vía del Metro. Las puertas son sincronizadas con las puertas del Metro para su apertura y cierre. Son utilizadas principalmente en estaciones de metro, ya que presentan una gran dificultad técnica al instalarse en otro tipo de ferrocarril. Se trata de una medida de seguridad relativamente nueva y novedosa para algunos países y es realizada su instalación en líneas de nueva construcción como la adaptación de líneas ya construidas. Se utilizan en Metros asiáticos y europeos como son los Metros de Tokio, Kioto, Seúl, Hong Kong, Londres, Pekín, Shanghai, Singapur, Copenhague, París, San Petersburgo o Sevilla (El Mundo.es Multimedia, 2009)⁸². La primera estación en el mundo en incorporar este tipo de mecanismos de seguridad a su Metro con puertas de andén fue el Parque Pobedy en Rusia, el cual inicio operaciones en 1961 en el Metro de San Petersburgo. Existen dos tipos de diseño las cuales son las puertas de andén son de altura completa y de media altura. Las puertas de altura completa son barreras que cubren completamente el andén y estas abarcan desde el piso al techo, mientras que las puertas de borde son de media altura y solo logran cubrir medio espacio ya que no logran alcanzar el techo de la estación.

Las puertas completas contribuyen a la prevención de la caída accidental del andén a las vías, intentos de suicidio y los homicidios por empujar. Otro uso que se le da es para la reducción del viento que considera que en algunos casos podría hacer que la gente se caiga; reducción de riesgo por trenes de servicio que pasan por la estación a altas velocidades; Mejorar el control del clima dentro de la estación (calefacción, ventilación y aire acondicionado son más eficaces cuando la estación está físicamente aislado del túnel); Mejorar la seguridad ya que el acceso a las pistas y túneles está restringido; Prevenir la basura se acumule en la pista, ya que puede ser un riesgo de incendio. Mejorar la calidad del sonido de los anuncios del andén, como reducir el ruido de fondo de los túneles que es producido por los trenes que entran o salen.

Antecedentes: el suicidio en trenes es un problema de gravedad mortal y la mayoría de las tentativas a llevar a cabo este tipo de eventos son por parte de hombres solteros jóvenes psicóticos, que bajo el cuidado psiquiátrico, tienen un alto nivel de intención letal. La instalación de puertas de andén (PSD) como se muestra en la Ilustración 39 es con el propósito de limitar el acceso a las vías, se ha sugerido como una forma efectiva para la prevención del suicidio (C.K., et al., 2008)⁸³. Ante este hecho el Metro de Singapur en 1987 incorporo a su Metro el uso mamparas de seguridad compuestas de cristal. La idea surgió por la

⁸² El Mundo. es Multimedia. (13 de septiembre de 2009). *¿Mamparas transparentes?* Madrid, España. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/09/13/videos/125287718.html>

⁸³ C.K., L., Paul, S. Y., Wincy, S. C., King-Wa, F., Paul, W. W., & Y.W., L. (2008, September 13). *Evaluating the effectiveness of barrier installation for preventing railway suicides in Hong Kong.* ELSEVIER, 254-262. Retrieved agosto 14, 2016

necesidad de prevenir los accidentes a causa de caídas de usuarios a las vía del Metro de forma involuntaria. Sin embargo, también fue construida para la prevención suicidios.



Ilustración 39. Mamparas de seguridad de cristal en el STC Metro de Singapur.
Fuente: Volver Asia (2008).

Además de la instalación de mamparas de seguridad en cada una de sus estaciones, una característica agregada por los administrativos del Metro en Singapur, fue el diseño de señalizaciones ubicadas en el suelo como se muestra en la Ilustración 40 esto con el propósito de orientar a los usuarios para el uso de los espacios libres y así permitir el libre ascenso y descenso del Metro, con el fin de evitar el choque entre los mismos y así beneficiarse por el libre caminar de cada una de las personas, como de igual manera reducir los contratiempos que estos eventos producían al Metro.

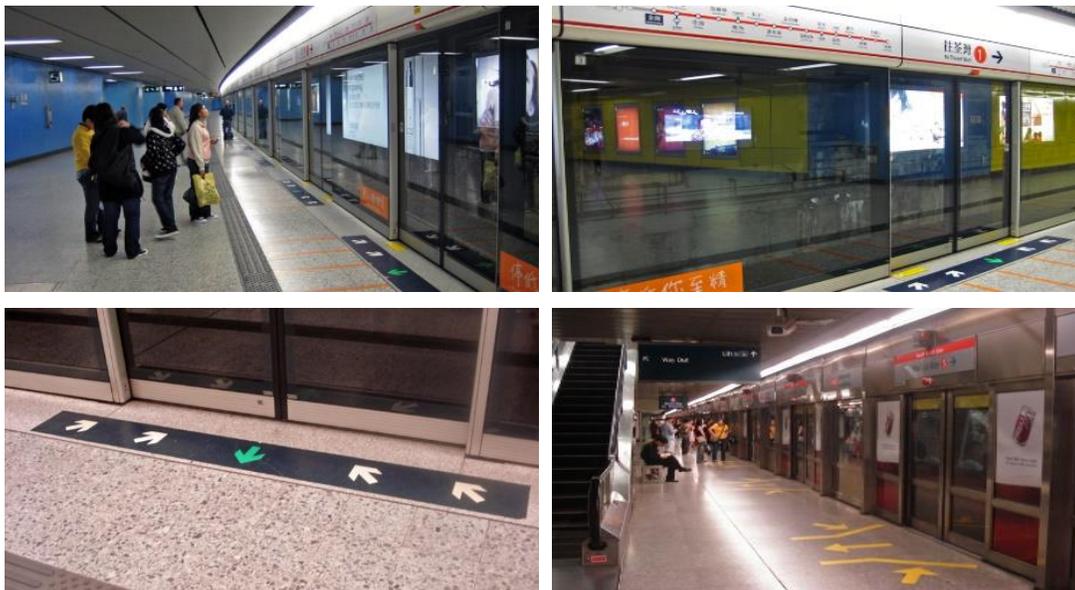


Ilustración 40. Señalización en el piso.
Fuente: Volver Asia (2008).

Este tipo de señalización fue empleada también por el Skytrain (Metro elevado) de Bangkok como muestra la Ilustración 41 con el propósito de orientar a los usuarios en ubicarse en áreas libres para el ascenso y descenso de los mismos, y así no comprometer el flujo de los usuarios, esto mientras realizan el proceso de espera del arribo del convoy a la estación. Cabe mencionar que en otros Metros del mundo por la falta de estas señalizaciones los usuarios desconocen las posibles áreas de

acceso al convoy que arribe a la estación, lo cual genera incertidumbre entre los mismos por lo que se ubican en cualquier zona cercana a las vías, dando origen al caos y aglomeraciones en cada una de las estaciones.



Ilustración 41. Señalización en Skytrain (STC Metro Elevado) de Bangkok en Tailandia. Fuente: Volver Asia (2008).

Las Puertas de Andén son el elemento de seguridad para transporte más innovador en España. En 2009 el Metro de Madrid también optó por la instalación de mamparas transparentes a lo largo del andén, con el objetivo de tener seguridad y evitar la caída eventual de gente u objetos extraños a las vías. El funcionamiento de estas mamparas está constituido de puertas desplegadas, las cuales son elaboradas de materiales como el aluminio y cristal el cual es mostrado en la Ilustración 42 ya que estas puertas realizan la apertura de forma sincronizada con las puertas del convoy cuando realiza su parada en la estación, como de igual manera se cierra de forma sincronizada al cierre de las puertas del convoy, para seguir su recorrido. El sistema de puertas de andén refuerza la seguridad para todos los pasajeros, ya que son la protección más eficaz para evitar su caída a las vías o disuadir a los pasajeros de cambiar de andén. Así mismo refuerza la protección para personas de movilidad reducida, principalmente a invidentes y discapacitados (Internet Archive. Wayback Machine, 2009)⁸⁴.



Ilustración 42. Mamparas transparentes del STC Metro de Madrid en España. Fuente: El Mundo.es Multimedia (2009).

La tecnología y modernización en mamparas anti suicidio es cada vez es más latente en países con mayor desarrollo socioeconómico como es el caso de Dubái, donde es considerado el lugar de la prosperidad económica a la industria petrolera. El Metro de Dubái es uno de los más modernos, seguro y sofisticados del mundo. Su principal característica de su medio de transporte estrella de la capital de Emiratos Árabes, es que está completamente automatizado, es decir no requiere la manipulación de maquinistas para funcionar. Las puertas lujosas de cristal como se muestra en la Ilustración 43 solo realizan la

⁸⁴ Internet Archive. Wayback Machine. (10 de abril de 2009). Internet Archive. Wayback Machine. Sistema de Puerta de Andén. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <http://web.archive.org/web/20110905040112/http://www.metrodesevilla.org/index.php?id=38>

apertura de manera sincronizada con el transporte, con el propósito de evitar que alguna persona u objeto caiga en la zona electrificada (Constanza Cortés, 2014)⁸⁵.



Ilustración 43. Dubai WorldClass Train Metro Station.
Fuente: Daintellekt (2013).

La Puerta de media altura es diseñada solo para cubrir una porción inferior del andén. Son puertas correderas en el borde de los andenes para evitar que el usuario caiga del andén de forma imprevista a las vías. Al igual que puertas de andén de altura completa, estas puertas se deslizan abriendo y cerrando simultáneamente con las puertas del Metro. Esta opción de sistema tecnológico representa un gasto menor a comparación de las puertas completas, ya que las anteriores requieren de un marco metálico. Algunos Metros suelen el preferir esta opción para la mejora de la seguridad en las plataformas como al mismo tiempo, mantener los costos bajos, sin embargo se observado que este tipo de puertas son menos eficaces ya que no logran evitar que los usuarios salten intencionalmente a las vías (Manusa, s.f.)⁸⁶. Estas puertas fueron las primeras en el uso práctico del Metro de Hong Kong, MTR en Disneyland Resort de línea para su diseño estaciones al aire libre. El diseño más tarde sufrió cambios por otro fabricante, Manusa o Gilgen Door Systems AG, el cual diseño un sistema de puertas más altas instaladas en la línea de Disneyland Resort.

La instalación de barreras físicas, tales como la plataforma puertas de pantalla (PSD), en las plataformas del Metro es considerada como una de las medidas más eficaces para prevenir el suicidio. Sin embargo, hay poca evidencia sobre la eficacia de tales barreras ya que son consideradas como una estrategia para prevenir los suicidios en las estaciones pero la evidencia de su eficacia es limitada (Chung, Kang, Matsubayashi, & Sawada, 2016)⁸⁷. Utilizando datos de suicidio y accidentes entre 2004 y 2014 proporcionados por una importante compañía de ferrocarriles en el área metropolitana de Tokio, se estudió y examinó si la instalación de PSD de media altura ha contribuido a la reducción de caídas accidentales a las vías del ferrocarril. La compañía concluyó que las puertas de andén son eficaces para reducir el número de suicidios de ferrocarril, sin embargo las barreras de media altura son menos eficaces que los de altura completa en la prevención de la entrada intencionada a las vías. Solamente la instalación de los PSD es un método muy eficaz para prevenir los accidentes por caídas involuntarias (Michiko Ueda, 2015)⁸⁸.

⁸⁵ Constanza Cortés, M. (29 de julio de 2014). Seguridad en el Metro: conoce los sistemas más modernos y también los más restrictivos del mundo. Detectores de metales en las estaciones y biombo de separación para evitar que las personas puedan caer a las vías son algunas de las medidas que algunos países han implementado en sus trenes. (A. Osorio, Ed.) Santiago, Chile. Recuperado el 18 de noviembre de 2015, de <http://www.latercera.com/noticia/nacional/2014/07/680-588897-9-seguridad-en-el-metro-conoce-los-sistemas-mas-modernos-y-tambien-los-mas.shtml>

⁸⁶ Manusa. (s.f.). Manusa Líderes en puertas automáticas. Recuperado el 25 de enero de 2016

⁸⁷ Chung, Y. W., Kang, S. J., Matsubayashi, T., & Sawada, Y. (2016, January 13). The effectiveness of platform screen doors for the prevention of subway suicides in South Korea. *Journal of Affective Disorders*, 80-83. Retrieved August 14, 2016

⁸⁸ Michiko Ueda, Y. S. (2015, March 2). The effectiveness of installing physical barriers for preventing railway suicides and accidents: Evidence from Japan. *Journal of Affective Disorders*, 1-4. Retrieved Agosto 14, 2016

Es del conocimiento público que en Tokio capital de Japón, existe una tasa de suicidio desmesuradamente alta a causa de la depresión por la situación económica u otro tipo de factores que existe entre los japoneses. Es común en aquel país el leer o escuchar que alguna persona se arroja a las vías al menos una vez al día en la parte frontal del tren, con el objetivo de quitarse la vida. Para intervenir este problema y evitar el suicidio en el transporte las autoridades de la ciudad colocaron barreras de media altura en el mayor número de las estaciones, muestra de esto es perceptible en la Ilustración 44 en las cuales se percibe una aproximación de su elevación de un metro y medio con respecto al nivel del andén (Solanas, 2008)⁸⁹.



Ilustración 44. Barreras antisuicidas en el STC Metro de Tokio, Japón.
Fuente: Solanas (2008).

Lamentablemente en Azabu Juban ubicada en Tokio, esta no fue una opción de solución ya que continuaba registrándose un número de mortandad por gente que brincaba las barras con el propósito de morir por el arroyamiento del convoy, lo que orillo al Metro por optar en realizar un cambio al antiguo modelo de sistema de barrera anti suicidio. Debido a la escasa altura que estos poseían se rediseño con la gran diferenciación de que estas cubrieran en su totalidad, abarcando desde el suelo del andén hasta el techo del mismo como se visualiza en la Ilustración 45 ya que cierran el acceso en su totalidad al usuario hasta el instante en que el tren se ubicara en la estación y este efectuará la apertura y cierre de puertas al mismo tiempo que el convoy lo realizaba (Cal en Japón, 2010)⁹⁰.



Ilustración 45. Barrera anti suicidios modificada del antiguo diseño de Azabu Juban ubicada en Tokio.
Fuente: Cal en Japón (2010).

El Metro de Paris es uno de los más antiguos del mundo y actualmente es el más extenso de Europa. Fue inaugurado en 1900 y transporta cerca de 1.500 millones de personas al año. Es un medio de transporte que al igual que el resto del mundo,

⁸⁹ Solanas, D. (29 de septiembre de 2008). Barreras antisuicidas en el metro de Tokio. Tokio, Azabu Juban, Japón. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://www.nopuedocreer.com/noticias/2663/barreras-antisuicidas-en-el-metro-de-tokio/>

⁹⁰ Cal en Japón. (16 de diciembre de 2010). Barreras antisuicidio. Japón. Recuperado el 16 de noviembre de 2015, de <http://calinjapan.blogspot.mx/2010/12/barreras-antisuicidio.html>

posee problemas de suicidios en su STC Metro. Para resolver este problema el Metro desarrollo un proyecto, denominado “Puerta de Andén” el cual buscaba aumentar la capacidad del servicio, pero sobre todo incrementar la seguridad del Metro (S., Miguel; Es por Madrid, 2010)⁹¹. La instalación de esta barrera obtuvo un costo aproximado de 1,2 millones de euros y el proyecto consistió en la instalación de mamparas transparentes que se colocaron de forma paralela al borde de las vía del tren y que permiten ver perfectamente la llegada del convoy a la estación. El sistema novedoso y tecnológico mostrado en la Ilustración 46 permitió sincronizar la puerta del convoy con las correderas de forma milimétrica con las puertas del andén. La puerta de andén otorgó al usuario entrar y salir sin ninguna dificultad y con mayor seguridad ya que le impidió a los suicidas tirarse a la vía, como también lanzar objetos extraños a las vías, evitando incidentes. Se comenzó instalando prototipos de estas puertas en las estaciones de San Nicasio, Hospital Severo Ochoa, Casa del Reloj y la central de Leganés, todas estas en el Sur del Metro. La instalación de estas puertas fueron punto clave para la mejora en seguridad y permitir alcanzar una mayor velocidad comercial, permitiendo la entrada y salida en un tiempo inferior al que se tenía registrado previo a su instalación, lo que permitió aumentar el número de trenes en el flujo de la línea. Los directivos del Metro estudiaron este tipo de puertas que ya funcionaban en Londres, Chicago, Lille, Copenhague, Turín y Hong Kong he igualmente se calculó que para el año 2020 el 80% de todos los Metros del mundo tendrán instaladas este tipo de sistemas de seguridad en toda o en parte de sus redes de transporte. Tras la instalación de estas puertas, los intentos de suicidio se redujeron de 195 a 71 personas desde 2008 a 2011 (Publmetro TV, 2015)⁹².



Ilustración 46. Moderno sistema en prevención de suicidios en el ferrocarril subterráneo de París.
Fuente: Publmetro (2015).

Al analizar toda la información existente en puertas de automatización, lamentablemente su principal desventaja es su costo; la instalación de un sistema normalmente cuesta varios millones de dólares por una sola estación. Este costo logra ser mayor cuando se utiliza para modernizar los Metros más antiguos, ya que al desarrollo del sistema de seguridad limita el uso de diferentes tipos de material que se puede utilizar en una línea. También de gran consideración es el diseño de la distancia de las puertas de los trenes, ya que deben tener exactamente la misma separación que las puertas del andén; esto se traduce en costos adicionales muy elevados debido a las actualizaciones que estos requieran.

Por otra parte, los accidentes son un factor que persiste en este tipo de sistemas tecnológicos ya que la instalación de las puertas desplegadas también plantea nuevos riesgos de seguridad. El riesgo principal es que las personas pueden quedar atrapados entre las puertas del andén y en el vagón de tren para posteriormente ser aplastados cuando el tren comience a moverse.

⁹¹ S., Miguel; Es por Madrid. (25 de enero de 2010). Puertas dobles de seguridad en el Metro. Madrid, España. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://www.esporMadrid.es/2010/01/puertas-dobles-de-seguridad-en-el-metro.html>

⁹² Publmetro TV. (9 de junio de 2015). Mira cómo funcionan las "barreras antisuicidio" en el Metro de París. París, Francia. Recuperado el 18 de noviembre de 2015, de <http://www.publmetrotv.co/publmetrotv/chile/mira-como-funcionan-las-barreras-antisuicidio-en-el-metro-de-paris/2015-06-09/130005.html>

La probabilidad de que esto ocurra es raro y puede depender del diseño de la puerta, como fue descrito de dos casos en Shanghái y Beijing; El 15 de julio de 2007 en Shanghái, las puertas de andén de última generación llevaron a un accidente fatal, donde un hombre trató de abrirse paso en un tren lleno de gente en la estación pero en su intento fracasó. Cuando las puertas se cerraron, este se intercalo entre los dos conjuntos de puertas cerradas. No pudo retroceder a la plataforma debido a las puertas cerradas detrás de él, lo que lo llevo a su muerte (The Associate Press, 2007)⁹³; El 6 de noviembre de 2014, una pasajera de Pan Xiaomei de 33 años de edad, murió cuando intentó abordar el tren en la estación de Nankou Huixin Xijie en Beijing STC Metro Línea 5. Ella trataba de subir a un tren en medio de un tumulto de pasajeros y en un imprevisto se encontró atrapada entre el tren y las puertas de andén que había cerrado detrás de ella. El tren se alejó de la estación provocando su aplastamiento que resultó su muerte varios segundos después. Esta muerte fue vinculada a tres más causada por las puertas de plataforma del STC Metro en China en los años anteriores a la misma (Gan, 2014)⁹⁴, (Lin, 2014)⁹⁵.

El uso de barandales de media altura es otras alternativas que podrían ser consideradas como una oportunidad para la seguridad y que han sido adoptadas en otros países como lo es el caso de Sao Paulo, Brasil. A diferencia de otros Metros en el mundo, Sao Paulo busco la reducción de accidentes por la movilidad y ubicación de los usuarios en el andén, ya que los espacios de andén de este país suelen ser de grandes dimensiones. No obstante, a las horas pico es demasiada la cantidad gente que arriba al Metro para su uso, por lo que administradores del mismo intervinieron colocando barandales como se muestra en la Ilustración 47 en algunas de sus estaciones que sirvieran como guías a las personas y así evitar el caos como también el desorden para abordaran ordenadamente al Metro (El Nahual, 2011)⁹⁶. Esta alternativa permitió reducir los lugares de acceso y definir las áreas para la ubicación de usuarios que realicen el tiempo de espera y liberar las áreas para que usuarios que arriban a la estación por medio del convoy desciendan de manera eficiente y se evite el bloqueo entre los mimos.



Ilustración 47. STC Metro de Sao Paulo, Brasil. Barandales para abordar y descender.
Fuente: El Nahual (2011).

⁹³ The Associate Press. (2007, July 16). Internet Archive Wayback Machine. Retrieved January 25, 2016, from <http://web.archive.org/web/20070818102821/http://www.iht.com/articles/ap/2007/07/16/asia/AS-GEN-China-Subway-Accident.php>

⁹⁴ Gan, N. (2014, November 07). South China Morning Post. Retrieved January 25, 2016, from South China Morning Post: <http://www.scmp.com/news/china/article/1634392/beijing-subway-passengers-try-raise-alarm-accident-victim-was-dragged>

⁹⁵ Lin, R. (2014, November 07). sino-us.com. Retrieved January 25, 2016, from <http://www.sino-us.com/43/Passenger-crushed-to-death-while-trying-to-board-subway-train-in-Beijing.html>

⁹⁶ El Nahual. (14 de marzo de 2011). El Nahual. México para los mexicanos. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <http://mexicoparalosmexicanos.blogspot.mx/2011/03/metro-de-sao-paulo-brasil-barandales.html>

Por último existe una nueva propuesta para la reducción del suicidio en la cual consta en el cambio de la iluminación en la estaciones por un tono azulado (Masao, Haruhiko., & Minae, 2013)⁹⁷, como se muestra en la Ilustración 48. Este tipo de estudio se centra en estaciones ferroviarias japonesas en las que se instaló iluminación de diodos de color azul como lámparas a lo largo del andén. Al realizar el cambio se comparó el número de suicidios antes y después de la instalación de las luces azules en 14 estaciones y 5 en las cuales no se efectuó ningún cambio, esto dentro de la misma línea de transporte, con el fin de establecer un grupo de control. Los resultados obtenidos mostraron una reducción de suicidios en un 74% en las estaciones donde se instalaron las luces azules, mientras que en las otras estaciones no mostro ningún cambio (Matsubayashi, Sawada, & Ueda, 2014)⁹⁸.



Ilustración 48. Luces azules para evitar suicidios instaladas en la estación Gumyoji al este de Tokyo. Fuente: Awford, J.⁹⁹ (2014).

Otro de los países por la opción de la instalación de luces azules es el Reino Unido en plataformas de Gatwick, tras tener el peor año de suicidios en las líneas ferroviarias del sur de Inglaterra. El trabajador de la red Terry Denyer describe el ser perceptible el impacto que genera la tragedia humana de las muertes en el ferrocarril, los suicidios causan grandes trastornos, retrasos y costos, que los operadores de las estaciones están desesperados por evitar y aun que el personal está capacitado para tratar de detectar las señales y ayudar a la gente, lamentablemente es difícil predecir cuándo o dónde ocurrirán tales incidentes (Lux review, 2015)¹⁰⁰. La organización planea instalar las luces en cuatro estaciones por lo que está buscando formas de medir los efectos de las luces. Pero con tantos factores diferentes que influyen en cómo se comportan las personas, como se muestra en la Ilustración 49 y que es muy difícil determinar cuánta diferencia las luces realmente han hecho.

⁹⁷ Masao, I., H. I., & Minae, K. (2013, September 14). Reconsidering the effects of blue-light installation for prevention of railway suicides. *Journal of Affective Disorders*, 1983-185. Retrieved August 14, 2016

⁹⁸ Matsubayashi, T., Sawada, Y., & Ueda, M. (2014, August 7). Does the installation of blue Lights on train platforms shift suicide to another station?: Evidence from Japan. *Journal of Affective Disorders*, 57-60. Retrieved August 14, 2016

⁹⁹ Awford, J. (2014, October 19). Soothing blue platform lights will be trialled in railway stations to tackle the rise in suicides on the tracks. Londres, Inglaterra. Retrieved April 12, 2016, from <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2799053/soothing-blue-platform-lights-trialled-railway-stations-tackle-rise-suicides-tracks.html>

¹⁰⁰ Lux review. (15 de June de 2015). Blue lights coming to more UK stations in bid to deter suicides. London, United Kingdom. Recuperado el 23 de April de 2016, de <http://luxreview.com/article/2015/06/blue-lights-minimise>



Ilustración 49. Luces azules instaladas en Gatwick.
Fuente: Lux review (2015).

3.2.2 Definición del nuevo concepto

La Tabla 9 es utilizada con el propósito de limitar la investigación, ya que es necesario enfocarse a las necesidades del STC Metro como también de los usuarios que recurren a este, lo cual permite contemplar todos los puntos necesarios a considerar para obtener una propuesta de concepto con el mejor éxito posible, que esté basada en una invención revolucionaria y que a su vez no menos trascendental para complementar a la línea de seguridad que hoy en día no es respetada o considerada por las personas en cada uno de los andenes de todas las estaciones del STC Metro.

Declaración de la misión	EL USO DE MAMPARAS Y SENSORES DE PRESENCIA COMO COMPLEMENTOS FÍSICOS, AUDITIVOS Y VISUALES A LA LÍNEA DE SEGURIDAD AMARILLA DEL STC METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE INCIDENTES OCASIONADOS POR USUARIOS
Descripción del producto	<i>Utilización de mamparas seccionadas y desplegadas a lo largo del andén que limite de manera física el acceso a las vías. Utilización de sensores de presencia que alerten a los usuarios por rebasar la línea de seguridad amarilla, mediante el uso de dispositivos eléctricos y electrónicos visuales y auditivos.</i>
Propuesta de valor	<i>Elimina áreas que no representan ningún uso al momento de ascender y descender del convoy como también reduce la probabilidad de ocurrencia de incidentes no premeditados que son ocasionados por usuarios por no tener la debida precaución y prudencia al caminar por el andén, por lo cual suelen caer a las vías de la estación del STC Metro.</i>
Objetivos clave	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr un ambiente más seguro en la estación • Ubicar a usuarios en lugares seguros para la espera del arribo del convoy • Reducir los índices de incidentes dentro del STC Metro.
Mercado primario	<ul style="list-style-type: none"> • STC Metro de la Ciudad de México
Suposiciones	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma tecnológicas de seguridad • Eléctrico • Metálico
Involucrados	<ul style="list-style-type: none"> • Operativos de servicio • Usuarios • Distribuidores

Tabla 9. Declaración de la misión.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Como indica Munari en uno de sus procesos del Método Proyectual, la recopilación de información posibilita el identificar indicadores que permiten el generar nueva información de lo que constituye cada uno de los problemas, para posteriormente ser analizados para establecer sus posibles soluciones de manera individual. Con la solución que se han realizado en otros países, permite realizar el análisis individual y así conocer si la solución podría ser aplicado al problema presentado en el STC Metro y de ser así conocer si este puede abarcar otros problemas. Para llevar a cabo este proceso es necesario el recurrir a la Tabla 10 agrupándolos de acuerdo al suceso presentado en la Tabla 8 ya que de estos derivaron en la ocurrencia del evento y del cual se busca eliminar los que afectan con mayor frecuencia al STC Metro.

N				Solución											
				1	2	3	4	5	6	7					
	Causas	% de importancia	% Total	Señalización en piso	Alarma visual	Alarma auditiva	Mamparas	Barandales metálicos	Barrera Antisuicidio media altura	Barrera Antisuicidio altura completa	Puntuación de solución de la causa	Suma de puntuación	Valor porcentual de solución a la causa		
Causas	1	cayó	40.17%		1	1	1	1	1	1	6	68	57.14%		
	2	cayó (aliento alcohólico)	0.84%				1	1	1	1	4				
	3	cayó (celular)	0.84%		1	1	1	1	1	1	6				
	4	cayó (convulsiona)	0.42%				1	1	1	1	4				
	5	cayó (desmayo)	1.26%				1	1	1	1	4				
	6	cayó (desvaneció)	0.42%				1	1	1	1	4				
	7	cayó (entre vagones borracho)	0.84%				1	1	1	1	4				
	8	cayó (entre vagones inhalaba toxicos)	0.42%				1	1	1	1	4				
	9	cayó (entre vagones)	0.42%	55.65%	1	1	1	1	1	1	7				
	10	cayó (esquizofrenia)	0.42%								1				
	11	cayó (invidente)	1.26%			1	1	1	1	1	5				
	12	cayó (sordomudo)	0.42%		1	1		1	1	1	6				
	13	cayó por mareo	0.42%				1	1	1	1	4				
	14	empujo (policia)	0.42%				1	1	1	1	4				
	15	golpe de cabeza	2.51%			1	1	1			4				
	16	pretendió cambiar de un carro a otro	0.42%							1	1				
	17	desconocido	4.18%								0				
	18	bajó a vías	2.93%	43.51%							1	1	13	12.38%	
	19	bajó a vías (5 niños caminando en vías)	2.09%									1			1
	20	bajó a vías (camina en vías)	0.42%									1			1
	21	bajó a vías (escapa del esposo de la amante)	0.42%									1			1
	22	bajó a vías (recoger celular)	0.42%									1			1
	23	bajó a vías (Vagonero escapa vías)	0.42%									1			1
	24	Camina en vías	0.42%									1			1
	25	empujo	0.42%									1			1
	26	empujo (dos mujeres cayeron)	0.84%									1			1
	27	salto	29.29%									1			1
	28	salto (bebe sobrevive)	0.42%									1			1
	29	salto (madre e hija)	0.84%									1			1
	30	sentado a orilla del andén	1.26%									1			1
	31	desconocido	3.35%												0
	32	desconocido	0.84%		0.84%							1			1
TOTAL				100%	0.0625	0.1563	0.1563	0.4375	0.4063	0.4063	0.9375	82	82	83.81%	
					6.25%	15.63%	15.63%	43.75%	40.63%	40.63%	93.75%				
					Puntuación de Solución										

Tabla 10. Causas y soluciones.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Como se muestra en la Tabla 10, existe mayor frecuencia de causas en incidentes por usuarios que de forma imprevista suelen caer a las vías del STC Metro, al contrario de aquellos usuarios que saltan para llevar a cabo el incidente previsto con anterioridad. De igual forma es perceptible que representa un mayor porcentaje los incidentes que por causas no premeditadas suelen presentarse dentro del STC Metro y son agrupados en la sección amarilla con un 55.65%, al contrario de los que involucra a actos premeditados y agrupados en la sección roja con un 43.51%. Esto permite identificar la oportunidad de intervenir con una propuesta que pueda auxiliar a un porcentaje mayor del 50% de incidentes, ya que en estos casos las personas no buscaron ser inmersas en un incidente y por causa de varios distractores, se han visto envueltos en ello. Información que surge como parte de realizar este análisis es el observar como cada una de las soluciones optadas por otros países, han logrado reducir ciertas causas. Tal es el caso de las Barreras Anti suicidio de altura completa, ya que estas son las únicas de casi lograr el eliminar el cien por ciento de las causas y orienta a ser la mejor opción a elegir para la solución del problema, a excepción de aquellos sucesos desconocidos de los que no se posee ningún tipo información alguna, sin embargo es también de considerarse que esta solución representa un gran costo para su implementación al STC Metro como de igual forma su mantenimiento posterior. A continuación le siguen el uso de mamparas, ya que de igual forma que las barreras Anti suicidio, delimitan el acceso a las vías en secciones que no representan ningún funcionamiento para el proceso de ascender y descender del convoy, además que

permiten el orientar a los usuarios en zonas específicas para el arribo del convoy. Consecutivamente a estas le siguen las barreras anti suicidio de media altura y barandales metálicos aunque su nivel de eficiencia es cercano al 40%, ya que estas por altura media no auxilian a personas que aun que no rebasen la línea amarilla con sus cuerpos, permite que estos se lesionen solo por el simple hecho de asomarse a través del túnel para saber si el convoy esta próximo al arribo a la estación correspondiente. Por otra parte una de las usas de las cuales pueden ser eliminadas por el uso de cualquier tipo de soluciones es la caída entre vagones, ya que por un descuido involuntario o falta de la percepción de su alrededor causada por una afectación visual, existen casos no documentados de usuarios que han caído entre los espacios de los vagones. Posterior a este le siguen tres causas comunes como es el caer de sordomudos, caer por el uso del celular y el simple hecho de caer a las vías, la cual esta última representa un 40.17% de los datos obtenidos en la muestra y la única más alta, por lo que al buscar cómo solucionar estas causas existe la posibilidad de una notoria reducción en los incidentes no premeditados. La puntuación más alta obtenida por la solución de cada una de las causas es obtenida a las causas No Premeditadas con un porcentaje de 57.14% mayor que los eventos premeditados que representan un 12.38%, por lo que esto indica una nueva ruta de oportunidad para la introducción de un nuevo concepto no visto en otros países.

Al observar que el uso de mamparas es la segunda solución que representa un mayor porcentaje ante los incidentes, es necesario el conocer que involucra esto ya que son estructuras que dependiendo del tipo de material con el que sean realizadas, serian estáticas e inamovibles a lo largo del tiempo, ya que estas poseen la misma función que las barreras anti suicidio y solo seccionan el andén en espacios libres para el ascenso y descenso del convoy. Es bien conocido que cada una de las estaciones posee una aproximada distancia de 150 metros como se muestra en la Tabla 52 ubicada en el Anexo B, ya que es una distancia aproximada de los convoyes dentro del STC Metro, por lo que estas mamparas serian desplegadas a lo largo de la estación dejando espacios en la ubicación de las puertas donde realice la para el convoy, como se muestra en la Ilustración 50.

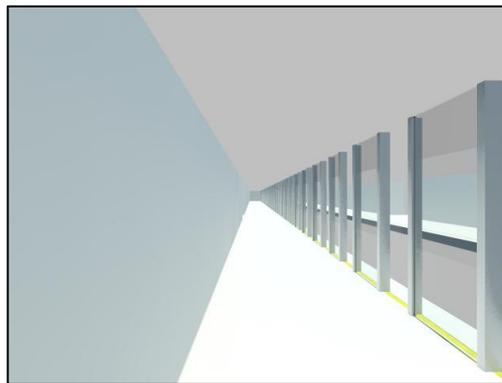


Ilustración 50. Simulación de mamparas en andén del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La utilización de mamparas también podría ser considerada como la utilización del Poka-yoke técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de cualquier sistema que para el caso del STC Metro sería utilizada dentro de los procesos del servicio de transporte para el ascenso y descenso del convoy encausado a los usuarios, ya que reduce las áreas no importantes y no representan ningún uso como también el liberar a las que son importantes. A pesar de ser la segunda solución dentro de la Tabla 10 como la mejor, presenta sus limitantes como es el dejar libres los espacios para el acceso a las vías ya que estas no representan una limitante física. Sin embargo, como se ha visto con anterioridad los usuarios al acudir al

STC Metro y ubicarse en el andén, solo utilizan uno de sus cinco receptores como es el visual. Al volver a revisar las soluciones empleadas en otros países, se observa la utilización de alarmas visuales y auditivas, los cuales pueden ser utilizados para la solución del problema. Como indica Munari (2004) pueden existir soluciones que eliminen solo ciertos problemas en específico, sin embargo es necesario el identificar si cada una de las soluciones, pueden entrar en conflicto con alguna otra y de no ser así, estas podrán complementar una solución complementaria y elimine una mayor parte de los problemas. Al considerar esto tres elementos como posibles soluciones a las causas de los incidentes, se podría considerar que esta adquiere una puntuación mayor al ser complementaria una con otra, por lo que se podría hablar de una puntuación del 75.01%, por lo que con mayor confianza esta podría ser considerada. Estos tipos de alarmas pueden ser ubicadas en cada uno de los espacios de los paneles con el propósito de advertir a cada uno de los usuarios su potencial riesgo que este posee por rebasar la línea de seguridad. Para que este tipo de alarmas funcionen de acuerdo a la necesidad del STC Metro, es necesario identificar al dispositivo como un sistema al cual se le ingresa información, la procesa y entrega un resultado el cual para este caso sería la alarma visual y auditiva como muestra la Ilustración 51.



Ilustración 51. Caja negra general.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Como se observó en la ilustración, es necesario que el concepto reciba información de su entorno para que la interprete y procese de tal forma que el usuario se vea beneficiado. Para llevar a cabo el diseño del concepto es necesario considerar las necesidades de los usuarios, ya que estas permiten en terminologías técnicas que tipo de componentes deben de ser considerados para el diseño del nuevo concepto. Este proceso es posible realizarlo al recurrir a una de las herramientas de Ulrich la cual permite identificar las necesidades de los usuarios, mediante la utilización del a Tabla 11 ya que permite jerarquizar los valores en cada una de las necesidades para la selección del mejor concepto que lograra cubrirla.

Importancia	Nivel
Prioritario	5
Muy	4
Medio	3
Poco	2
Insignificante	1

Tabla 11. Nivel de Importancia.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Se comenzó analizando las necesidades del cliente con respecto al sensor, para dar prioridad a las necesidades que representan un valor cuantitativo de mayor importancia y así ser divisados, como se muestra en la Tabla 12 y de la misma forma se realizó el mismo análisis para el uso de mamparas en el andén y es mostrado en la Tabla 13.

Número de Necesidad	Dispositivo técnico	Necesidad	Importancia
1	Sensor de presencia	Informa por rebasar la línea de seguridad	5
2	Sensor de presencia	Informa a invidentes mediante el sonido	5
3	Sensor de presencia	Pone en alerta mediante la alarma de luz	5
4	Sensor de presencia	Fácil reposición de piezas	4
5	Sensor de presencia	Tecnología de fácil acceso	4
6	Sensor de presencia	Utilización sin pilas	3
7	Sensor de presencia	Maniobrable con herramientas convencionales	3
8	Sensor de presencia	Permite generar espacios libres	3
9	Sensor de presencia	Consumo bajo de energía	3
10	Sensor de presencia	Poco espacio para su instalación	2

Tabla 12. Necesidades del usuario en el STC Metro 1.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Número de Necesidad	Dispositivo técnico	Necesidad	Importancia
1	Panel de seguridad	Limita de manera física el acceso a zonas no seguras	5
2	Panel de seguridad	Ubica al usuario en una zona segura	5
3	Panel de seguridad	No requiere de gran tecnología para ser generado	5
4	Panel de seguridad	Instalación con el uso de herramientas convencionales	5
5	Panel de seguridad	Elimina espacios que no representan ninguna función	4
6	Panel de seguridad	Fácil mantenimiento	4
7	Panel de seguridad	Instalación sencilla	4
8	Panel de seguridad	No entorpece al flujo de personas	3
9	Panel de seguridad	Consumo de Energía bajo	2
10	Panel de seguridad	Oportunidad para desplegar mensajes publicitarios	1

Tabla 13. Necesidades del usuario en el STC Metro 2.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

De acuerdo al Ulrich y Eppinger (2013), la lista de métricas es esencial para la especificación técnica del concepto, ya que las métricas más útiles son aquellas que reflejan, en forma directa como es posible, el grado al cual el producto satisface las necesidades del usuario. La relación existente entre necesidades y métricas es esencial para todo concepto, ya que la suposición funcional es posible tras la traducción de las necesidades del usuario a un conjunto de especificaciones precisas medibles y que por consecuencia lograra cubrir las satisfacciones del cliente al cual está destinado el nuevo concepto. La Tabla 14 fue realizada para la valoración del sensor de presencia. Por otra parte, la métrica en la Tabla 15 fue diseñada para la valoración de las mamparas.

Número de Métrica	Número de Necesidad	Métrica	Importancia	Unidades
1	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Sensor Infrarrojo	5	VDC
2	1,2,4,5,6,7,9,10	Bocina	4	VDC
3	1,3,4,5,9,10	Foco	3	VAC
4	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Emisor infrarrojo	5	VDC
5	5	Piezas electronicas comerciales	3	Subjetiva
6	6,9	Alimentación	2	VCA
7	7	Herramienta comercial	2	Subjetiva
8	1,2,8	Distancia de alcance	4	Metros
9	9	Consumo bajo de energía	3	Watts
10	10	Poco espacio para su instalación	3	Centímetros

“VDC” es una abreviatura que indica que la métrica es de Voltaje Continuo Directo y “VAC” es Voltaje de Corriente Alterna

Tabla 14. Lista de Métricas 1.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Número de Métrica	Número de Necesidad	Métrica	Importancia	Unidades
1	1,2,3,4,5,6,7,8,10	Panel físico	5	Metros
2	1,2,5,7	Zona segura	5	Metros
3	3	Piezas comerciales	3	Subjetiva
4	4,6	Herramienta comercial	3	Subjetiva
5	1,2,5,8,9	Dimensiones	5	Metros
6	4,6,7	Poco mantenimiento	4	Horas
7	6,7	Fácil instalación	4	Días
8	1,2,5,8,9	Situada en espacios no requeridos	5	Metros
9	9	No consume energía	3	Watts
10	10	Publicidad	2	Comercio

Tabla 15. Lista de Métricas 2.

Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Como técnica clave para el análisis entre Métrica y Necesidad es la matriz de Necesidad-Métrica ya que representa la relación entre cada una. Cada marca en una celda de la matriz es significado que la necesidad y la métrica son asociadas otorgando un rendimiento relativo influyendo en el grado en el que el producto satisfará las necesidades del usuario por lo que se recurre a la visualización gráfica de la Tabla 16 y la Tabla 17 ya que estas permiten el percibir como cada uno de los elementos solucionan cada una de las necesidades y que representan a su vez una mejor opción para ser consideradas para el desarrollo del nuevo concepto.

Matriz 1		Número de Métrica									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número de Necesidad	1	•	•	•	•				•		
	2	•	•	•					•		
	3	•		•	•						
	4	•	•	•	•						
	5	•	•	•	•	•					
	6	•	•	•		•					
	7	•	•	•				•			
	8	•		•					•		
	9	•	•	•	•	•				•	
	10	•	•	•	•						•

Tabla 16. Matriz de Necesidad-Métrica 1.

Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Matriz 2		Número de Métrica									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número de Necesidad	1	•	•			•			•		
	2	•	•			•			•		
	3	•		•							
	4	•			•		•				
	5	•	•			•			•		
	6	•			•		•	•			
	7	•	•				•	•			
	8	•				•			•		
	9	•				•			•	•	
	10	•									•

Tabla 17. Matriz de Necesidad-Métrica 2.

Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Como se ha observado cada uno de los nuevos conceptos no logran satisfacer todas las necesidades que para este caso de estudio es dirigido al STC Metro, por lo que surge la oportunidad de generar y diseñar un nuevo concepto que permita marcar la diferenciación con sus competidores. Para lograr llevar a cabo el nuevo concepto el diagrama conceptual permite indicar el funcionamiento que el concepto debe de cumplir para cubrir las necesidades del STC Metro y que es mostrado en la Ilustración 52.

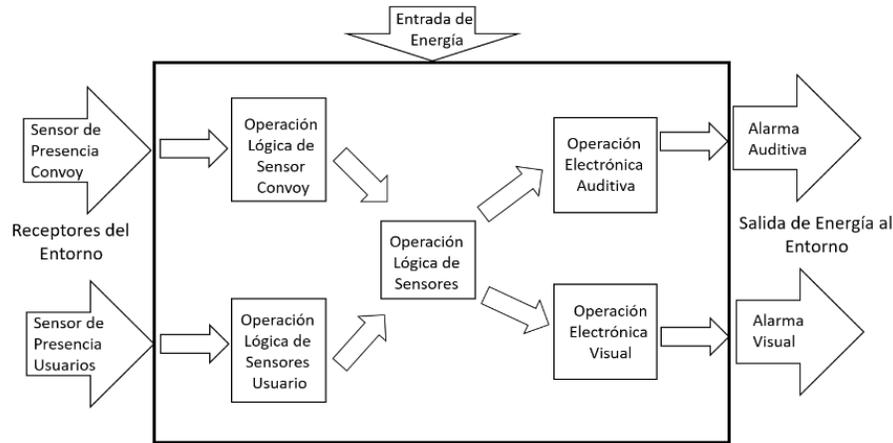


Ilustración 52. Diagrama conceptual del nuevo concepto.
Fuente: Elaboración propia basada en Ulrich & Eppinger (2013).

Para cumplir con este propósito se investigó previamente que tipo de sensores de presencia son los más comunes y recurrentes para la industria y el hogar, ya que estos trabajan en una franja de ondas electromagnéticas cuya frecuencia es muy baja para que nuestros ojos la detecten. Tras la búsqueda de sensores infrarrojos se observó la poca existencia de estos dispositivos electrónicos en el mercado, por lo que para el desarrollo del concepto solo fue posible localizar tres que permiten el uso rudo para la industria y solo fue posible el localizar en el Portal Electrónica Estudio y que son mostrados en la Tabla 18.

	Modelo	Clave	Alimentación (V)	Corriente (mA)	Rango de detección (m)	Pieza
Portal Electronica Estudio.com	E18-D80NK-N	SHT-015	5.0	100.0	.3 a .8	
	E3F-R4N1	SHT-015A	10 a 36	300.0	2.0	
	BRLK29-R	SHT-015B	12 a 36	<200	3.5	

Tabla 18. Comparación se sensores infrarrojos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para decidir cuál es el apropiado dispositivo a utilizar fue necesario el conocer la distancia del entorno donde este se ubica en la estación como se muestra en la Ilustración 53, por lo que fue necesario realizar la medida de las puertas de ascenso y descenso del convoy como se muestra en la y la Ilustración 54.



Ilustración 53. Convoy en la estación.
Fuente: Getty¹⁰¹ (2013).

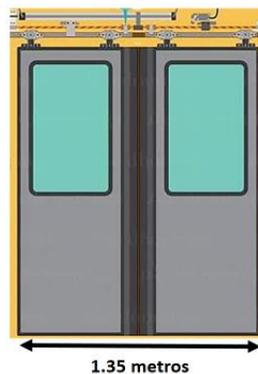


Ilustración 54. Puertas del convoy.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Al realizar la medición de las puertas, se visualizó el comportamiento del convoy al momento de arribar a la estación, ya que este puede realizar variaciones en ubicación al detenerse en la estación correspondiente, como se muestra en la Ilustración 53 por lo que cabe el mencionar que esto solo fue bajo la percepción ocular sin poder realizar mediciones físicas, ya que no está permitido como también riesgoso el realizar mediciones físicas al instante que el convoy arriba a la estación, por lo que solo se estableció un punto fijo sobre el andén con respecto a una de las puertas del convoy. Después de permitir el arribo de más de 30 convoyes a la estación, he identificar su ubicación, fue notable una variación la cual se aproximó a 35 ± 10 cm con respecto al punto de referencia. Con esta información permitió el conocer cuál sería la máxima separación con la cual el sensor tendría que operar en cada una de las puertas la cual sería una distancia máxima de 1.80 metros, por lo que el sensor SHT-15 quedo descartado.

Para el siguiente análisis se requirió del revisar la hoja de datos técnicos de cada uno de los sensores infrarrojos, con el fin de conocer cuál es su funcionamiento. La única diferencia es que el dispositivo SHT-015A, es un sensor emisor y receptor infrarrojo con una placa reflectiva, el cual al ser bloqueada el emisor envía una señal o pulso. Por otra parte el SHT-015B corresponde a un emisor y receptor de luz infrarroja, solo que a diferencia del anterior este emite la luz infrarroja a través del aire a lo largo de una trayectoria deseada. Al comprobar que ambos dispositivos son una perfecta elección para el diseño del

¹⁰¹ Getty. (18 de Octubre de 2013). Portal de información en contrucción, arquitectura y mobiliarias. Obras web. Recuperado el 4 de Octubre de 2016, de Obras web: <http://www.obrasweb.mx/construccion/2013/10/18/el-metro-df-estudia-la-ampliacion-de-las-lineas-3-4-y-12>

concepto, se solicitó información para conocer los costos por cada uno de los dispositivos analizados en la Tabla 18 y así seleccionar el cual podría ser elegido por preferencia.

Después de haber seleccionado el receptor, fue necesario el identificar qué tipo de dispositivo electrónico podría ser el adecuado para procesar la información suministrada por el infrarrojo y otorgar a su salida información para el usuario. Como anteriormente se observó, un incidente corresponde a un evento discreto, por lo que el concepto debe de ser capaz identificar este tipo de eventos. Al referir un circuito discreto es hablar de un circuito electrónico armado de componentes discretos, como lo es el uso de resistencias, transistores, etc., de los cuales sus estados dos son activado o desactivado.

El término de conductor es asignado a cualquier tipo de material que permite el flujo de carga cuando una fuente de voltaje es aplicada a través de sus terminales. El aislante o dieléctrico es el material que presenta un nivel inferior para la conductividad de la carga eléctrica. Por ultimo un semiconductor es el material que posee un nivel de conductividad que se localiza entra la clasificación de un conductor y un dieléctrico (L. Boylestad & Nashelsky, 2003)¹⁰². La resistividad (ρ) es utilizada para la comparación de niveles resistivos de los materiales, de los cuales sus unidades métricas son medidas en Ωcm , provenientes de la Ilustración 55 y sintetizadas en la Ec. 28 y que al considerar un área de 1 cm^2 y de longitud de 1 cm es posible conseguir la resistencia del cubo como muestra la Ec. 29.

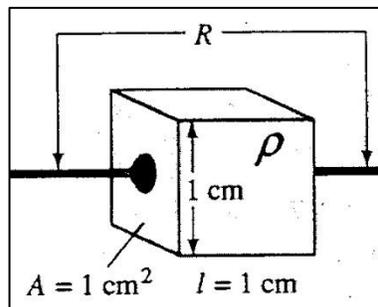


Ilustración 55. Definición de las unidades métricas de la resistividad.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{(\Omega)(\text{cm}^2)}{\text{cm}} = \Omega\text{cm}$$

Ec. 28. Resistividad.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

$$|R| = \rho \frac{l}{A} = \rho \frac{(1\text{ cm})}{(1\text{ cm}^2)} = |\rho| \text{ohms}$$

Ec. 29. Resistencia.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

Esto permite conocer la medida de niveles de resistividad de diversidad de materiales y de los cuales identificar cuáles son los más comúnmente utilizados en la electrónica como se muestra en la Tabla 19 del cual para el desarrollo de la lógica con la cual operara el nuevo concepto se toma en cuenta a los semiconductores de los cuales corresponde a la familia de los diodos

¹⁰² L. Boylestad, R., & Nashelsky, L. (2003). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos (Octava ed.)*. Ciudad de México, México: Pearson Educación. Recuperado el 20 de Enero de 2016

y transistores, ya que estos son dispositivos que en su papel principal de operación en la electrónica se asemeja a un interruptor sencillo.

Conductor	Semiconductor	Dieléctrico
$\rho \cong 10^{-6} \Omega cm$ (cobre)	$\rho \cong 50 \Omega cm$ (Germanio) $\rho \cong 50 \times 10^3 \Omega cm$ (Silicio)	$\rho \cong 10^{12} \Omega cm$ (mica)

Tabla 19. Valores representativos de resistividad.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

El transistor es un dispositivo semiconductor con ciertas características específicas de operación para desarrollar diferentes funciones principales. Una función es la de ser un amplificador como también el ser un circuito conmutador, es decir realizar la función de un Switch electrónico entre otro tipo de funciones más. Los transistores son formados por tres capas semiconductoras las cuales forman uniones bipolares como es N-P-N y P-N-P como se muestra en la Tabla 20. Por lo que es considerado como elemento activo, al contrario de un pasivo como lo es la resistencia, capacitores y bobinas. Su diseño es formado de tres partes como es el colector, emisor y base, como se muestra en la Tabla 21. Por último cabe el mencionar en que los transistores son considerados las bases de los microprocesadores y circuitos integrados.

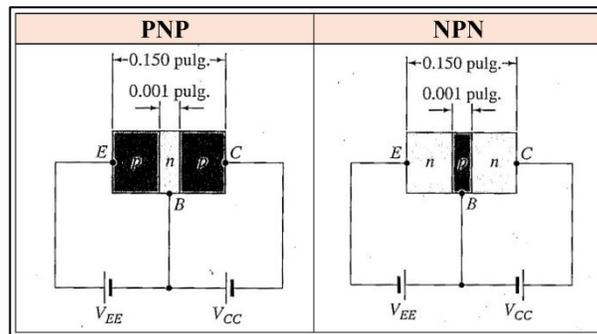


Tabla 20. Tipos de Transistores.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

Fotografía	Diagrama	Apagado	Encendido
		$V_{CE0} = 30Vdc$ $V_{CBO} = 40Vdc$ $I_C = 10\mu Adc$ $I_E = 0$	$50 < h_{FE} < 150$ $V_{CE(sat)} = 0.3Vdc$ $V_{BE(sat)} = 0.95Vdc$ $I_C = 50mAdc$ $I_B = 5.0mAdc$

Tabla 21. Transistor de propósito General NPN Silicio 2N4123.
Fuente: Data sheet Catalog Motorola (2016).

Al considerar el Transistor como elemento electrónico para desarrollar el nuevo concepto, proviene del simple hecho de ser un dispositivo electrónico de dos estados, es decir encendido y apagado, lo que lo vuelve encargado de procesar y emitir

información de tiempos discretos. Este dispositivo se encargara de mediante circuitos integrados y arreglos electrónicos de controlar los dispositivos auditivos y visuales, para los cuales se recurre al uso de bocinas y focos para la iluminación.

3.2.2.1 Operación Lógica Auditiva

Para el caso de la bocina, es necesario ingresar una señal la cual informa al usuario de su estado al rebasar la línea de seguridad y ubicarse en zona de peligro. Para ello se recurre al dispositivo “TIMER” mostrado en la Tabla 22 ya que permite la generación de pulso los cuales una bocina los trasmite en ondas de sonido a su alrededor. El modelo comercial más conocido para la generación de pulsos electrónicos es el NE555 y el más común utilizado en proyectos estudiantiles entre otros.

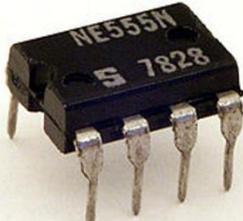
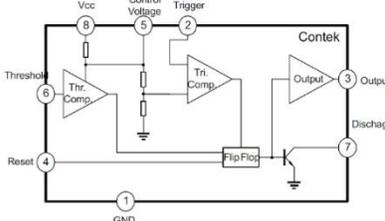
Fotografía	Diagrama	Características Eléctricas
		$V_{CC} = 5V$ $I_{CC} = 6mA$ $V_{OH} = 3.3V$ $V_{OL} = 0.35V$ $V_{TH} = 3.33V$ $0.1\mu A < I_{TH} < 0.25\mu A$

Tabla 22. NE555 Circuito Integrado Lineal.
Fuente: Data sheet Catalog Contek (2016).

Es considerado un contador de tiempo estable diseñado en un circuito integrado, ya que sus pulsos son de forma cuadrada. Posee dos estados de operación los cuales son; *monoestable*, el cual es un retardo de tiempo controlado por un externo o condensador; *astable*, el cual es una frecuencia de ciclo de trabajo que controla con precisión con el uso de resistencias y un condensador, como se muestra en la Ilustración 56.

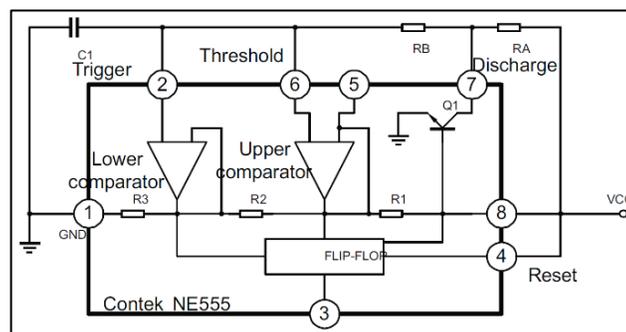


Ilustración 56. Aplicación del NE555.
Fuente: Data sheet Catalog (2016).

Para el caso del concepto se optó por la utilización de astable, ya que la frecuencia generada por el NE555, permitirá ofrecer una salida a través del buzzer. El buzzer es encargado de entregar una señal de onda longitudinal la cual se propague de un punto a otro a través del espacio y captada por todos los receptores a su alrededor. La señal de onda posee una frecuencia de sonido la cual hace referencia a la cantidad de vibraciones en el aire y son transmitidos por segundo. La unidad de medida empleada para la frecuencia son los Hertzios. Es sabido que al traspaso de los años la frecuencia auditiva de los seres humanos se ve perjudicada, esto es causado por envejecimiento o la exposición constante a condiciones extremas de sonido, lo que hace

la pérdida de células auditivas con las culeas se deja de percibir frecuencias más altas. Con esto es necesario establecer una frecuencia audible para cada uno de los usuarios que recurren al STC Metro y que les permita retroceder en tal caso si alguno ha rebasado la línea de seguridad. Por lo que la Ilustración 57 permite el definir el rango aceptable para cualquier persona. Es conocido que el llanto de un bebe provoca en el ser humano un estado de alerta y defensa ya que esto nos recuerda nuestra infancia y que ante la imposibilidad de comunicarnos, recurriamos al llanto como la única forma de manifestar una incomodidad o dolencia, por lo que esto queda almacenado en el inconsciente. La frecuencia de un bebe al momento de llorar ronda alrededor de los 1KHz a los 8KHz.

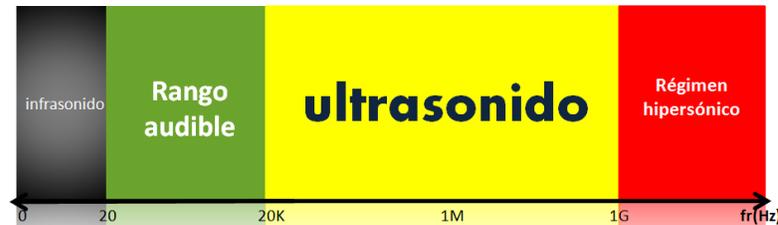


Ilustración 57. Rango de frecuencias audibles.
Fuente: Niño Juárez, Mendez Suarez y Salas Lozano¹⁰³ (2010).

Al identificar el rango audible de una persona se selecciona una frecuencia aceptable para la salida de la señal del dispositivo electrónico con el propósito de ser audible para los usuarios. Para identificar el tipo de señal entregada por el circuito, se recurrió al uso de fórmulas que permiten calcular su frecuencia del TIMER NE555 ya que este es un multivibrador astable o circuito de reloj. Para su diseño se retomó el circuito elaborado por Boylestad Nashelsky del capítulo Operación de la Unidad Temporizadora de CI en el cual esquematiza un multivibrador astable. El circuito astable es obtenido del uso de dos resistores y un capacitor externos como se muestra en la Ilustración 56, para fijar el intervalo de temporización de la señal de salida. La señal obtenida de estos tres componentes electrónicos es del tipo de cierra, pero que al ingresar al NE555, es integrada en una señal rectangular para brindar estados altos y bajos como se muestra en la Ilustración 58 y del cual permite realizar las siguientes ecuaciones.

¹⁰³ Niño Ramírez, J., Mendez Suarez, J., & Salas Lozano, L. (noviembre de 2010). *Publicación de documentos. Doc player. Recuperado el 5 de octubre de 2016, de Doc player: <http://docplayer.es/1139954-Diseno-y-construccion-de-un-prototipo-de-cavitacion-acustica-con-fines-de-limpieza-industrial-titulo.html>*

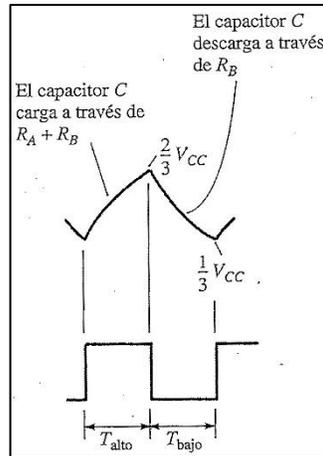


Ilustración 58. Formas de onda.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

Para la selección de resistencias y condensadores, se eligió los componentes más comerciales y comunes dentro del área de la electrónica, estos son: dos resistencias de $7.5K\Omega$ y un condensador de $0.1\mu F$. La señal obtenida de estos componentes electrónicos es de 635.0 Hz como se comprueba en la Ec. 30 que junto con la Ilustración 59 al comparar con la Ilustración 57 es perceptible que el dispositivo procesa una frecuencia en un rango audible para el usuario.

$$T_{\text{alto}} \approx 0.7(R_A + R_B)C = 0.7(7500 + 7500)(0.1 \times 10^{-6}) = 1.05\text{ms}$$

$$T_{\text{bajo}} \approx 0.7R_B C = 0.7(7500)(0.1 \times 10^{-6}) = 0.525\text{ms}$$

$$T = T_{\text{alto}} + T_{\text{bajo}} = 1.05 + 0.525 = 1.575\text{ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.575 \times 10^{-3}} \approx 635\text{Hz}$$

Ec. 30. Frecuencia estable de NE555.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

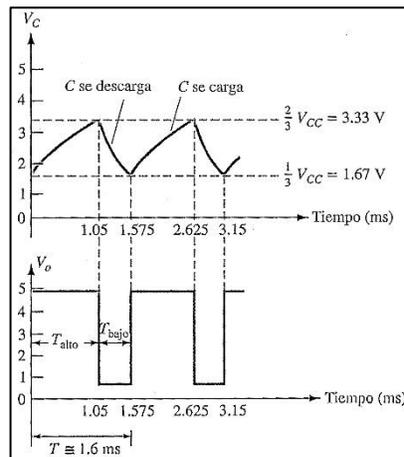


Ilustración 59. Forma de onda obtenida.
Fuente: Boylestad & Nashelsky (2003).

Tras la obtención de la frecuencia se realiza la Ec. 31 para realizar las modificaciones adecuadas para que una bocina sea la encargada de entregar señal auditiva, como se muestra en la Ilustración 60. Para que este dispositivo se utilizó los datos desplegados de la Tabla 21 y de la Tabla 22 para así efectuar el arreglo adecuado para la instalación y funcionamiento de la bocina en la Ilustración 60.

$$V_{OH_{NE555}} - I_{C(sat)}R_C - I_{C(sat)}R_{bocina} - V_{CE(sat)} = V_{OH_{NE555}} - I_{C(sat)}R_C - V_{bocina} - V_{CE(sat)} = 0$$

$$R_C = \frac{V_{OH_{NE555}} - V_{bocina} - V_{CE(sat)}}{I_{C(sat)}} = \frac{3.3V - 0.4V - 0.3V}{.05A_{dc}} = 52\Omega \rightarrow 56\Omega$$

$$I_B \cong \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{dc}} = \frac{.05A}{150} = 333.33\mu A \rightarrow 350\mu A$$

Al seleccionar $I_B = 350\mu A$ es con el propósito de asegurar la saturación y utilizar

$$R_B = \frac{V_{OH_{74LS125}} - V_{BE(sat)}}{I_B} = \frac{3.4V - 0.95V}{5.0mA} = 490\Omega \rightarrow 560\Omega$$

Se selecciona $R_B = 560\Omega$ ya que es un valor estándar comercial.

$$I_B = \frac{V_{OH_{74LS125}} - V_{BE(sat)}}{R_B} = \frac{3.4V - 0.95V}{560\Omega} = 4.375mA$$

$$I_{B_{Data\ sheet\ Catalog\ Motorola}} = 5.0mA_{dc} > 4.375mA = I_B$$

$$I_B = 4.375A > 350\mu A = \frac{I_{C(sat)}}{\beta_{dc}}$$

Ec. 31. Resistencias de Colector y Base.

Fuente: Elaboración propia basada en Boylestad & Nashelsky (2003).

Por lo tanto es recomendable utilizar $R_B = 560\Omega$ y $R_C = 56\Omega$.

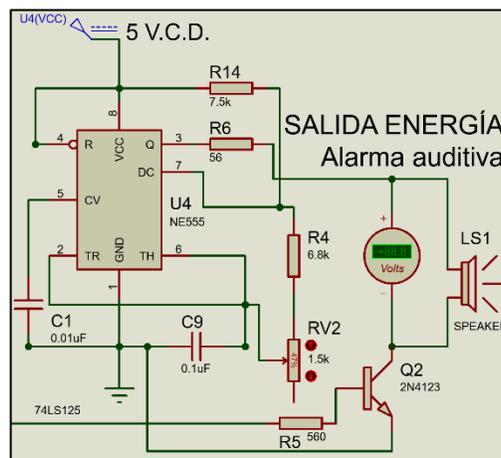


Ilustración 60. NE555 astable con arreglo de bocina.

Fuente: Elaboración propia basada en Boylestad & Nashelsky (2003).

3.2.2.2 Operación Lógica Visual

La utilización de un MOC radica en ser dispositivos especializados para la protección y aislamiento de circuitos electrónicos con Triacs eléctricos de potencia los cuales mediante un disparo se les controla. El MOC3021 es constituido de un diodo emisor infrarrojo que activa un Triac interno ya que este se utiliza como interruptor bilateral de silicio activado por el led emisor, como se muestra en la Tabla 23.

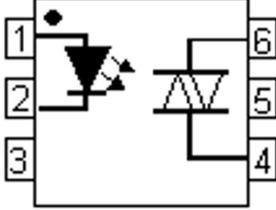
Fotografía	Diagrama	Características Eléctricas
		Voltaje de conducción $V_R = 3V$ Corriente de conducción $I_F = 10mA$ Corriente máxima de conducción $I_{FT} = 15mA$ Voltaje Led $V_F = 1.5V$

Tabla 23. MOC3021.
Fuente: Data sheet Catalog Motorola (2016).

Primero se debe calcular la resistencia de disparo $R_{Disparo}$ la cual es necesaria para encender el LED de disparo del opto acoplador, para ello se aplica la ley de voltaje de Kirchhoff al voltaje conformado entre V_{cc} el cuál es el voltaje de entrada suministrado al circuito el cual equivale a $5V_{DC}$, e I_{FT} corresponde a la corriente máxima del opto acoplador y de la $R_F = R_{Disparo}$ la cual se calcula en la Ec. 32.

$$R_F = \frac{V_{cc} - V_F - V_{CE(sat)}}{I_{FT}} = \frac{5V - 1.5V - 0.3V}{0.015A} = 213.33\Omega \rightarrow 220\Omega$$

$$I_F = \frac{V_{cc} - V_F - V_{CE(sat)}}{R_F} = \frac{5V - 1.5V - 0.3V}{220\Omega} = 14.5454mA$$

$$I_{cData\ sheet\ Catalog\ Motorola} = 50mA_{dc} > 14.5454mA = I_F$$

$$I_B \cong \frac{I_{FT}}{\beta_{dc}} = \frac{0.015}{150} = 0.1mA$$

$$R_B = \frac{V_{OH74LS125} - V_{BE(sat)}}{I_B} = \frac{3.4V - 0.95V}{5.0mA} = 490\Omega \rightarrow 560\Omega$$

Se selecciona $R_B = 560\Omega$ ya que es un valor estándar comercial.

$$I_B = \frac{V_{OH74LS125} - V_{BE(sat)}}{R_B} = \frac{3.4V - 0.95V}{560\Omega} = 4.375mA$$

$$I_{BData\ sheet\ Catalog\ Motorola} = 5.0mA_{dc} > 4.375mA = I_B$$

$$I_B = 4.375mA > 0.1mA = \frac{I_{FT}}{\beta_{dc}}$$

∴ es recomendable utilizar $R_B = 560\Omega$ y $R_F = 220\Omega$.

Ec. 32. Resistencias de Disparo y Base.

Fuente: Elaboración propia basada en Boylestad & Nashelsky (2003).

La utilización de interruptores es la mejor opción utilizada por eléctricos y electrónicos para controlar los dispositivos de potencia o alta tensión. A causa de voluminoso tamaño y el ruido los switch en ciertos casos ha sido destituidos y utilizado los TRIAC o Trío do para Corriente Alterna siendo un dispositivo semiconductor de la familia de los tiristores y que por consecuencia es considerado como una mejor alternativa. Se diferencia de un tiristor convencional ya que este suele ser unidireccional a diferencia del TRIAC que es bidireccional lo que lo convierte en un interruptor capaz de conmutar la corriente alterna.

Posee tres electrodos: MT1, MT2 (estos pierden la denominación de ánodo y cátodo) y una puerta (Gate). El disparo del TRIAC se realiza aplicando una corriente al electrodo de Gate/puerta suficiente para permitir la conducción de corriente de extremo a extremo en MT1 y MT2. Para el dispositivo electrónico a diseñar se retoma el uso del Triac modelo Q7006L5 como se muestra en la Tabla 24 para controlar los dispositivos de alta tensión como es para este caso el uso de un bulbo 220Volts (opcional a poder efectuar el cambio de iluminación a focos led dentro de la tolerancia mayor al potencial de 220Volts) ya que el TRIAC Q7006L5 posee una tolerancia de Voltaje de bloqueo máximo repetitivo de 700Volts.

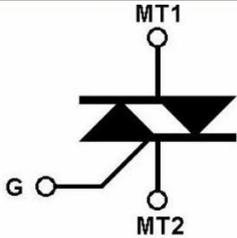
Fotografía	Diagrama	Características Eléctricas
		$V_{DRM} = 700V$ $I_{GT} = 35mA$ $V_{GT} = 1.5V$

Tabla 24. Triac L4004L3.

Fuente: Data sheet Catalog Teccor Electronics (2016).

La utilización de los componentes eléctricos permitirá la instalación y control de la iluminación de un foco con el propósito de alertar al usuario por su estado de peligro a causa de rebasar la línea de seguridad. Dentro de las instalaciones del STC Metro existen tomas de corriente alterna las cuales pueden ser monofásicas o trifásicas, dependiendo para el propósito que sean requeridas, esto es por la existencia de maquinaria de potencia como la empleada en las escaleras eléctricas mecánicas las cuales requieren el uso de una conexión trifásica, en comparación a la conexión de un componente electrónico como lo es el uso de una computadora y solo requiere la toma de una sola línea de alimentación. Para que el Triac L4004L3 pueda desempeñarse en óptimas condiciones, es necesario realizar el cálculo de resistencias para que pueda trabajar en conjunto con el MOC3021 por lo que la Ec. 33 demuestra las resistencias más adecuadas. Se considera una alimentación de 220Volts de suministro al Triac ya que es considerada la toma más empleada por el STC Metro y que corresponde a la toma de dos de sus líneas de alimentación, pero que también puede ser también cambiada a una conexión de una sola línea de alimentación.

$$R_G = \frac{V_{R_{MOC3021}} - V_{GT}}{I_{GT}} = \frac{3V - 1.5V}{.035A} = 42.85\Omega \rightarrow 47\Omega$$

$$R_T = \frac{V_{R_{MOC3021}}}{I_{F_{MOC3021}}} = \frac{3V}{.01A} = 300\Omega \rightarrow 330\Omega$$

∴ es recomendable utilizar $R_G = 47\Omega$ y $R_T = 330\Omega$.

Ec. 33. Resistencia Gate y Triac.

Fuente: Elaboración basada en Barrado Bautista & Lázaro Blanco¹⁰⁴ (2007).

Con los tres componentes ya mostrados con anterioridad, permite el diseño de un nuevo circuito controlador para la iluminación con suministro de voltaje de potencia de 220 Volts, protegiendo todos los componentes electrónicos que realizan el proceso de la información ingresado por los sensores como se muestra en la Ilustración 61.

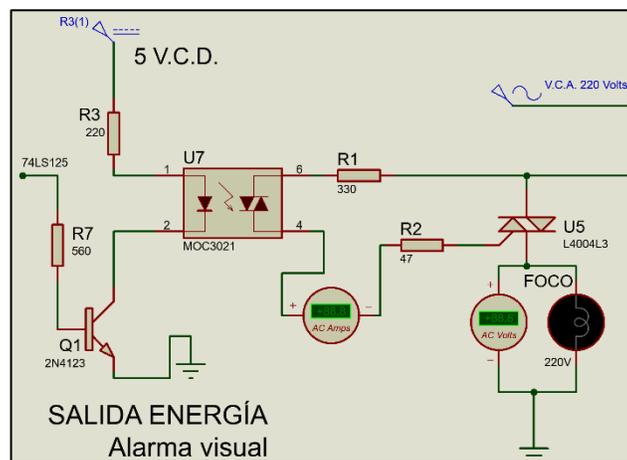


Ilustración 61. Interruptor TRIAC para el control de dispositivos de Voltaje C.A.

Fuente: Elaboración propia basada en Barrado Bautista & Lázaro Blanco (2007).

3.2.2.3 Operación Lógica interna

Durante el proceso de la recolección de datos se observó la existencia eventos de los cuales no necesariamente el usuario incurrió en avanzar completamente la línea de seguridad para dar origen a un incidente. En ciertos eventos los incidentes detonaron por la causa de rebasar con una de la extremidad del usuario, como muestra la Ilustración 62 en la que una usuaria sufre un accidente por visualizar a través del túnel la proximidad del convoy.

¹⁰⁴ Barrado Bautista, A., & Lázaro Blanco, A. (2007). *Problemas de Electrónica de Potencia*. Madrid, España: Pearson Prentice Hall. Recuperado el 10 de septiembre de 2016

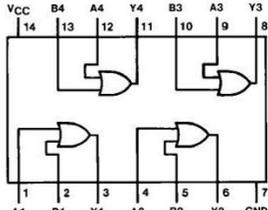
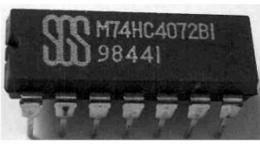
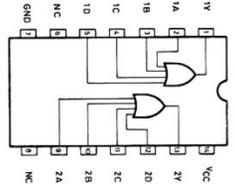
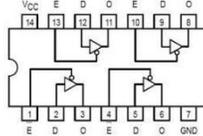


Ilustración 62. Usuaría sufre golpe de cabeza al arribar el convoy.
Fuente: Denuncia Información Metro CDMX¹⁰⁵ (2016).

Esta situación hace suponer que no basta con un sensor que solo emita un haz de rayos luminoso infrarrojo para detectar usuarios que rebasan la línea de seguridad y emitir una alarma preventiva. Ante esta situación surge la necesidad de la utilización de más un sensor infrarrojo para el diseño del nuevo concepto. De acuerdo a la revista Muy Interesante que publicó en uno de sus artículos con datos adquiridos de 17 mil 364 personas mayores de 18 años que el hombre mexicano tiene en promedio una altura de 1.64 metros mientras que la mujeres son 1.58 metros de altura (Muy interesante, 2014)¹⁰⁶. Con esta información se estableció la utilización de ocho sensores infrarrojos para la detección de personas que para su instalación podría haber una separación de aproximadamente 20 a 30 cm entre cada sensor. En la electrónica existe la diversidad de dispositivos diseñados para la aplicación del control y manipulación de mecanismos. Una característica importante de los sistemas electrónicos es la utilización de valores de operación basados en el “0” y “1” los cuales son asociados a los voltajes de 0 y ≥ 5 volts. La teoría encargada de regir a los circuitos electrónicos es la algebra Boleana la cual su equivalente son las compuertas lógicas. La terminología lógica combinacional refiere a la combinación de dos o más compuertas lógicas para otorgar un resultado deseado. Las reglas son interpretadas por el uso de tablas de verdad las cuales explican los resultados de todas las combinaciones de entrada y salida posibles. Los resultados son expresados en falso o bajo refieren al valor “0” y verdadero o alto refieren al valor “1”. Para el diseño del dispositivo electrónico se recurrió al uso de tres tipos de compuertas lógicas las cuales son mostradas en la Tabla 25.

¹⁰⁵ Denuncia Información Metro CDMX. (28 de agosto de 2016). Golpe por convoy. Mas sobre la femenina golpeada por el convoy.....se traslada a Xoco. Ciudad de México, México. Recuperado el 19 de septiembre de 2016, de <https://www.facebook.com/1239058569440930/photos/pcb.1350436568303129/1350436488303137/?type=3&theater>

¹⁰⁶ Muy interesante. (17 de octubre de 2014). Revista electronica. Recuperado el 6 de octubre de 2016, de Muy interesante: <http://www.muyinteresante.com.mx/preguntas-y-respuestas/12/02/09/medidas-poblacion-mexicana/>

Compuerta	Fotografía	Diagrama	Operación Lógica	Tabla de Verdad																														
74LS32			$A + B = C$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1															
A	B	C																																
0	0	0																																
0	1	1																																
1	0	1																																
1	1	1																																
M74HC4072			$A + B + C + D = Y$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	Y	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
A	B	C	D	Y																														
0	0	0	0	0																														
1	0	0	0	1																														
0	1	0	0	1																														
0	0	1	0	1																														
0	0	0	1	1																														
74LS125			$O = D$	<table border="1"> <thead> <tr> <th>D</th> <th>E</th> <th>O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td>Bajo</td> <td>Bajo</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>Bajo</td> <td>Alto</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Alto</td> <td>Alta - Z</td> </tr> </tbody> </table>	D	E	O	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	X	Alto	Alta - Z																		
D	E	O																																
Bajo	Bajo	Bajo																																
Alto	Bajo	Alto																																
X	Alto	Alta - Z																																

Alto = nivel lógico alto

Bajo = nivel lógico bajo

X = cualquier nivel lógico bajo o alto

Alta-Z = Alta Impedancia, 3 estados (salidas están desactivadas)

Tabla 25. Compuertas Lógicas.

Fuente: Data sheet Catalog Fairchild Semiconductor Corporation (2016).

La compuerta 74LS32 es una compuerta lógica OR que expresa su resultado falso si solo sus dos entradas son falsas.

La compuerta M74HC4072 es también una compuerta OR y cumple la misma lógica como su antecesora, solo a diferencia que su lógica es empleada por cuatro entradas y su resultado falso si solo sus cuatro entradas son falsas. Sus combinaciones son de 16 las cuales cumplen la misma lógica de verdad que la anterior.

La compuerta 74LS125A es considerada entre los electrónicos como compuerta inversora la cual posee cuatro puertas independientes de las cuales cada una lleva a cabo una función de amortiguación inversora. Las salidas tienen 3 estados. Cuando está activada la salida es nombrada de baja impedancia. Cuando está desactivado, su salida se desactiva presentando una alta impedancia.

La decisión de seleccionar el último circuito integrado proviene de la siguiente deducción. Cuando la estación no presenta ningún convoy en sus vías el dispositivo electrónico activara los sensores infrarrojos para alertar a los usuarios por cortar el haz de alguno de estos. Al momento de arribar el convoy a la estación es necesario situar los sensores infrarrojos en un estado apagado, por lo que para esto se requiere del uso del circuito 74LS125A, y que al activar la entrada D de una de sus entradas, este se encargara de estabilizarse en una alta impedancia, impidiendo la conducción eléctrica al resto de los dispositivos para entregar una señal procesada. Posteriormente al partir el convoy de la estación el 74LS125A vuelve a su anterior estado, permitiendo el traspaso de cualquier señal detectada por los sensores. Para la activación de la entrada E se recurrió al uso de dispositivo infrarrojo SHT-15 mostrado en la Tabla 18, ya que su rango operacional a pesar de que sea de poco alcance, cubre lo necesario para detectar un convoy en la estación ya que la separación entre el andén y el convoy es menor a 15 cm. En la

Ilustración 63 es demostrado que las compuertas procesaran la información recibida de su entorno a través de la señal captada por los sensores infrarrojos tanto de los ubicados en orientación a los usuarios como los ubicados en orientación al convoy.

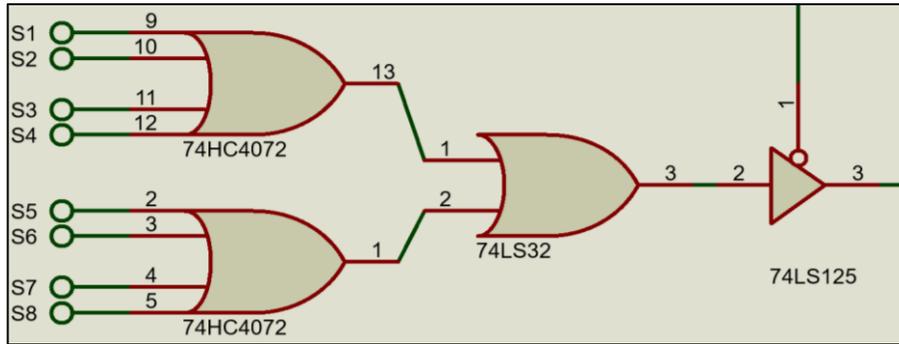


Ilustración 63. Diagrama Lógico del Dispositivo Electrónico.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La Tabla 26 permite conocer como este dispositivo procesa y entrega la señal querida para ser enviada a al NE555 encargado de entregar una señal auditiva y al MOC3021 encargado de enviar el pulso para iluminar con la señal visual con el propósito de lograr auxiliar a los usuarios al momento de ser activadas por cortar el rayo infrarrojo el cual es enviado por los sensores.

Compuertas	74HC4072 (1)					74HC4072 (2)					74LS32			74LS125		
	S1	S2	S3	S4	Salida	S5	S6	S7	S8	Salida	Entrada 74HC4072 (1)	Entrada 74HC4072 (2)	Salida	Entrada 74LS32	Negación	Salida
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1			
3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1			
4	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1			
5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1
6	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1			
7	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1			
8	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1			
9	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
10	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1			
11	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1			
12	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1			
13	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
14	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1			
15	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1			
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

Tabla 26. Tabla de verdad del dispositivo electrónico.
Fuente: Elaboración propia basada en Tocci, Widner, & Moss¹⁰⁷ (2007).

Al final todos estos componentes permiten desarrollar el concepto de dispositivo electrónico el cual será encargado de cumplir la necesidad primordial el cual es advertir a los usuarios del estado de alerta por la falta precaución al ubicarse en una

¹⁰⁷ J. Tocci, R., S. Widner, N., & L. Moss, G. (2007). *Sistemas Digitales principios y aplicaciones (Décima ed.)*. Pearson Prentice Hall. Recuperado el 22 de septiembre de 2016

zona considerada insegura para realizar la espera del arribo del convoy a la estación. El diseño y demostración del dispositivo electrónico es efectuado en el siguiente capítulo nombrado Proceso de Simulación. Por otra parte un microprocesador es el nombre común al conjunto de cientos de circuitos integrados con cientos de miles de transistores integrados en una placa de silicio y es considerado un elemento en la conformación de un ordenador. El PIC16F84A es un potente microcontrolador de 8 bits y fácil de programar, el cual su diseño consta de 18 patillas como es mostrado en la Ilustración 64. El dispositivo se puede utilizar para prototipos de producción y que puede actualizarse fácilmente sin retirar el dispositivo del producto final a través del ICSP (In Circuit Serial Programming-Programación Serial En Circuito). Fácilmente adaptado para automotores, industriales, electrodomésticos, sensores remotos de baja potencia, cerraduras electrónicas y aplicaciones de seguridad. Su diagrama de bloques es mostrado en la Ilustración 121 ubicada en el Anexo I que proporciona directamente del Manual Microchip PIC16F84A Data sheet Catalog, ya que esta permite el conocer la forma lógica que realiza el PIC para el procesamiento de información.



Ilustración 64. PIC16F84A.
Fuente: Microchip¹⁰⁸ (2013).

La memoria de programa contiene flash posee 1K para la utilización de palabras, lo que se traduce en 1024 instrucciones, ya que cada programa de 14 bits palabra de memoria. La memoria de datos (RAM) contiene 68 bytes. Los datos EEPROM poseen una capacidad de 64 bytes. El microprocesador posee 18 pines para la entrada y salida de información la cual es configurada por el usuario. Algunos pines se multiplexan (en el área de telecomunicación la multiplexión refiere a la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión lo que permite varias comunicaciones de forma simultanea) las funciones del dispositivo. Estas funciones corresponden a la:

- Interrupción externa
- Cambio en la interrupción PORTB
- Entrada de reloj Timer0

La organización de la memoria comprende a dos bloques internos de memoria en el PIC16F84A, los que corresponden a la memoria de programa y la memoria de datos. Como se muestra en la Ilustración 122 ubicada en el Anexo J cada bloque posee su propio bus para la comunicación de manera que el acceso a cada bloque puede ocurrir durante el mismo ciclo del oscilador. La memoria de datos adicional puede ser dividida en la RAM con cualquier propósito en general. Los registros de función especial suelen ser utilizados para controlar los módulos periféricos en secciones individuales.

La Organización de la memoria de datos se divide en dos áreas y es mostrada en la Ilustración 123 ubicada en el Anexo K. La primera sección corresponde al área de registros de funciones especiales, mientras que la segunda es el área de registros de propósito general. Los registros de funciones especiales controlan el funcionamiento del dispositivo. El área de registros de

¹⁰⁸ Microchip. (2013). Recuperado el 16 de octubre de 2016, de Microchip: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F84A>

propósito general permite ingresar información mayor de 116 bytes dentro de la RAM. Las áreas de registros de funciones especiales son para los registros que controlan las funciones periféricas del microprocesador. Para mayor información adicional sobre la memoria del dispositivo se puede encontrar directamente del Manual de PIC™ de Microchip. Al seleccionar este microprocesador para el dispositivo electrónico es por ser contemplado como una mejora que podría realizarse al dispositivo electrónico anteriormente detallado ya que este cumple con las primeras necesidades para la reducción de accidentes. El diagrama electrónico del micro controlador se muestra en la Ilustración 65. El seleccionar ese dispositivo electrónico se basa en ser una alternativa de generar nuevas funciones para el concepto si el STC Metro las requiere y cree oportunas a realizarlas. Para el caso de esta investigación solo se realiza la conexión y programación necesaria para que este cumpla con el propósito del primer dispositivo electrónico y así mutuamente logren realizar el mismo procesamiento de información y del cual también es detallado en el próximo capítulo de esta tesis.

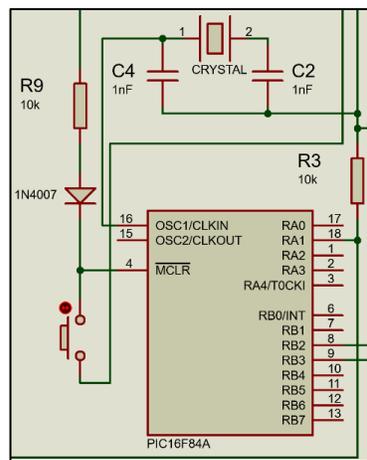


Ilustración 65. Diagrama Electrónico del PIC16F84A.
Fuente: Elaboración propia basada en Microchip Technology Inc.¹⁰⁹ (2001).

La única operación a efectuar para establecer las resistencias que realizan la conexión de las puertas RB2 y RB3 del PIC16F84A con la base de los dos transistores 2N4123, esto debido a que el voltaje otorgado por el PIC16F84A es ligeramente mayor que a la de la compuerta 74LZ125 por lo que se efectúa el cálculo en la Ec. 34. y Ec. 35.

$$R_B = \frac{V_{PIC16F84A} - V_{BE(sat)}}{I_B} = \frac{5V - 0.95V}{5.0mA} = 810\Omega \rightarrow 820\Omega$$

Se selecciona $R_B = 560\Omega$ ya que es un valor estándar comercial.

$$I_B = \frac{V_{PIC16F84A} - V_{BE(sat)}}{R_B} = \frac{5V - 0.95V}{820\Omega} = 4.939mA$$

$$I_{B \text{ Data sheet Catalog Motorola}} = 5.0mA_{dc} > 4.939mA = I_B$$

¹⁰⁹ Microchip Technology Inc. (2001). PIC16F84A Data Sheet 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-bit Microcontroller. U.S.A. Retrieved october 6, 2016

$$I_B = 4.939 > 350\mu A = \frac{I_{c(sat)}}{\beta_{dc}}$$

∴ es recomendable utilizar $R_B = 820\Omega$ y $R_C = 56\Omega$.

Ec. 34. Resistencias de Colector y Base.

Fuente: Elaboración propia basada en L. Boylestad & Nashelsky (2003).

$$I_B = 4.939mA > 0.1mA = \frac{I_{FT}}{\beta_{dc}}$$

∴ es recomendable utilizar $R_B = 560\Omega$ y $R_F = 220\Omega$.

Ec. 35. Resistencias de Disparo y Base.

Fuente: Elaboración propia basada en L. Boylestad & Nashelsky (2003).

3.3 Proceso de Validación de Concepto

Se demuestra con el apoyo de softwares de simulación el beneficio del concepto, los cuales implica la simulación de estructuras, circuitos eléctricos electrónicos y de modelación por agentes y procesos para conocer comportamiento de usuarios dentro de una estación. Esto con el propósito de identificar si los componentes con los que está diseñado el nuevo concepto logran brindar una solución para la reducción de incidentes dentro del STC Metro de la Ciudad de México.

3.3.1 Implementación de Simulación

La simulación en la actualidad toma mayor relevancia ya que es una herramienta que permite desarrollar grandes avances en el campo de la investigación. La simulación es la generación de un modelo el cual está orientado a imitar de aspectos de la realidad, ya que esto permite el trabajar en condiciones escenarios muy semejantes de los cuales pueden ser alterados para conocer ciertos comportamientos que en la realidad sería imposible realizar, a excepción que este es un entorno controlable y no produce ninguna afectación. La finalidad de la simulación es el permitirnos comprobar los posibles comportamientos de nuestro entorno natural ya sea el de una o un grupo de personas como también la de un objeto en un sistema, ofreciendo resultados lo más semejantes a la realidad. En la ingeniería, esta herramienta ha permitido generar nuevo conocimiento ya que al realizar una simulación permite la reducción de horas invertidas para conseguir los recursos materiales y humanos requeridos para cumplir con éxito lo que se desea analizar, además que la reducción de los costos que genera la realización de cada experimento pueden en cierto momento a llegar incosteables en la realidad (Grigoryev, 2015). La Ingeniería Industrial es una rama de la cual se recurre a la utilización de la simulación de procesos ya que este tipo de herramientas permite el conocer los posibles escenarios en los que una empresa u organización puede estar operando o podría llegar a operar antes de llegar grandes afectaciones internas las cuales la pueden llevar al borde del caos como también puede maximizar o establecer nuevas formas de trabajo en cada uno de sus procesos o subprocesos de una manera fácil y sin la afectación económica al sistema que se analice al momento (Maynard & Zandin, 2006)¹¹⁰. Por estos motivos existe gran importancia para la realización de la simulación ya que esto permite analizar el efecto de cambios internos y externos en un sistema, esto mediante la realización de cambios el modelo de simulación del sistema y recaudando nueva información del posible comportamiento del sistema real. Al efectuar un análisis más detallado del

¹¹⁰ Maynard, H., & Zandin. (2006). *Manual de Ingeniería Industrial de Maynard. (5 ta. ed., Vol. I). Ciudad de México: McGraw Hill Professional / INTERAMERICANA DE MEXICO. Recuperado el 13 de febrero de 2016*

sistema para su simulación permite al observador el entendimiento del mismo y por consecuencia sugerir estrategias que mejoren su operación y eficiencia. Al simular sistemas complejos mejora al entendimiento de sus procesos internos, lo que desarrolla una habilidad para detectar variables importantes que interactúan dentro del mismo proponer las mejores interacciones que este puede desarrollar ara hacer frente a su entorno. Cuando son incorporados nuevos elementos en el sistema, la simulación permite anticipar y conocer si esta genera afectación o beneficio en su procesos internos como el anticipar un cuellos de botella en una cadena de producción o servicio lo que permite ejercer los cambios necesarios para que esto no suceda en la realidad. Bajo este concepto se realiza la simulación del componente electrónico y del STC Metro para conocer los beneficios que esta propuesta pueda otorgar.

3.3.1.1 Simulación del nuevo concepto

3.3.1.1.1 Circuito electrónico 1

El uso de un software para la simulación de componentes electrónicos es una práctica en el mundo de la ingeniería Eléctrica y Electrónica ya que aporta de conocimiento preciso del diseño y funcionamiento real antes de su creación fabricación física por lo que es considerado una gran aportación de los ordenadores en la actualidad. Todos los simuladores están basados en modelos matemáticos, siendo una labor fundamental decidir qué tipo de dispositivos son los adecuados a introducir y conocer si los resultados obtenidos son satisfactorios o no, para su oportuna modificación. La misión de cualquier simulador de circuitos electrónicos es el simular lo más real posible el comportamiento de un circuito eléctrico, electrónico o ambos, esto sin la necesidad de construirlo físicamente, lo que significa el beneficio del ahorro de monetario y de tiempo (Ingeniería Eléctrica Electrónica S.A., 2016)¹¹¹. Para la realización del diseño y comprobación del comportamiento del circuito se diseña el diagrama electrónico en el software de simulación de circuitos electrónicos el cual para este caso de investigación fue seleccionado la plataforma de Proteus Design Suite 8 SP1 Labcenter Electronics, el cual tiene como propósito el demostrar cómo se interconectaran cada uno de sus componentes. Proteus es una herramienta la cual implica diversidad de módulos de servicio para diferentes tipos de funciones tal es el caso de la captura esquemática o de diseño. Es necesario el realizar de forma de un esquema el circuito a simular. Posteriormente se ubica los generadores de señal y de potencia encargados de suministrar las entradas al circuito. Como siguiente se coloca instrumentos de medición que permita conocer las condiciones de operación del circuito para realizar los ajustes debidos de los componentes para su buen funcionamiento. Como último paso se procede a la simulación para conocer su debido comportamiento para el cual fue diseñado.

Para el diseño total del nuevo concepto se retoma cada uno de los circuitos diseñados previamente y contenidos en la Tabla 27. Al diseñar cada uno de estos dispositivos electrónicos el propósito general es su interacción interna la cual permitirá hacerle frente a su entorno y brindar una solución ante el problema que se ha analizado a lo largo de esta tesis. Para efectuar esta operación fue necesario recurrir a las especificaciones técnicas de cada dispositivo de las cuales pueden ser obtenidas mediante el sitio oficial internacional del Datasheet (DatasheetCatalog.com, n.d.)¹¹², la cual todas la compañías de diseño de componentes electrónicos publican las especificaciones técnicas de sus productos, con el fin de conocer que tipos de dispositivos permiten su

¹¹¹ Ingeniería Eléctrica Electrónica S.A. (6 de octubre de 2016). *Primeros pasos y conceptos básicos de la simulación de circuitos electrónicos utilizando Proteus*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de Ingeniería Eléctrica Electrónica S.A.: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXJib250ZW5pZG9zZ3JlZ29yaW98Z3g6NGU2NzU5Njk1MTA0MDI2Yw>

¹¹² DatasheetCatalog.com. (n.d.). *Sitio web para la búsqueda de información de componentes electronicos*. Retrieved october 9, 2016, from DatasheetCatalog.com: <http://www.datasheetcatalog.com/>

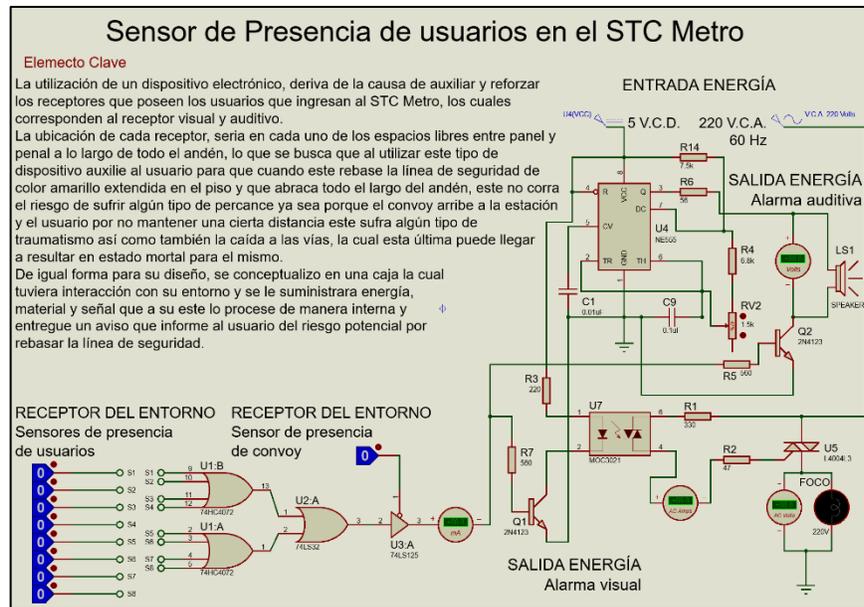


Ilustración 66. Simulación de Diagrama de sensor de Presencia.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para el caso de la simulación y por causas confidenciales del sensor de presencia se optó por la utilización de elementos digitales ya que como se explicó con anterioridad al suministrar voltaje a un circuito con un valor ≥ 5 volts este es considerado en Alto o un valor digital “1” por lo que para su representación se utilizó la pulsación digital la cual representa en la realidad que un usuario ha cortado el haz infrarrojo de alguno de los sensores por lo cual es causado por rebasar la línea de seguridad amarilla. Como se mostró en la Tabla 26, si alguna persona por cualquier tipo de causa rebaza con una de sus extremidades ya sea la cabeza, el torso o un pie la distribución de los sensores permitirá crear una barrera infrarroja que advertirá al usuario su estado actual de riesgo. Cabe el señalar que al instalar mayor cantidad de sensores al espacio de mampara esta producirá una barrera más íntegra por los las líneas de luz infrarroja que la constituyen, como se muestra en la Ilustración 67.

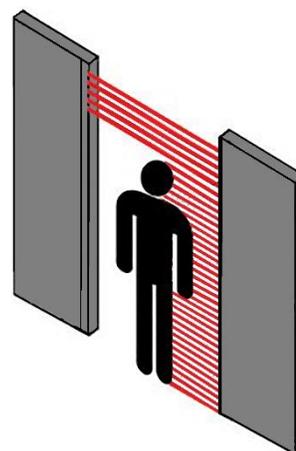


Ilustración 67. Sensores Infrarrojos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La señal o pulso suministrado es transmitido a una de las entradas de la 74HC4072 como se muestra en la Ilustración 68 de los cuales mediante su operación lógica son encargadas de interpretar y transmitir el resultado a la siguiente compuerta 74LS32 la cual bajo la misma lógica que su antecesora entrega un resultado final correspondiente a los sensores encausados a los usuarios sobre el andén.

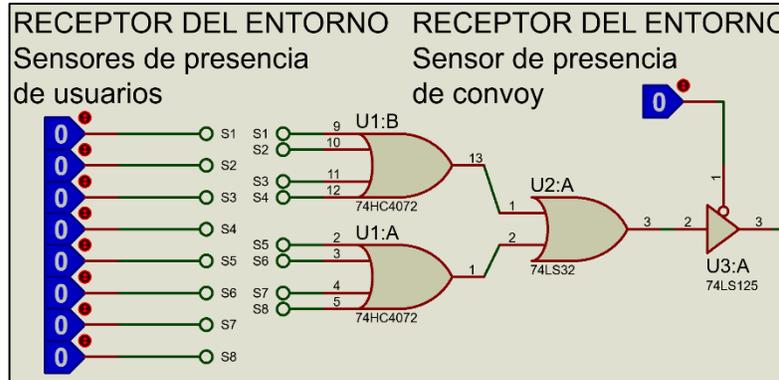


Ilustración 68. Receptores del entorno y compuertas Lógicas.
Fuente: Elaboración propia basada en Tocci, S. Widner, & Moss (2007).

El pulso suministrado de la lógica anterior es procesada por la compuerta lógica 74LS125 la cual se encarga de realizar su propia operación lógica ya que es esta permite o no la conducción del pulso a través del circuito la cual fue obtenida de los sensores de los usuarios, de no ser así esta se sitúa en una alta impedancia lo que hace que el la señal no trascienda a los demás dispositivos para su salida, como se muestra en la Tabla 28.

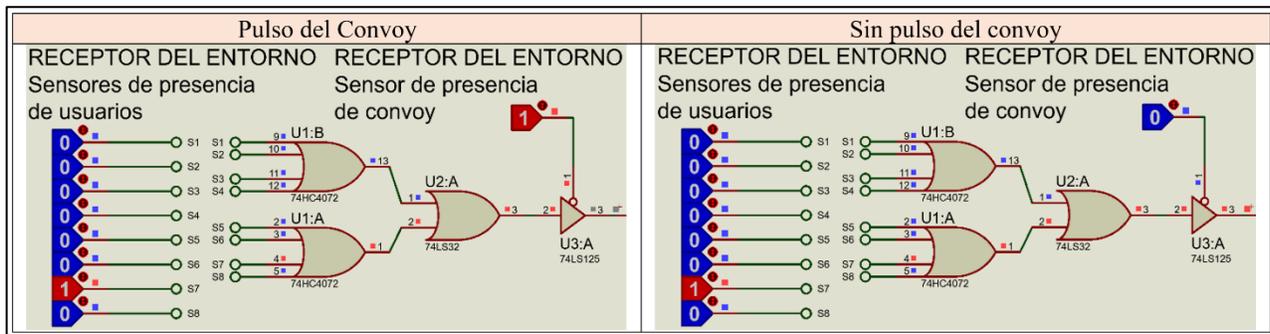


Tabla 28. Lógica de sensor de usuarios y convoy.
Fuente: Elaboración propia basada en Tocci, S. Widner, & Moss (2007).

El pulso emitido por la última compuerta 74LS125 es entregado a los circuitos de audio y video. Lo que respecta al circuito de audio se le es incorporado un transistor NPN BC547, el cual interactúa como un switch que al encontrarse en un estado de corte, este hace que el circuito sea abierto y no permita la conducción de la corriente a la carga negativa. Cuando este pasa a un estado activo por el suministro de amperaje necesario en su Base, este permite el libre flujo de la corriente a través del Colector Emisor cerrando el circuito por completo y permitiendo la salida del pulso Astable que es generado por el TIMER NE555 el cual es entregado a su entorno por medio del uso de una bocina, como se demuestra en la Tabla 29.

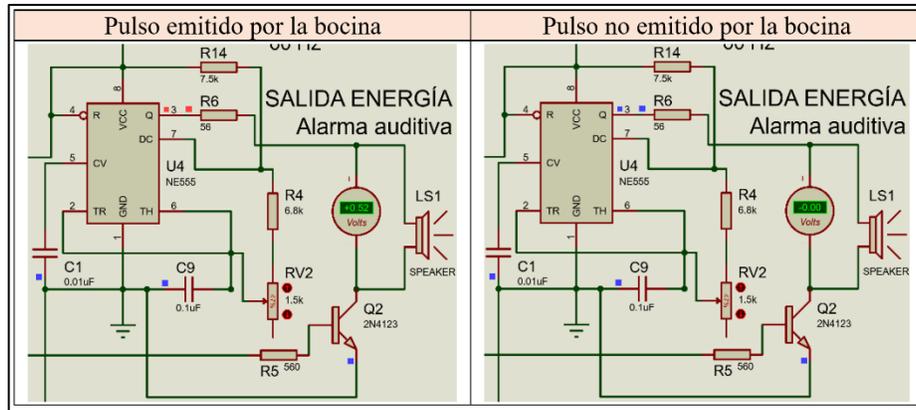


Tabla 29. Bocina en estado alto y bajo.
Fuente: Elaboración propia basada en Boylestad & Nashelsky (2003).

Por otra parte se realiza la misma función para el circuito visual a diferencia de que este en vez de utilizar un transistor BC547 se ocupa un MOC3021 que por medio de la misión de un diodo emisor de infrarrojos y un interruptor bilateral de silicio activado por la luz del led, permite el paso de la corriente Alterna. Este a su vez envió el pulso necesario para activar el Triac por medio de su entrada Gate la cual es la encargada de funcionar como interruptor para la conmutación de la corriente alterna es decir permitir su libre conducción a través de sus dos extremos MT1 y MT2 y así controlar las cargas inductivas y resistivas que pueda poseer el foco en su diseño pero que el TRIAC por sus características técnicas permite operar con cualquier dispositivo eléctrico instalado en operaciones de mayores a los 220 VCA suministrados por el STC Metro. En caso contrario de no ser emitido el pulso el diodo del MOC3021 no es activado y por consecuencia el Triac entra en estado de corte lo que no permite la salida de luz por medio del foco instalado, como es perceptible en la Tabla 30.

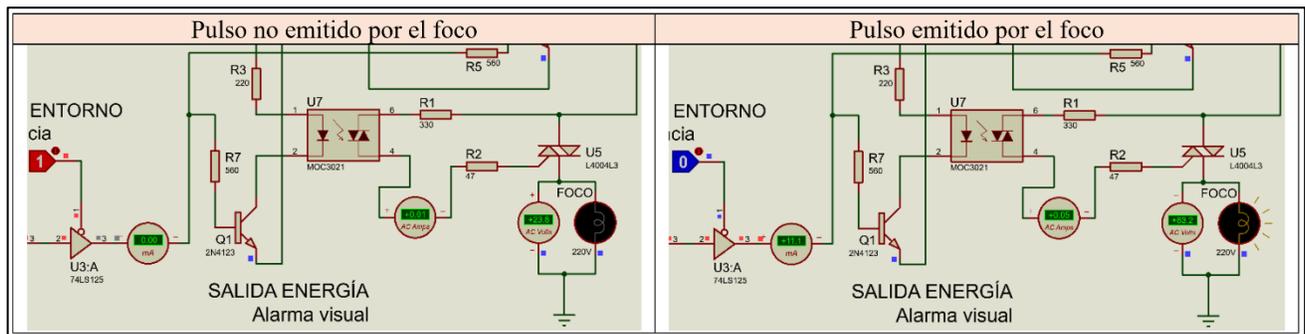


Tabla 30. Foco en estado alto y bajo.
Fuente: Elaboración propia basada en Barrado Bautista & Lázaro Blanco (2007).

De esta forma es como se comprueba la operación del dispositivo y su funcionamiento y procesamiento de información y energía recibida de su entorno para entregar una información procesada al usuario advirtiéndole a este por sus receptores auditivo y visual su estado de peligro y tomar acciones evasivas para no correr un riesgo mayor del cual pueda tener consecuencias fatales y mortales.

3.3.1.1.2 Circuito electrónico 2

Como parte de elemento agregado del cual se da una opción adicional al funcionamiento del dispositivo mostrado con anterioridad, el PIC16F84A muestra una posibilidad de expansión en cuestión de agregar componentes electrónicos que interactúen con él para generar un nuevo valor al concepto diseñado como se muestra en la Ilustración 69. Esto es posible el lograr con la simple instalación de sus componentes de los cuales constituyen al PIC16F84A y que son mostrados en la Ilustración 65 y que son necesarios para su funcionamiento, como es el cristal de cuarzo a una frecuencia de 4MHz la cual realiza su oscilación con la ayuda de dos capacitores conectados en cada punta de este y son encargado de enviar a sus puerta de Reloj y RA1 del microprocesador, esto con el propósito de que este pueda ejercer los cambios internos para lo cual fue programado.

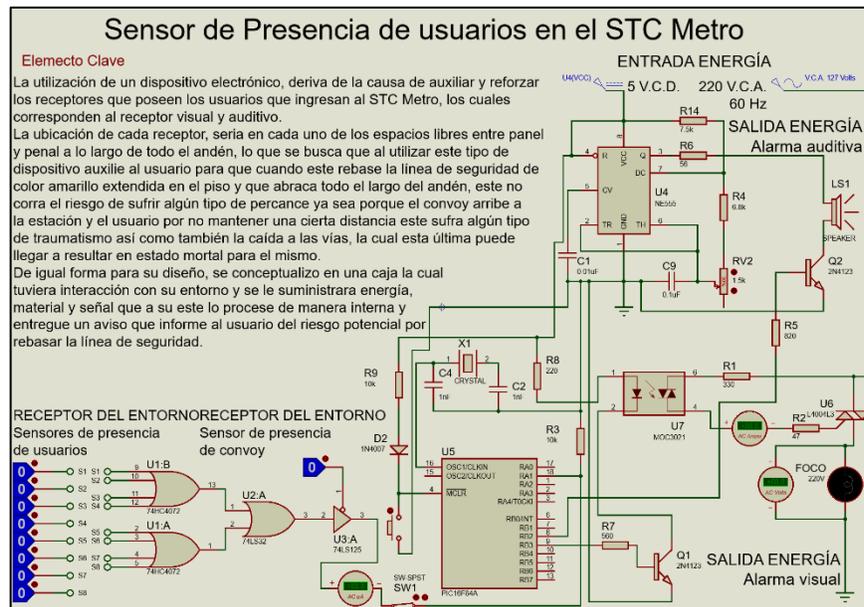


Ilustración 69. Simulación de Diagrama de sensor de Presencia con PIC16F84. Fuente: Elaboración propia (2016).

El programar un PIC16F84a es necesario recurrir a dos programas encargados de llevar a cabo este propósito los cuales son: Universal Serial Device Programmer y MPLAB IDE.

MPLAB IDE; Es el software encargado para el diseño de la programación interna del microcontrolador, el cual para este caso se utilizó el MPLAB IDE Versión 6.60.00.0 Copyright © 2002-2004. Este interfaz permite a un programador realizar las instrucciones que el microprocesador debe realizar al ser puesto en marcha. La forma de programación que este utiliza es de bajo nivel ya que permite la programación de una forma muy parecida al lenguaje en C, a excepción que este no requiere del llamado de carpetas para realizar sus trabajos correspondientes, pero que sin embargo si requiere de la especificación del PIC a utilizar. Se inicia asignando el banco a utilizar para posteriormente realizar la configuración de sus puertos, ya sean estos de entrada, salida o ambos. Posteriormente se realiza la programación del funcionamiento del Microprocesador del cual es detallado en la Ilustración 70.

```

MPLAB IDE v6.60 - [C:\Users\pirul_000\Desktop\ELEMENTO CLAVE CON PIC16F84A Y CRISTAL\PROGRAMA PARA SENSOR\Sensor.asm]
File Edit View Project Debugger Programmer Tools Configure Window Help
Checksum: 0x3bff

1
2 LIST P=PIC16F84A
3 INCLUDE <P16F84A.INC>
4
5 ORG 0
6
7 BSF STATUS,RP0 ;INGRESA A BANCO1 PARA CONFIGURAR PUERTOS
8 BSF TRISA,1 ;DECLARA EL PUERTO RA1 COMO ENTRADA
9 BCF TRISB,2 ;DECLARA EL PUERTO RB2 COMO SALIDA
10 BCF TRISB,3 ;DECLARA EL PUERTO RB3 COMO SALIDA
11 BCF STATUS,RP0 ;REGRESA A BANCO 0
12
13 ;*** POSGRADO MAESTRÍA EN INGENIERIA DE SISTEMAS***
14 ;*** ALUMNO PORTILLO VILLASANA GERARDO DE JESUS***
15 ;*** INICIO DEL PROGRAMA PARA SENSOR DE PERSONAS EN EL STC METRO***
16
17 INICIO BTFSS PORTA,1 ;PREGUNTA POR UN PULSO ALTO (1), EN LA ENTRADA RA1
18 GOTO INICIO ;SI NO DETECTA UN PULSO ALTO, REGRESA A LA ETIQUETA "INICIO"
19 BSF PORTB,2 ;SI DETECTA UN PULSO ALTO, MANDA PULSO A LA SALIDA
20 BSF PORTB,3 ;SI DETECTA UN PULSO ALTO, MANDA PULSO A LA SALIDA
21 GOTO APAGAR ;PASA A APAGAR
22 APAGAR BTFSC PORTA,1 ;PREGUNTA POR UN PULSO BAJO (0), EN LA PUERTO RA1
23 GOTO APAGAR ;SI NO DETECTA UN PULSO BAJO, REGRESA A LA ETIQUETA "APAGAR"
24 BCF PORTB,2 ;SI DETECTA UN PULSO BAJO, NO MANDA PULSO A LA SALIDA
25 BCF PORTB,3 ;SI DETECTA UN PULSO BAJO, NO MANDA PULSO A LA SALIDA
26 GOTO INICIO ;REGRESA A INICIO
27
28 END

```

Ilustración 70. Programación del PIC16F84A.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Con la programación presentada en la ilustración anterior, permite dejar libre de uso de otras compuertas que pueden ser utilizadas por STC Metro para otro fin del cual deseen efectuar en el futuro. Universal Serial Device Programmer IC-Prog versión 1.06C es una plataforma que permite cargar la información programada en MPLAB IDE de manera física al microcontrolador mediante el uso Kit programador de los PIC (16F84, 16F628) Clave 513: Mi_prog el cual es distribuido por Electrónica Estudio.com, ya que este realiza la interfaz de la computadora con el PIC del cual se muestra en la Ilustración 71. No se detallara el uso de este software ya que solo para el transcurso de esta investigación solo se desarrollar la simulación del microcontrolador por lo que de ser necesario el conocer del funcionamiento del software puede ser conseguido directamente con el proveedor en www.ic-prog.com para información más detallada.

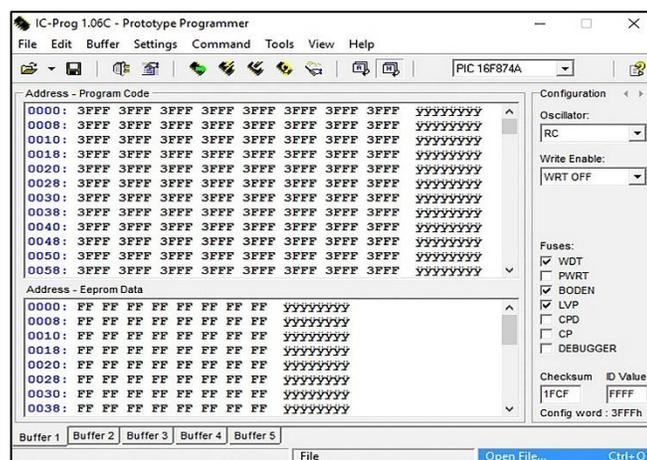


Ilustración 71. Prototype Programmer.
Fuente: IC-Prog versión 1.06C (2016).

Al haber realizado la instalación del microcontrolador en el diagrama eléctrico, se le asignaron sus rangos operacionales los cuales son la frecuencia operacional del reloj, la cual es la del cristal de cuarzo a 4 MHz y la carga del programa operacional, asignando la ruta de su ubicación de este y del cual se muestra en la Ilustración 72.

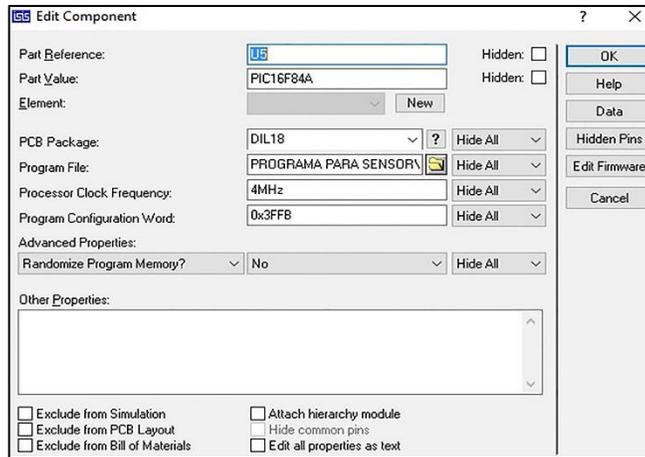


Ilustración 72. Frecuencia del Reloj y archivo del programa diseñado.
Fuente: Elaboración propia (2016).

De igual forma que el anterior se realizó la simulación y comprobación del comportamiento con el circuito previamente diseñado y mostrado en la Ilustración 69, a lo cual no se alteró en lo más mínimo su operación de cuatro estados posibles dejando la oportunidad de expansión de su diseño de acuerdo a las necesidades y criterio del STC Metro. Para la demostración del buen comportamiento y funcionamiento del PIC16F84A se expone en la Ilustración 73, Ilustración 74 e Ilustración 75.

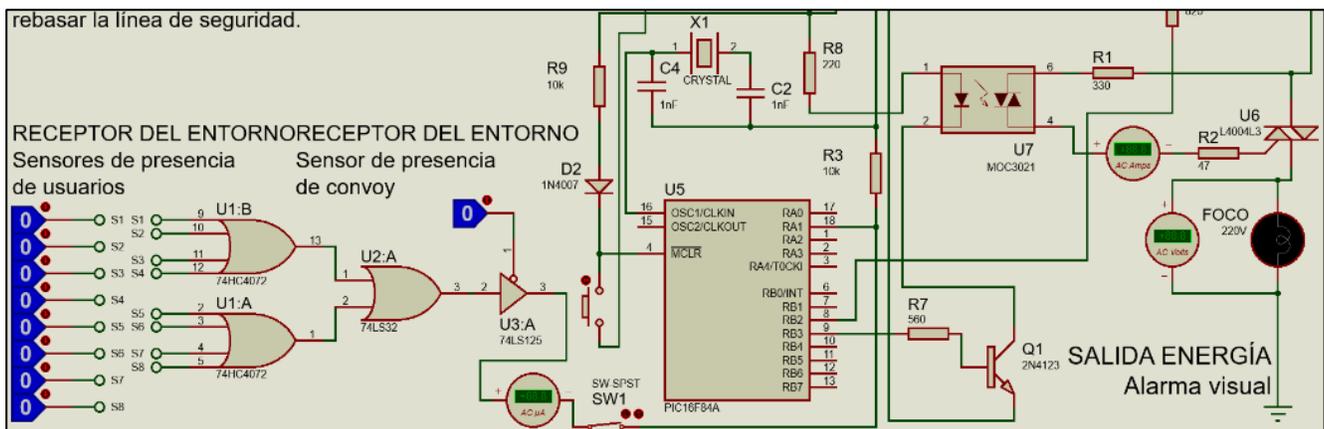


Ilustración 73. Simulación del PIC16F84A sin pulso de usuario y convoy.
Fuente: Elaboración propia (2016).

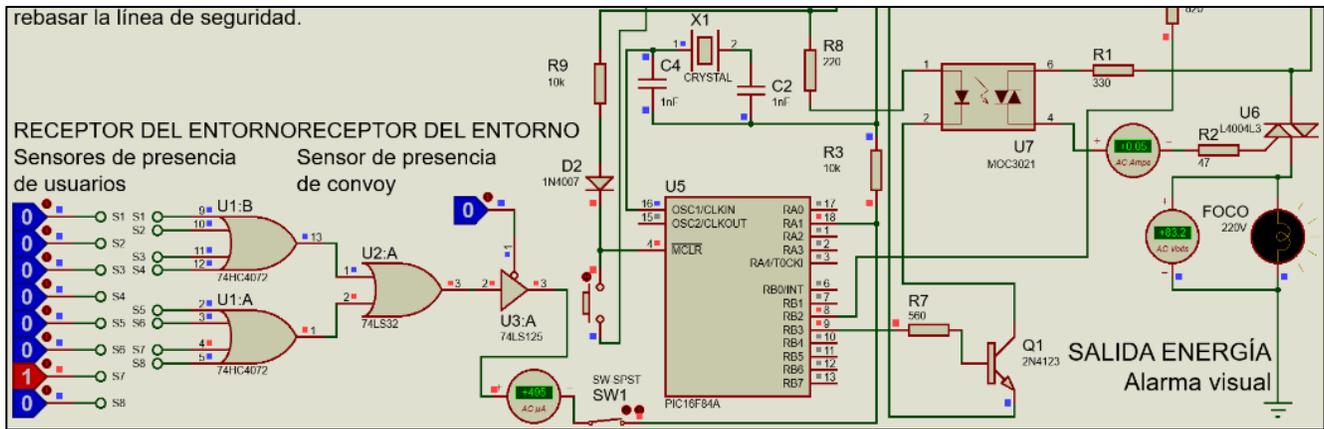


Ilustración 74. Simulación del PIC16F84A con pulso de usuario y sin pulso de convoy.
Fuente: Elaboración propia (2016).

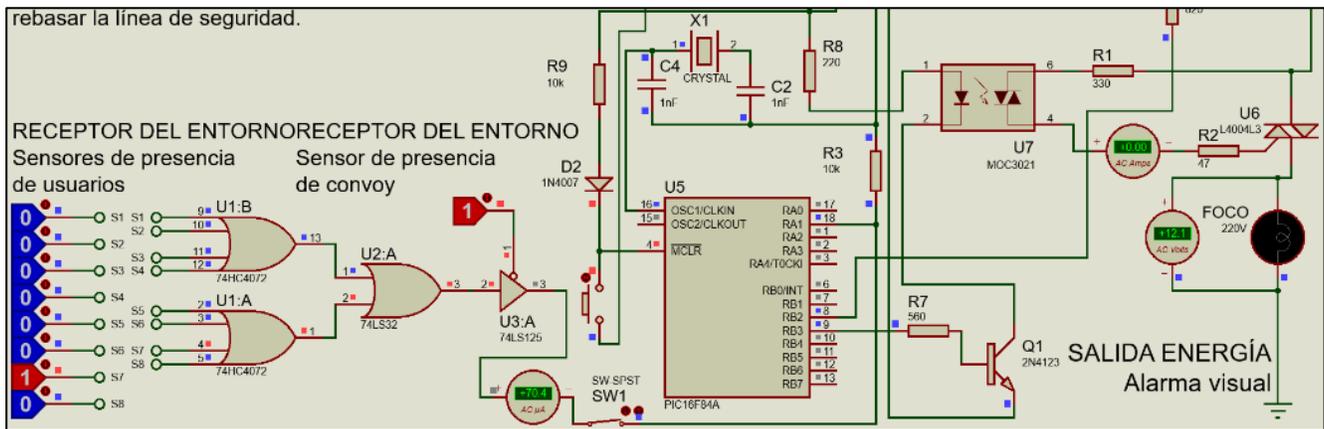


Ilustración 75. Simulación del PIC16F84A en estado de Alta impedancia de la compuerta 74LS125 con el pulso de usuario y convoy.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Con esto se comprueba el funcionamiento y procesamiento de información del circuito electrónico con la programación del microcontrolador PIC16F84A el cual demuestra un excelente desempeño al procesar la información recibida de su entorno por medio del uso de los receptores los cuales se encargan de entregar una señal de advertencia al usuario por medio de un pulso electrónico y el cual es entregado al entorno mediante el uso de dispositivos auditivo y visual.

3.3.1.2 Simulación del STC Metro

Como se ha venido comentando a lo largo de la tesis, el diseño del concepto fue planeado para responder a su entorno que lo envuelve el cual para este caso de estudio es el STC Metro. Sin embargo es necesario conocer cuáles son las características que este posee en su estructura y sus procesos para que el nuevo concepto opere y sea instalado de mejor manera adecuada. Como forma particular del servicio de transporte es el contar con material rodante el cual permita el flujo de usuarios entre estaciones y ser trasladados a los distintos puntos de la Ciudad de México por lo que para lograr llevar a cabo este proceso el STC Metro posee un parque vehicular de 390 trenes (321 neumáticos y 69 férreos) y de los cuales se muestra en la Tabla 31.

Rodadura	Número de Trenes	Numero de carros
Neumática	292	9
	29	6
Férrea	12	9
	27	6
	30	7

Tabla 31. Parque Vehicular.
Fuente: STC Metro¹¹³ (2014).

Es común que la solicitud de la demanda de usuarios que soliciten transportes en ciertos horarios se vea rebasado en su capacidad por lo que para operar en horas pico se utilizan en operación de 282 trenes, los cuales son distribuidos en cada una de las 12 líneas que este posee en su estructura física como muestra la Tabla 32 y los 108 materiales rodantes restantes se distribuyen al mantenimiento.

Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	12	Total
Trenes	49	40	50	12	25	17	33	30	29	30	39	36	390

Tabla 32. Distribución de Trenes.
Fuente: STC Metro (2014).

La cantidad de trenes en cada línea varía de acuerdo a la redistribución del parque vehicular la cual está en función de las necesidades del servicio. Con el objetivo de proporcionar un mejor servicio, el STC Metro modificó sus convoyes compuestos solo por seis vagones a convoyes de nueve carros con el fin de incrementar la frecuencia del paso de los convoyes, como muestra la Tabla 33.

Vagones por Tren	Sentados	Parados	Total
6	240	780	1020
7	336	1139	1475
9	360	1170	1530

Tabla 33. Capacidad de pasajeros por Convoy.
Fuente: STC Metro (2014).

La conformación y características del material rodante se distinguió por estar a la vanguardia tecnológica de su tiempo sin embargo a nuestra actualidad estas pueden verse obsoletas al verse rebasadas por su capacidad de pasajeros. Las constructoras Concarril, Bombardier, Alstom y CAF son las actuales firmas operando en el STC Metro. En la Tabla 56 ubicada en el Anexo E año en la que se realizó el pedido al fabricante, no al año en que fueron puestos en servicio.

Los trenes de la Línea 2 son unos de los que cuentan con nueva tecnología, contando con un sistema de tracción asíncrono (motores de corriente alterna) y equipos informáticos para el mando y control de los sistemas de conducción, comunicación y señalización del tren. Parte de sus características físicas involucra sus dimensiones y capacidad del tren, ya que fue incrementado su longitud total del tren en 2.4 metros, debido a la instalación de pasillos de intercurrencia entre carros, los

¹¹³ STC Metro. (5 de diciembre de 2014). Parque Vehicular: STC Metro. Recuperado el 25 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/index.html>

cuales permiten el cambio de carro a carro durante el trayecto entre estaciones. La instalación de asientos laterales tipo banca en conjunto con los pasillos, permiten incrementar hasta un 6% la capacidad de pasajeros. Para conocimiento a mayor detalle de las capacidades de los convoyes se recomienda el revisar la Tabla 57 incluido en el Anexo F. La conformación de un convoy del STC Metro se lleva acabo de la siguiente manera: Cada convoy es compuesto por nueve vagones como muestra la Ilustración 76. Seis de estos son motrices (M), ya que poseen tracción propia y entre todos arrastran al convoy; ocupan las posiciones de principio a fin 1, 3, 4, 6, 7 y 9. Los vagones restantes son remolques (R), lo que significa que no poseen tracción propia (STC Metro, 2014).

M: Representa a los vagones motrices equipados con cabina de conducción y con tracción propia.

N: Representa a los vagones motrices que con tracción propia y sin cabina de conducción.

R: Representa a los vagones remolques.

PR: Representa al vagón remolque central que cuenta con el equipo del sistema de pilotaje automático.



Ilustración 76. Composición Convoy de nueve vagones.
Fuente: STC Metro (2014).

Para el caso de los convoyes de seis vagones como se muestra en la Ilustración 77, cuatro de ellos son motrices y dos remolques. Esta formación puede aumentarse a 9 vagones, dependiendo de la demanda de transporte.



Ilustración 77. Composición Convoy de seis vagones.
Fuente: STC Metro (2014).

Al conocer el tipo de formaciones de la cual puede estar configurado un convoy y tras el previo análisis que se llevó acabo en la Ilustración 35, en la cual se mostró la existencia de siete estaciones ubicadas en una zona de pocos significantes, que representan ser puntos estratégicos para ser intervenidos y brinden una considerable mejora al STC Metro. Se seleccionó a la estación Zócalo contenida en la Línea 2 como muestra la Ilustración 78 para ser simulada, ya que esta representa un mayor impacto en afectación al STC Metro. Al preferir solo una estación con el propósito de ser examinada deriva de la percepción en la complejidad que implica el STC Metro para analizar cada una de las estaciones, ya que cada una posee características diferentes en su estructura y diseño, por lo que no es posible generalizar un concepto o bien para todo el STC Metro. Por otra parte del mismo modo fue la selección de la estación Zócalo debido a que es una de las estaciones que posee la Línea 2 del STC Metro y de acuerdo a la Ilustración 31, esta representa un 26.57% de las líneas más afectadas ante los incidentes.



Ilustración 78. Línea 2 del STC Metro.
Fuente: STC Metro (2014).

Es la línea 2 de la red del STC Metro en la Ciudad de México, que recorre gran parte de la ciudad y de su Estado. Posee una longitud de 23 Km 431 m (en servicio 20 Km 713 m y el resto se usa para maniobras). Como se muestra en la Tabla 58 es integrada por veinticuatro estaciones, cinco de ellas son de correspondencia con otras líneas, diecisiete son de paso y dos terminales; Del total de estaciones, catorce estaciones son subterráneas y diez son superficiales (STC Metro, 2014)¹¹⁴. La estación del Zócalo la cual se presenta su emblema en la Ilustración 79 es ubicada en el centro de la ciudad en la plaza de la Constitución, la cual es rodeada por gran cantidad de edificios de una riqueza arquitectónica histórica inigualable, como son el propio Palacio Nacional, sede de las oficinas del presidente de la República, el edificio Virreinal, sede del Gobierno del Distrito Federal y la Catedral metropolitana como muestra la Ilustración 80.



Ilustración 79. Estación Zócalo.
Fuente: STC Metro (2014).

¹¹⁴ STC Metro. (2014). La Línea 2: STC Metro. Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/red/linea2.html>



Ilustración 80. Zócalo México.
Fuente: Watson¹¹⁵ (2010).

Su ubicación geográfica es en las coordenadas 19° 25' 59.69" N, 99° 7' 58.44" W, ubicándolo en la Delegación Cuauhtémoc como se muestra en la Ilustración 124¹¹⁶ situada en el Anexo L. La estación posee seis salidas u entradas de acceso de las cuales sus ubicaciones son:

- Oriente: Palacio Nacional Colonia Centro.
- Poniente: Plaza de la Constitución Colonia Centro.
- Suroriente: Avenida Pino Suárez esquina Corregidora (junto a la Suprema Corte de Justicia) Colonia Centro.
- Sur poniente: Avenida Pino Suárez casi esquina Venustiano Carranza Colonia Centro.
- Nororiente: Palacio casi esquina calle Moneda Colonia Centro.
- Norponiente: Catedral Metropolitana de la Ciudad de México.

El horario en la que realiza el servicio de transporte a los usuarios en la estación es:

- Días Laborales de 5:00 a 24:00 horas.
- Sábados de 6:00 a 24:00 horas.
- Domingos y días festivos de 7:00 a 24:00 horas.

La longitud del andén en la estación Zócalo se estima con exactitud de ciento cincuenta metros y su longitud de interestación de acuerdo a la Coordinación de Desarrollo Tecnológico (Coordinación de Desarrollo Tecnológico, 2014)¹¹⁷; Allende- Zócalo es de seiscientos dos metros; Zócalo – Pino Suárez es de setecientos cuarenta y cinco metros. Esta información fue necesaria para ser comparada con el levantamiento del terreno para ser simulado posteriormente. Cabe el mencionar que como se ha estimado la estación no posee con exactitud 150 metros de largo en su andén ya que de acuerdo a datos elaborados personalmente su distancia fue de 147.2 metros, de los cuales representan un acceso libre a las vías del STC Metro y 1.3 metros

¹¹⁵ Watson, M. (13 de marzo de 2010). Flickr: Ayuda a la gente a poner sus fotos a disposición de las personas que les importan. Recuperado el 24 de junio de 2016, de flickr: <https://www.flickr.com/photos/funkenclimb/4444280055/in/set-72157623106011400>

¹¹⁶ STC Metro. (2014). Estación Zócalo: STC Metro. Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/red/estacion.html>

¹¹⁷ Coordinación de Desarrollo Tecnológico. (2014). Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/longestaciones.html>

adicionales en los extremos del andén que son utilizados para la colocación de cuadros pictóricos de la zona, como muestra la Ilustración 81.



Ilustración 81. Estación Zócalo de la Línea 2 del STC Metro.
Fuente: Notimex¹¹⁸ (2014).

El software Autodesk Revit es una plataforma de Modelado, desarrollado por la compañía Autodesk. Permite el diseño y simulación de construcciones arquitectónicas, civiles, eléctricas y de tubería, con elementos de modelación basados en objetos de tercera dimensión. Es una herramienta es muy concurrida por arquitectos ya que posee una gran librería que permite el agregar familias para diseños específicos de acuerdo a lo necesitado por el arquitecto. En este sentido fue necesario recurrir a este tipo de plataforma ya que permite con la mayor exactitud posible para crear los planos arquitectónicos de la estación el Zócalo y mostrados en la Ilustración 125 ubicada en el Anexo M. La posibilidad de crear un nuevo diseño el cual sea compuesto por una estructura física elaborada a base del uso de mamparas seccionadas y distribuidas a lo largo del andén, es generada con el propósito de salvaguardar la vida del usuario durante el tiempo de espera para el arribo del convoy a la estación. Esta acción significa una reducción de espacios libres que limitaran físicamente al usuario en la acción de rebasar la línea amarillas de seguridad y que no representan ninguna funcionalidad para abordar o desalojar el convoy en la estación y solo dejar los espacios donde se ubican las puertas del convoy como muestra la Ilustración 82, lo que además permite el orientar y ubicar a los usuarios en espacios seguros, con la intención de mejorar el ambiente haciéndolo más confiable.

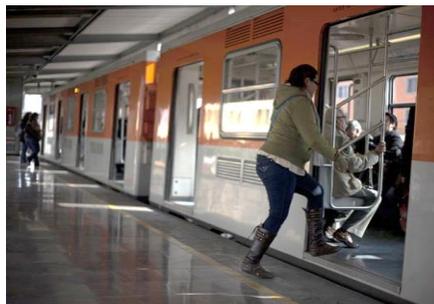


Ilustración 82. Convoy de la línea 2 del STC Metro.
Fuente: Betanzos¹¹⁹ (2012).

¹¹⁸ Notimex. (13 de septiembre de 2014). La Razón Online. Recuperado el 12 de febrero de 2016, de La Razón: <http://www.razon.com.mx/IMG/arton229176.jpg>

¹¹⁹ Betanzos, D. (8 de febrero de 2012). Periódico electronico. Excelsior. Recuperado el 4 de octubre de 2016, de Excelsior: <http://www.excelsior.com.mx/2012/02/08/comunidad/808895>

Se desea que este tipo de intervención al actual andén del Zócalo origine un beneficio, ya que de acuerdo al levantamiento realizado del andén y la información recabada de la Tabla 56 que limitara de forma física 80 metros a lo largo del andén y los cuales son mostrados en la Ilustración 83, Ilustración 84 e Ilustración 85.

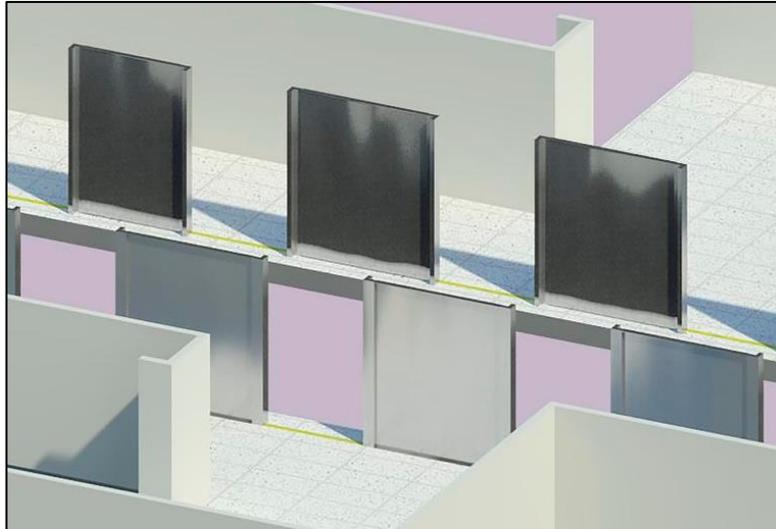


Ilustración 83. Simualción 1 de mamparas en la estación Zócalo del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

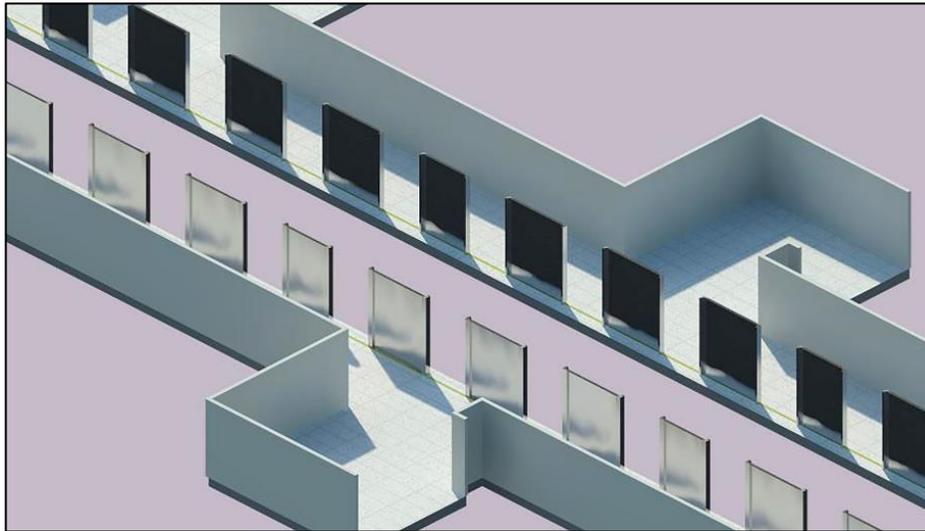


Ilustración 84. Simualción 2 de mamparas en la estación Zócalo del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

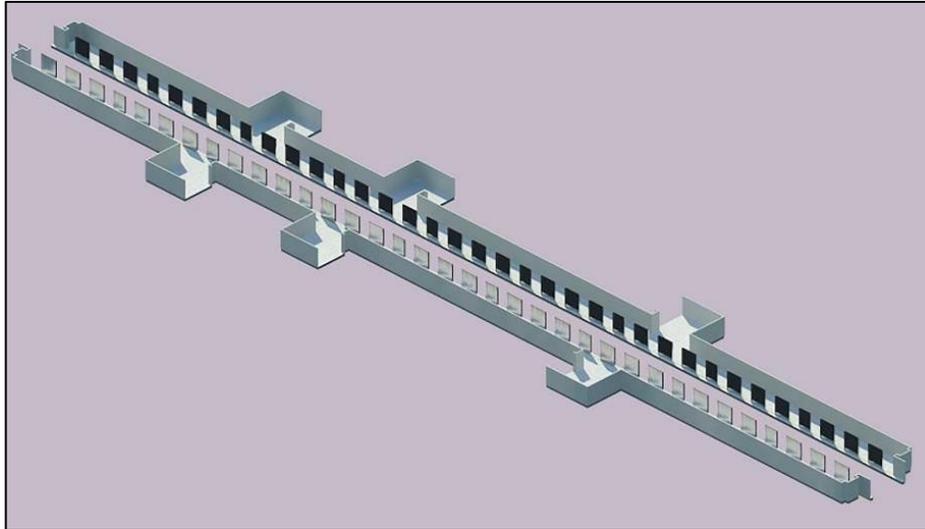


Ilustración 85. Simulación 3 de mamparas en la estación Zócalo del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

En la actualidad la estación del Zócalo al no poseer una limitante física representa un cien por ciento de probabilidad de que cualquier persona sufra un incidente no previsto en cualquier punto en el andén, la cual el aplicar el uso de mamparas brinda una oportunidad para la reducción de probabilidad de incidentes dentro de la misma, ya que se eliminan espacios libres de acceso y de los cuales se muestra en la Tabla 34. Cabe el agregar como punto subclave de esta acción, la posible consideración por parte del STC Metro para ejercer maniobras de afluencias de usuarios en horas pico ya que estas zonas cubiertas físicamente representan la capacidad de espacios libres para el libre flujo de personas en horarios de mayor afluencia.

Sección	Cantidad	Total	Medida (metros)	Metros por andén	Total de Metros	Valor unitario	Valor porcentual	Valor Total	Uso de concepto
Mampara de ventana	27	35	2.4	64.8	80	0.4402	44.02%	54.34%	Limitación física
Mampara de conexión entre vagones	8		1.9	15.2		0.1032	10.32%		
Espacios libres para puertas de convoy	34	34	1.86	63.24	67.2	0.4296	42.96%	44.56%	Utilización de sensores de presencia

Tabla 34. Medidas de mamparas en el andén del Zócalo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para la selección de simulación de materiales fue necesario recorrer la diversidad de estaciones del STC Metro y conocer la preferencia que este tiene por uso de materiales dentro de sus instalaciones, a lo cual fue notable la utilización de acero inoxidable como hace muestra la Tabla 35. Esto ya que los torniquetes, como escaleras mecánicas eléctricas paredes de ciertas estación de la línea 8 y la correspondencia que existe entre línea 7 y 12 es común el visualizar el uso de este tipo de materiales.



Tabla 35. Utilización de aceros inoxidable en el STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La selección por el uso de este tipo de material proviene del conocimiento de ser un metal no corrosible y perdurable, ya que es conocido por todos los capitalinos que dentro de las instalaciones existen fallas y averías estructurales de las cuales en ciertas estaciones son perceptibles visualmente y en cuyos casos llega a presentar filtración de líquidos dentro de ellas como se muestra en la Tabla 36.



Tabla 36. Inundación y filtración de agua dentro de las instalaciones del STC Metro.
Fuente: @rtellez77¹²⁰ (2014) y Mendez Santa Cruz¹²¹ (2012).

3.3.1.3 Simulación basada en agentes

El estudio efectuado ha sido mediante mediciones y datos estadísticos los cuales se han realizado en hojas de cálculo de operaciones complejas para su análisis, sin embargo esta representa una limitación ya que estas carecen de la habilidad para crear aleatoriedad con los datos ingresados. La aleatoriedad es un punto es clave conocer ya que permite identificar si el concepto desarrollado es apropiado para su creación en la realidad, por lo que se recurre al uso de un software capaz de entregar aleatoriedad a los datos recaudados a lo largo de esta investigación, ya que la utilización de la simulación es una herramienta experimental para la industria. Para la comprobación de la eficiencia del concepto diseñado en este trabajo, fue riguroso recurrir al planteamiento teórico del “ciclo de modelación” el cual involucra el Problema, Modelo conceptual y computacional para el entendimiento y posteriormente efectuar la validación y verificación (Huerta Barrientos, 2014)¹²². El planteamiento del espacio muestral de esta tesis es retomado para efectuar el análisis de los experimentos por lo que se consideró software que permitieran el modelar y simular eventos de distribución binomial de eventos aleatorios discretos totalmente independientes. La distribución binomial, planteada por Jacob I. Bernoulli (1654-1705), suele ser una de las más sencillas ya que solo estudia solo dos posibles

¹²⁰ @rtellez77. (26 de mayo de 2014). Noticias de hoy en México, última hora en actualidad política, policía, finanzas, deportes y cultura, toda la información nacional y del mundo en Milenio Diario. Recuperado el 5 de febrero de 2016, de Milenio: <http://www.milenio.com/df/Metro-estacion-Toreo-andenes-del-Toreo-Linea-2-Sistema-de-Tranporte-Colectivo-Metro-se-inundan-andenes-del-Toreo-0-305969770.html>

¹²¹ Mendez Santa Cruz, M. (28 de julio de 2012). Disfruta los videos y la música que te encantan, sube contenido original y compártelo con tus amigos, familiares y el resto del mundo en YouTube. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=7krXT2hnFw4>

¹²² Huerta Barrientos, A. (2014). Metodología basada en modelos de simulación para el análisis de sistemas complejos (MoSASCoM). México, México. Recuperado el 12 de octubre de 2016

resultados, de los cuales son constantes e independientes entre sí. Bernoulli plantea la existencia de dos posibles resultados, de las cuales son el éxito y fracaso de un experimento (Sánchez Corona, 2004), como se muestra en Ilustración 86.

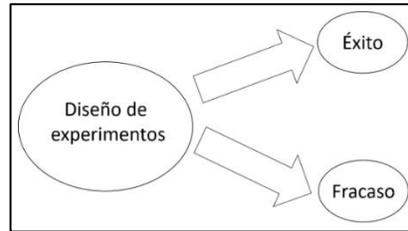


Ilustración 86. Comprobación Bernoulli.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La utilización de software de simulación permite la imitación de la realidad mediante el uso de agentes los cuales entrega la aleatoriedad de una persona en un entorno tal como es el comportamiento de usuarios dentro de una estación perteneciente al STC Metro. Esta herramienta permite plantear soluciones al STC Metro ya que este posee problemas tan complejos de los cuales es difícil proponer cambios que de llevarse a cabo en la realidad pueden significar costos muy elevados y con alto índice de posibilidad de una tendencia a ser un fracaso. La diversidad de softwares en simulación de agentes comprende una inmensa gama de variedad, pero de los cuales pocos permiten la simulación de un Híbrido entre la modelación de agentes y modelación de eventos discretos. Para el caso de esta investigación los encargados de estudiar eventos tales como accidentes de personas dentro de una industria o en espacios abiertos son escasos. Sin embargo para este caso se recurrió al uso del software de simulación de modelos Anylogic 7.3.5 Personal Learning Edition, ya que dentro de sus aplicaciones permite manejar tres niveles de abstracción en modelación de sistemas, como se muestra en la Ilustración 87 de los cuales son; Dinámica de sistemas, Modelación basada en agentes y Modelación de eventos discretos. Como se mostró en la Ilustración 24 un incidente involucra un evento discreto dentro de los procesos internos del STC Metro y que es llevado a cabo por una sola persona por diferente tipo de causas genera conflictos internos al STC Metro, por lo cual se seleccionó la Modelación basada en eventos discretos y agentes para la comprobación de la eficiencia que entrega el concepto diseñado previamente.

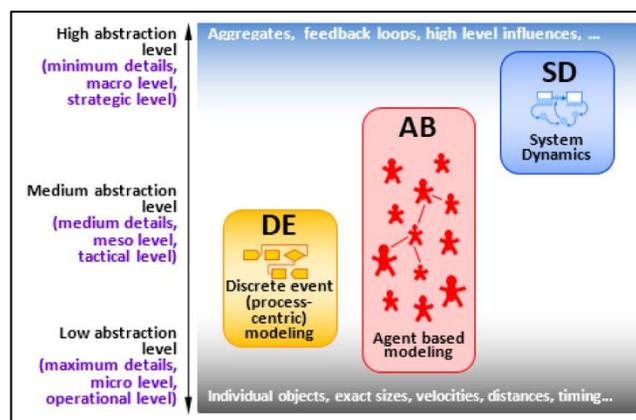


Ilustración 87. Métodos del modelado de simulación.
Fuente: Grigoryev¹²³ (2015).

¹²³ Grigoryev, I. (2015). Anylogic 7 In Three Days. A quick course in simulation modeling (Second ed.). Retrieved January 27, 2016

Para implementar el modelo de simulación se desarrolló el modelo conceptual de las acciones que lleva a cabo cada usuario dentro de la estación al nivel de andén como también muestra el preciso momento en el que interactúan usuario y convoy para posteriormente ambos salir y concluir el modelo. Para esto, se diseñó el diagrama de flujos para entender la interacción entre los usuarios y convoyes dentro de la estación del Zócalo, ver la Ilustración 88.

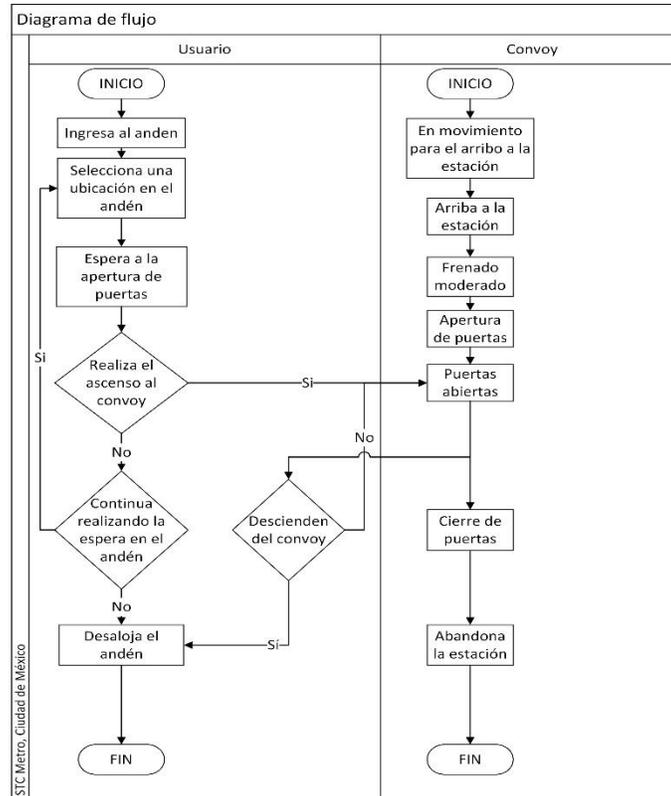


Ilustración 88. Diagrama de flujo de interacciones entre el usuario y del convoy en el andén.
Fuente: Elaboración propia basada en Gutiérrez Pulido & Salazar (2013).

El layout es parte fundamental de la simulación, ya que este es el espacio virtual donde interactúan los agentes durante la duración de la simulación como se muestra en la Ilustración 89, por lo que el levantamiento realizado y dibujado mediante el uso del software Revit en la Ilustración 125 ubicado en el Anexo M, ya que fue de gran apoyo al permitir dimensionar con mayor exactitud la longitud de la estación, como también escalar a cada uno de los agentes que interactúan en la simulación como se muestra en la Ilustración 90 e Ilustración 91.

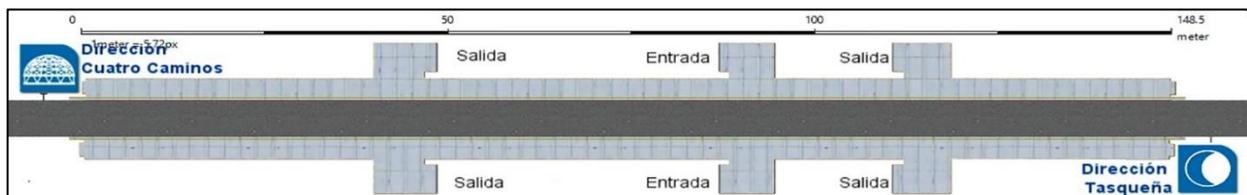


Ilustración 89. Layout de la estación Zócalo STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

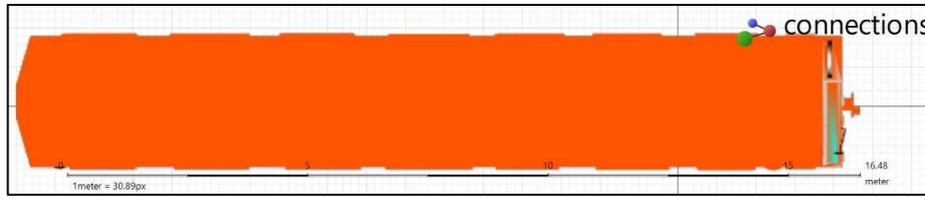


Ilustración 90. Convoy del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

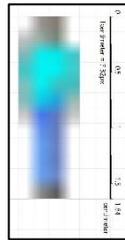


Ilustración 91. Usuario.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Al haber desarrollado los gráficos del espacio virtual fue necesario especificar los procesos que estos realizarían e interactuarían dentro de la simulación, basándose del diseño del flujo de interacciones realizado con anterioridad en la Ilustración 88, de los cuales son demostrados en la Tabla 37. En el primer recuadro de la Tabla 37, se muestra el proceso del convoy al ser llamado como agente por medio de un source y que con un retardo realizado por el delay permite el ingreso del convoy a la estación para posteriormente realizar el proceso de apertura y cierre de puertas para el final salir de la estación. En el segundo recuadro se observa dos diagramas de los cuales el primero del lado izquierdo refiere a los usuarios que ingresan a la estación por medio del convoy con dirección a la salida de la estación. El siguiente diagrama de la derecha hace referencia a los usuarios que ingresan a la estación por las escaleras de descenso de la estación con el propósito de tomar el convoy que ingrese a la estación para iniciar su servicio de transporte.

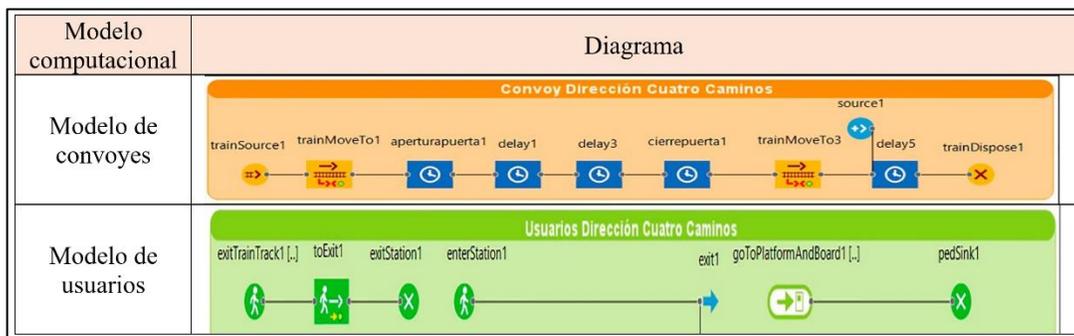


Tabla 37. Modelo computacional.
Fuente: Elaboración propia (2015).

Para el entendimiento de cómo interactúan cada uno de los agentes, se diseñó una interface gráfica la cual permite visualizar la estación en una gran variedad de vistas como se muestra en la Ilustración 92. El cambio de cada una de las vistas, permite visualizar el comportamiento de los agentes al momento de realizar la espera del arribo del convoy a la estación como

también el instante en que descienden y asciende usuarios del convoy y de los cuales se muestra en la Ilustración 93 e Ilustración 94.



Ilustración 92. Simulación principal de la estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

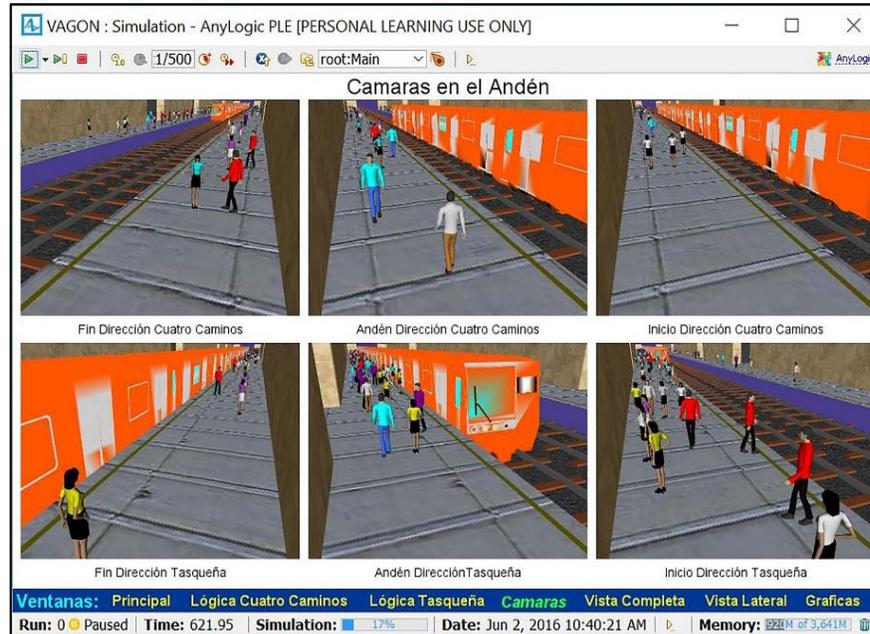


Ilustración 93. Simulación de camaras en la estación del Zócalo al nivel andén.
Fuente: Elaboración propia (2016).



Ilustración 94. Simulación con vista completa de estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Se creó una interfaz amigable para el usuario, se verificó el modelo de simulación eliminando errores de compilación. Se tomaron datos en la estación para definir los tiempos de los procesos y fueron registrados en la Tabla 38, Tabla 39 y la Tabla 40, las cuales refieren a la toma de datos en intervalos de tiempo en segundos y minutos. Esta adquisición fue elaborada en un día habitual en un horario que no reflejara gran cantidad de afluencia de usuarios con el propósito de lograr ser contabilizados cada uno de estos. Esta decisión se realizó por la causa de conocer previamente en esta investigación que un incidente no es dependiente de la alta afluencia de los usuarios dentro de una estación.

Ingreso de usuarios a la estación del Zócalo por minuto.			
Cuatro Caminos		Tasqueña	
21	27	24	23
17	15	18	22
23	13	25	9
19	21	13	6
24	24	21	10
12	11	18	15
16	17	32	10
10	10	26	16
23	16	13	14
20	22	21	18
19	23	21	9
15	17	13	18
24	20	16	16
22	17	27	19
13	15	26	12
24	15	29	14
27	19	22	25
31	18	18	20
16	22	15	9
28	24	14	12
14	15	8	19
20	23	16	16
12	19	11	11
9	16	8	9
22	21	19	17
24	19	16	8
14	21	20	16
22	13	10	23
14	12	8	9
17	18	12	22

Tabla 38. Ingreso de usuarios a la estación del Zócalo por minuto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Cuatro Caminos								
Arribo de Convoy (seg)			Cierre de puertas (seg)			Tiempo de puerta abierta (seg)	Entrada Usuario (seg)	Salida Usuario (seg)
1	27	87	1	44	104	17	12	5
1	1	61	1	31	91	30	27	3
2	37	157	2	57	177	20	14	6
3	55	235	4	13	253	18	13	5
2	50	170	3	15	195	25	18	7
1	55	115	2	11	131	16	11	5
2	43	163	2	58	178	15	11	5
1	50	110	2	9	129	19	15	4
2	37	157	2	58	178	21	15	6
1	17	77	1	33	93	16	11	5
2	11	131	2	32	152	21	15	6
3	46	226	4	6	246	20	14	6
2	48	168	3	6	186	18	13	5
1	4	64	1	39	99	35	31	4
3	18	198	3	39	219	21	15	6
2	13	133	2	28	148	15	11	5
1	51	111	2	10	130	19	13	6
1	40	100	1	56	116	16	11	5
3	39	219	3	52	232	13	9	4
2	36	156	2	58	178	22	16	6
1	54	114	2	10	130	16	11	5
2	10	130	2	28	148	18	15	3
3	27	207	3	44	224	17	13	4
2	31	151	2	45	165	14	10	4

Tabla 39. Ingreso de convoyes a la estación del Zócalo con dirección a Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Tasqueña								
Arribo de Convoy (seg)			Cierre de puertas (seg)			Tiempo de puerta abierta (seg)	Entrada Usuario (seg)	Salida Usuario (seg)
2	26	146	2	44	164	18	13	5
3	12	192	3	34	214	22	18	4
2	3	123	2	37	157	34	28	6
2	3	123	2	23	143	20	17	3
2	16	136	2	37	157	21	15	6
2	45	165	3	17	197	32	27	5
1	32	92	1	58	118	26	21	5
2	21	141	2	53	173	32	25	7
2	0	120	2	28	148	28	22	6
2	35	155	2	59	179	24	20	4
2	47	167	3	12	192	25	19	6
1	43	103	2	6	126	23	16	7
2	40	160	3	6	186	26	20	6
2	28	148	2	47	167	19	15	4
3	15	195	3	39	219	24	21	3
1	36	96	2	2	122	26	22	4
1	10	70	1	37	97	27	22	5
2	36	156	2	57	177	21	16	5
1	11	71	1	42	102	31	25	6
2	25	145	2	58	178	33	26	7
3	4	184	3	34	214	30	24	6
1	5	65	1	28	88	23	19	4
3	16	196	3	44	224	28	23	5
2	57	177	3	19	199	22	16	6
1	17	77	1	39	99	22	18	4
1	7	67	1	37	97	30	25	5
2	7	127	2	28	148	21	16	5

Tabla 40. Ingreso de convoyes a la estación del Zócalo con dirección a Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para el ajuste de los datos se utilizó software Stat::fit Versión 3.0.1.0 Standar de origen canadiense. Utilizando este software se realizó el ajuste de datos de entrada para el modelo de simulación implementado en AnyLogic. Se seleccionaron las funciones de densidad de probabilidad que mejor se ajustaron a los datos. Las distribuciones obtenidas se indican en Ilustración 95, Ilustración 96, Ilustración 97, Ilustración 98, Ilustración 99, Ilustración 100, Ilustración 101 e Ilustración 102. Se sometieron a pruebas de bondad y los resultados se presentan en el Anexo O y Anexo P.

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Negative Binomial(68, 0.785)	100	do not reject
Poisson(18.6)	88	do not reject
Discrete Uniform(9, 31)	0.183	reject
Geometric(0.0511)	0	reject
Logarithmic(0.988)	0	reject

Ilustración 95. Ajuste de bondad de usuarios con dirección a Cuatro Caminos por minuto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Negative Binomial(9, 0.0591)	100	do not reject
Discrete Uniform(61, 235)	52.2	do not reject
Geometric(0.00693)	0.715	reject
Poisson(1.43)	0.223	reject
Logarithmic(0.999)	6.87e-008	reject

Ilustración 96. Ajuste de bondad de convoyes que ingresan con dirección a Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Poisson(14.3)	100	do not reject
Negative Binomial(29, 0.669)	80.3	do not reject
Geometric(0.0652)	0.0231	reject
Discrete Uniform(9, 31)	0.000319	reject
Logarithmic(0.983)	1.1e-006	reject

Ilustración 97. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al entrar al convoy con dirección a Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Binomial(7, 0.714)	100	do not reject
Hypergeometric(9, 10, 17)	98.7	do not reject
Discrete Uniform(3, 7)	53.3	do not reject
Poisson(5)	27.6	do not reject
Geometric(0.167)	0.0123	reject
Logarithmic(0.93)	8.28e-005	reject

Ilustración 98. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al salir del convoy con dirección a Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Negative Binomial(14, 0.46)	100	do not reject
Poisson(16.4)	11	do not reject
Discrete Uniform(6, 32)	1.2	reject
Geometric(0.0573)	0	reject
Logarithmic(0.986)	0	reject

Ilustración 99. Ajustes de bondad de usuarios que ingresan con dirección a Tasqueña por minuto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Discrete Uniform(65, 196)	100	do not reject
Negative Binomial(11, 0.0763)	94.5	do not reject
Poisson(133)	0.418	reject
Geometric(0.00745)	0.175	reject
Logarithmic(0.999)	1.05e-009	reject

Ilustración 100. Ajustes de bondad de convoyes que ingresan con dirección a Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Poisson(20.3)	100	do not reject
Binomial(104, 0.196)	97.5	do not reject
Discrete Uniform(13, 28)	97.3	do not reject
Hypergeometric(234, 80, 920)	87.1	do not reject
Geometric(0.0469)	0.000378	reject
Logarithmic(0.989)	1.36e-009	reject

Ilustración 101. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al entrar al convoy con dirección a Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

autofit of distributions		
distribution	rank	acceptance
Binomial(7, 0.735)	100	do not reject
Hypergeometric(10, 11, 20)	85.5	do not reject
Discrete Uniform(3, 7)	73.9	do not reject
Poisson(5.15)	36.8	reject
Geometric(0.163)	0.00379	reject
Logarithmic(0.933)	1.13e-005	reject

Ilustración 102. Ajustes de bondad de tiempo en segundos de usuarios al salir del convoy con dirección a Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Se utilizó la función de distribución que sugiero el software con mejor calificación en el modelo de simulación. Con el propósito de validar visualmente el modelo con respecto a la situación real de usuarios dentro de la estación Zócalo, a este se le agregó un Mapa de Densidad como se muestra en la Ilustración 103, que permite ubicar las zonas preferidas por los usuarios para efectuar la espera del arribo del convoy a la estación.

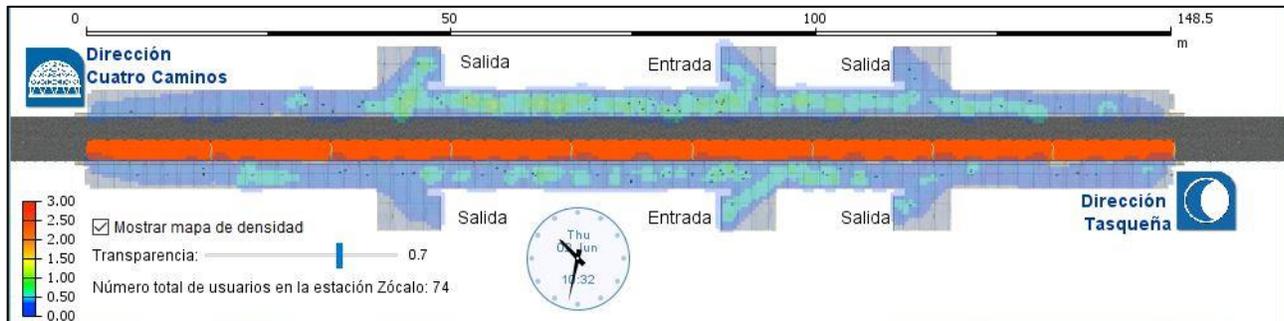


Ilustración 103. Mapa de densidad de usuarios en la estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Esta acción permitió identificar zonas que podrían ser conflictivas y de mayor afectación para la instalación de mamparas dentro de la estación. Para conocer este efecto se diseñó otro modelo conceptual con todos los mismos parámetros que el primero posee, con la diferencia de crear un nuevo modelo conceptual que incluye las causas por medio de las cuales el usuario se ve inmerso en un incidente dentro de la estación, el cual es mostrado en la Ilustración 104.

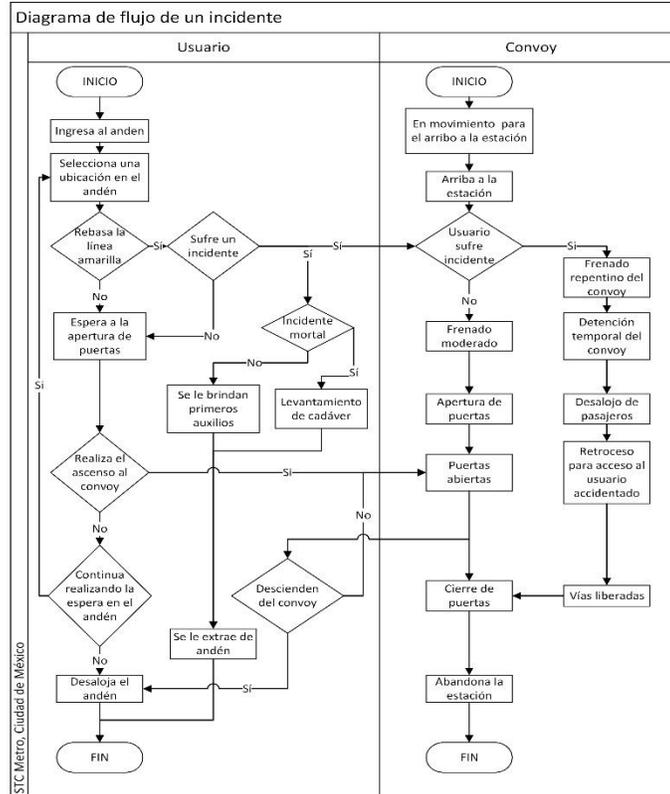


Ilustración 104. Diagrama de flujo de un incidente dentro de la estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia basada en Gutiérrez Pulido & Salazar (2013).

Con base en la simulación, se confirma que los incidentes son eventos difíciles de predecir y de conocer cuando puedan ocurrir, por lo que en el modelo computacional fue necesario recurrir a inducir un agente más, el cual se le asignó ser el causante de desencadenar el evento. Este agente fue ingresado al modelo computacional anterior y del cual se muestra como es su diseño en la Ilustración 105.

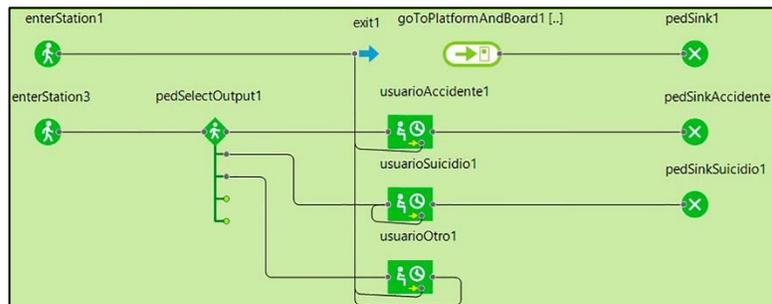


Ilustración 105. Modelo computacional de incidentes dentro de la estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para definir el tipo de incidente que este debe de generar, fue necesario el recurrir a la Tabla 59 se estableció las probabilidades que posee cada evento de ocurrir, ya que de acuerdo a los incidentes acontecidos previamente en la estación del Zócalo y que son mostrados en la Tabla 41.

AÑO (2007-2016)	Afluencia no involucrada en un incidente	ACCIDENTE	SUICIDIO	INTENTO DE SUICIDIO	HOMICIDIO	OTRO	DESCONOCIDO	Total de Afluencia ingresada a la estación Zócalo
Probabilidad	0.9999999706	0.0000000168	0.0000000084	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000042	0.0000000000	1.00
		0.0000000294						

Tabla 41. Probabilidad de incidentes dentro de la estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

Estas probabilidades fueron ingresadas al pedSelectOutput solo habilitando tres de sus cinco posibles salidas como se muestra en la Ilustración 106. Esto debido a que los otros tres eventos que involucran a un incidente no fueron presentes dentro de la estación en un periodo del año 2007 al 2016.

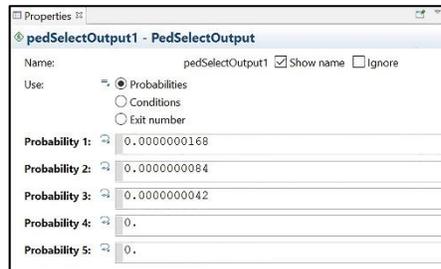


Ilustración 106. Probabilidades de incidentes ingresadas al modelo de simulación.
Fuente: Elaboración propia (2015).

Como parte de los cambios realizados, también fue ingresado el uso de las mamparas para que los agentes no buscaran el rebasar la línea de seguridad amarilla durante su tiempo de espera para el arribo del convoy. De igual forma se ingresaron las Distribuciones estadísticas mencionadas con anterioridad para conocer su comportamiento de la estación e identificar si el uso de estas estructuras físicas causa o no conflictos dentro del andén, como este se muestra en la Ilustración 107, Ilustración 108 e Ilustración 109. Como último cambio realizado al modelo se ingresó la variable de estado en referencia al sensor de presencia como se muestra en la Ilustración 110, la cual interactúa con el usuario y el convoy, activándose y desactivándose en los siguiente estados; cuando el convoy entra o sale de la estación y cuando el usuario rebasa la línea de seguridad, cortando un sensor de presencia infrarrojo como se explicó en la Tabla 26, el cual fue representado por el corte de un haz virtual programado, por medio del uso targets.



Ilustración 107. Modelo de simulación de la estación Zócalo que incluye el uso de mamparas y sensores de presencia.
Fuente: Elaboración propia (2016).



Ilustración 108. Modelo simulación de la estación Zócalo con vista completa que incluye el uso de mamparas y sensores de presencia.
Fuente: Elaboración propia (2016).

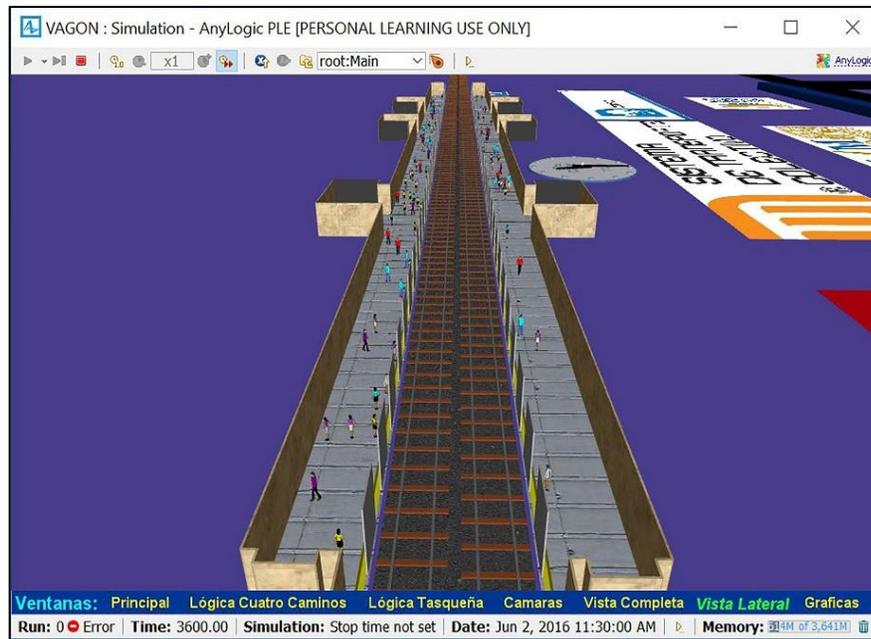


Ilustración 109. Modelo simulación de la estación Zócalo con vista lateral que incluye el uso de mamparas y sensores de presencia.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Variables Cuatro Caminos	
Y	sensorCuatroCaminos
Y	convoyCuatroCaminos

Ilustración 110. Variables de estado de la simulación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para el caso de conocer el nivel de confianza que posee el modelo al momento de realizar los experimentos, se retomó la Tabla 3, para así calcular el margen de error que este maneja, utilizando la suma total obtenida de la Tabla 41 y de los cuales se muestran en la Tabla 42 que demuestra que el margen de error $0.00004423 < 0.01$ por lo que la muestra de experimentos no es rechazada.

α	Nivel de confianza $(1 - \alpha)$	Coficiente de confianza $Z_{\alpha/2}$	Probabilidad de incidente de la estación Zócalo p	Probabilidad de ningún incidente de la estación Zócalo q	Número de experimentos	Margen de error ϵ
0.01	0.99	2.58	0.0000000294	0.9999999706	100	0.00004423

Tabla 42. Margen de error del resultado de numero de experimentos del modelo de simulación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

La media y la desviación estándar de una distribución binomial son medidas de gran utilidad si se considera que una aplicación típica puede resolverse por medio de la distribución normal (Sánchez Corona, 2004). De esta forma se determinó la media y desviación estándar de la distribución normal que puede haber en una muestra de 100 experimentos con la posibilidad de incidente del 0.0000000294 y del cual se muestra en la Ec. 36 y en la Ilustración 111.

$$\mu = n * p = (100)(0.000000294) = 0.00000294$$

$$\sigma = \sqrt{n * p * (1 - p)} = \sqrt{100 * 0.000000294 * (1 - 0.000000294)} = 0.001714642$$

Ec. 36. Media y Desviación Estándar de la Distribución Binomial para población infinita.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

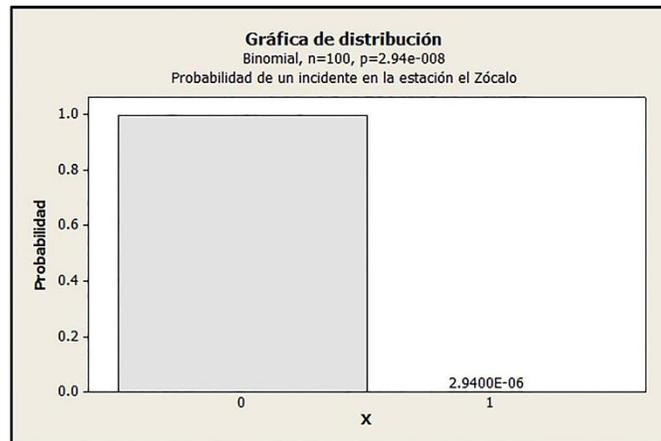


Ilustración 111. Probabilidad de incidente en la estación Zócalo.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Como parte de tener un punto de referencia para poder definir un beneficio o no de la instalación de mamparas y sensores, se indujo al mismo agente al primer modelo computacional y así realizar una comparativa como se demuestra en la Tabla 43. Como parte de los resultados se muestra en la Ilustración 112 que sin el uso del nuevo concepto puede salvarse a 1 de cada 10 usuarios y con una diferencia del 0.6 lo que representa un beneficio del uso del nuevo concepto se logró salvar el 76% de usuarios, lo que indica que el uso de mamparas y sensores puede salvar a 7 de cada 10 personas que poseen un alto índice de probabilidad o potencial de generar un incidente dentro de la estación. Otro aspecto observado es la modificación del comportamiento de un usuario dentro de la estación ya que se visualiza la misma reducción de eventos de suicidio pero que al contrario es el incremento de otros eventos de los cuales como se ha mencionado son actos imprudentes que los usuarios generan al rebasar la línea de seguridad para descender a las vías con el propósito de recuperar un bien personal que ha caído a las mismas, pero que no tienen una conclusión fatal si no que son comportamientos ilícitos y no permitidos dentro del STC Metro los cuales son sancionados ante la ley.

Simulación Zócalo		Sin uso de concepto			Con uso de concepto			Diferencia
		Número de experimentos	Resultados	Probabilidad	Número de experimentos	Resultados	Probabilidad	
Incidente	Accidente	100	54	0.54	100	54	0.54	0.00
	Suicidio		30	0.30		24	0.24	-0.06
	Otro		16	0.16		22	0.22	0.06
Usuario salvado	Sí		16	0.16		76	0.76	0.60
	No		84	0.84		24	0.24	-0.60

Tabla 43. Experimentos y Resultados de simulación.
Fuente: Elaboración propia (2016).

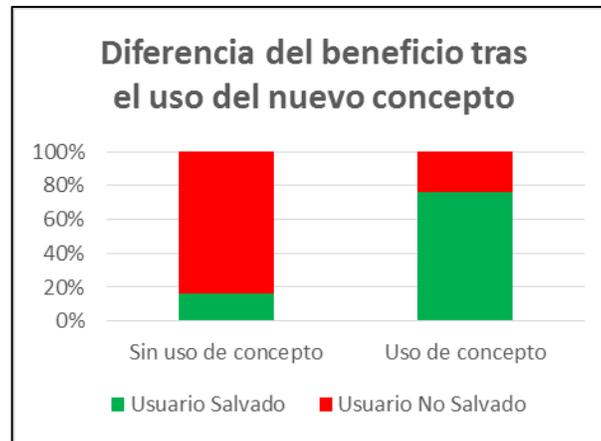


Ilustración 112. Diferencia del beneficio del uso del nuevo concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Los resultados obtenidos de la Tabla 43 fueron procesados con la Ec. 37 e ingresados los resultados obtenidos en Minitab 16 Statistical Software acerca de usuarios salvados y no salvados al procesador de datos estadísticos, con el propósito de graficar cada una de las probabilidades en funciones de distribución Binomial. Al mencionar usuarios salvados refiere a que no se involucró en algún incidente al usuario durante el transcurso de la simulación, al caso contrario de usuarios no salvados ya que estos sufren un accidente realizan un acto de suicidio o por alguna causa desconocida rebasan la línea de seguridad amarilla. Como se muestra en la Ilustración 113 con Tabla 44, la Ilustración 114 con Tabla 45, la Ilustración 115 con Tabla 46 y la Ilustración 116 con Tabla 47 se observa una simetría o sesgo de distribución nula ya que la media es igual a la mediana por lo que cada una de las gráficas son simétricas.

$$\mu = n * p$$

$$\sigma = \sqrt{n * p * (1 - p)} * FC$$

$$FC = \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{n * p * (1 - p)} * \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}}$$

FC=Factor de corrección

N=Tamaño de población

n=Tamaño de la muestra

Ec. 37. Media y Desviación Estándar de la Distribución Binomial para población finita.

Fuente: Sánchez Corona (2004).

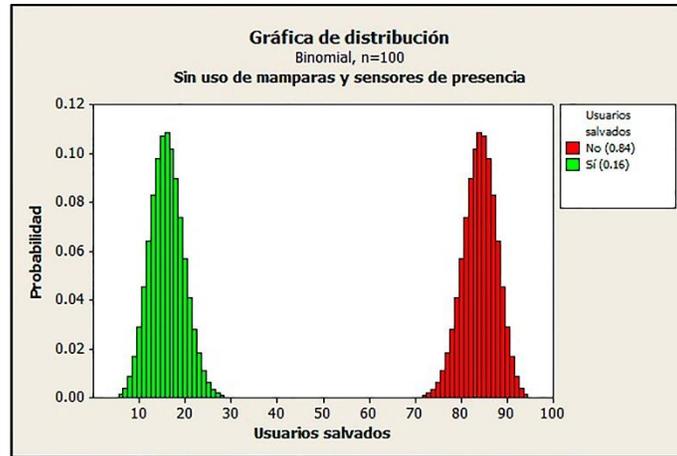


Ilustración 113. Sin uso de mamparas y sensores.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Sin uso de mamparas y sensores de presencia						
Usuarios salvados	Distribución Binomial basada en Sánchez Corona (2004)		Función de densidad de probabilidad Binomial			
	Media (μ)	Desviación estándar (σ)	n	$\mu = x$	p	P (X=x)
Sí	16	3.666	100	16	0.16	0.108238
No	84			84	0.84	

Tabla 44. Media y Desviación Estándar de usuarios salvados sin uso de mamparas y sensores.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

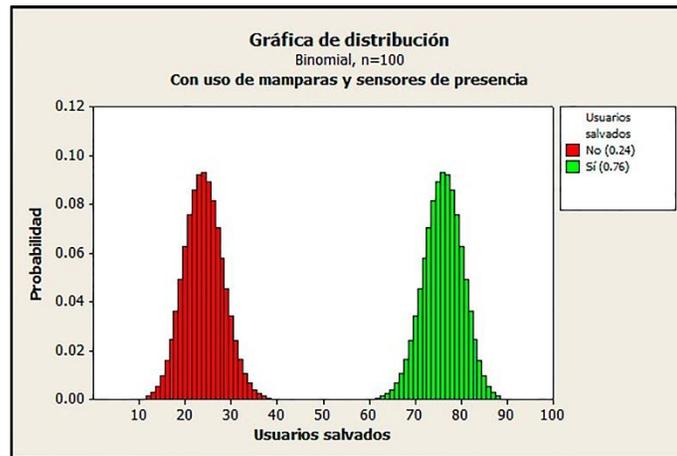


Ilustración 114. Uso de mamparas y sensores.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Con uso de mamparas y sensores de presencia						
Usuarios salvados	Distribución Binomial basada en Sánchez Corona (2004)		Función de densidad de probabilidad Binomial			
	Media (μ)	Desviación estándar (σ)	n	$\mu = x$	p	P (X=x)
Sí	76	4.2708	100	76	0.76	0.0930627
No	24			24	0.24	

Tabla 45. Media y Desviación Estándar de usuarios salvados con uso de mamparas y sensores.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

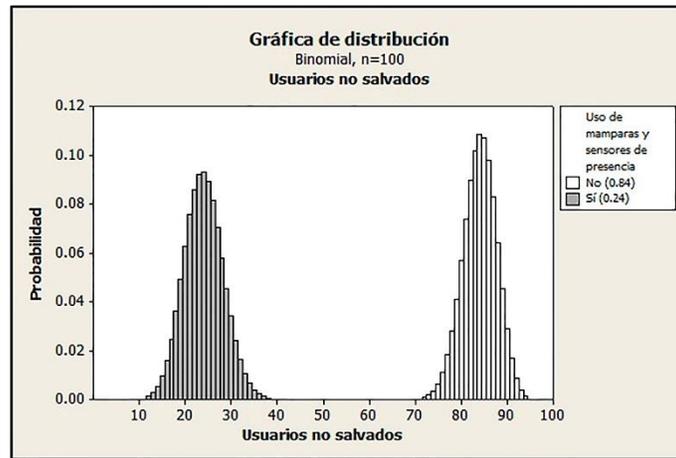


Ilustración 115. Usuarios no salvados.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Usuarios no salvados						
Uso de mamparas y sensores de presencia	Distribución Binomial basada en Sánchez Corona (2004)		Función de densidad de probabilidad Binomial			
	Media (μ)	Desviación estándar (σ)	n	$\mu = x$	p	P (X=x)
Sí	24	4.2708	100	24	0.24	0.0930627
No	84	3.666		84	0.84	0.108238

Tabla 46. Media y Desviación Estándar de uso de mamparas y sensores con usuarios no salvados.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

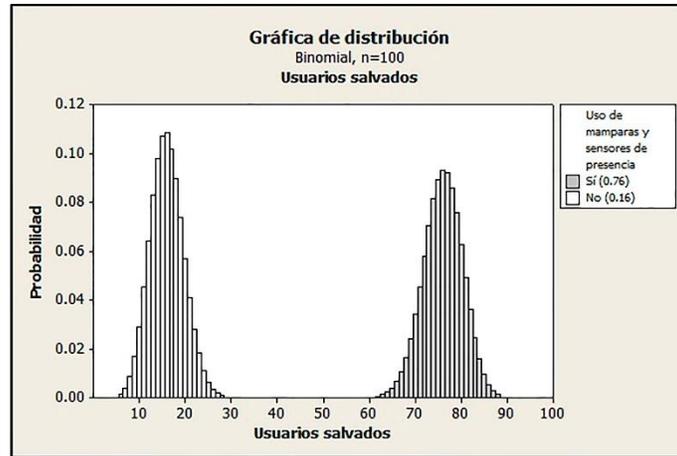


Ilustración 116. Usuarios salvados.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Usuarios salvados						
Uso de mamparas y sensores de presencia	Distribución Binomial basada en Sánchez Corona (2004)		Función de densidad de probabilidad Binomial			
	Media (μ)	Desviación estándar (σ)	n	$\mu = x$	p	P (X=x)
Sí	76	4.2708	100	76	0.76	0.0930627
No	16	3.666		16	0.16	0.108238

Tabla 47. Media y Desviación Estándar de uso de mamparas y sensores con usuarios salvados.
Fuente: Elaboración propia basada en Sánchez Corona (2004).

Al realizar la simulación también se reconoció que el uso de las mamparas y sensores de presencia involucra la reducción del área entre lo que significa la línea amarilla y el borden del andén como se muestra en la Ilustración 117 e Ilustración 118 ya que de no efectuarse los usuarios presentan un comportamiento de utilizar estos espacios como una opción de evadir la gran cantidad de afluencia sobre el andén, como también una opción más del libre caminar de este para el abordar o descender del convoy.

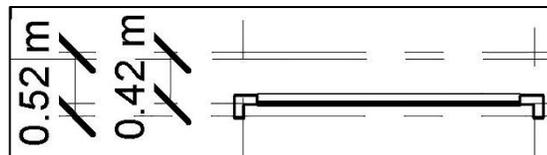


Ilustración 117. Distancia recorrida del uso de la mampara con respecto a la línea de seguridad amarilla.
Fuente: Elaboración propia (2016).

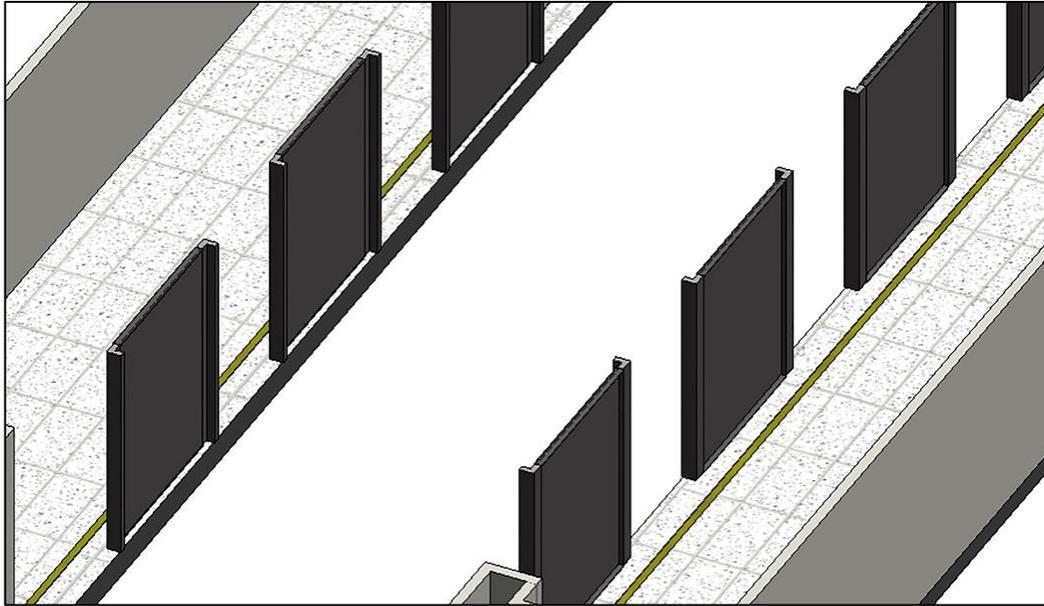


Ilustración 118. Realidad virtual en distancia recorrida del uso de la mampara con respecto a la línea de seguridad amarilla.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Como parte complementaria a estos modelos computacionales se realizó la verificación de cada uno con el uso del mapa de densidad como se muestra en la Ilustración 119 que como se comentó, el uso de esta herramienta visual permitió identificar zonas de conflicto dentro de la estación ante la diversidad de escenarios de afluencia de usuarios los cuales se presentan la estación en hora pico y no pico y conocer si el uso de mamparas para asignar áreas de seguridad afecta al actual servicio del STC Metro. Para ello se realizó otra toma de datos y procesados para la generación de nuevas funciones de distribución, las cuales fueron detalladas y analizadas en uno de los artículos de La XIII Internacional Multidisciplinaria del Modelado y Simulación Multi-Conferencia, celebrada en Chipre en el mes de Septiembre del 2016, llevando por nombre del artículo como “A simulation model for assigning secure waiting areas on subway platforms to minimize accidents”, quedando incluido en una de las memorias que lleva por nombre “The 28th European Modeling & Simulation Symposium” (Portillo Villasana & Huerta Barrientos, 2016)¹²⁴. En el artículo se confirmó el comportamiento de los usuarios al permanecer en áreas seguras asignadas por el uso de mamparas hasta el arribo del convoy a la estación, por lo que los accidentes fueron reducidos. Además se observó que puntos que son considerados de congestión en el andén sin el uso de mamparas fueron evitados por los usuarios, ya que prefirieron las zonas de seguridad vacías. Considerando al final de la publicación que la nueva información proporcionada para la instalación de barreras físicas en las estaciones del STC Metro, poseen un gran potencial de ser una estrategia eficaz para la reducción de accidentes en las estaciones del STC Metro de la Ciudad de México.

¹²⁴ Portillo Villasana, G. d., & Huerta Barrientos, A. (2016, September). A simulation model for assigning secure waiting areas on subway platforms to minimize accidents. *EMSS 2016 "The 28th European Modeling & Simulation Symposium"*, 242-248. Retrieved October 13, 2016

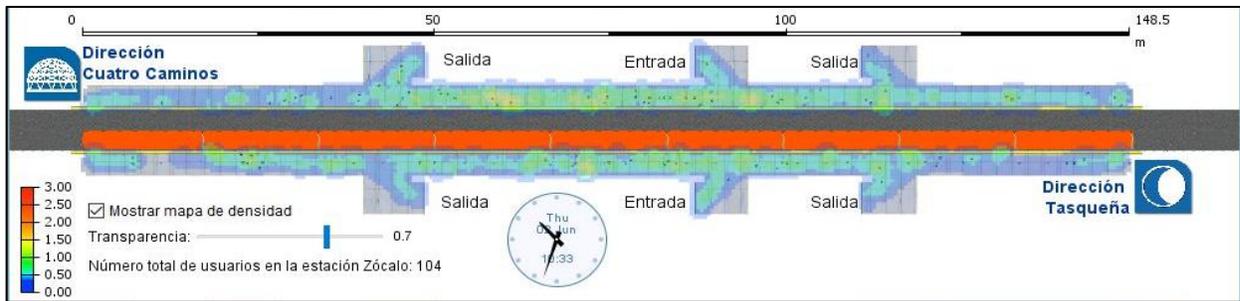


Ilustración 119. Mapa de densidad del modelo de simulación con el uso de mamapas y sensores de presencia.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Para conocer si este nuevo concepto puede traer beneficios al STC Metro, es necesario realizar la estimación de costos que este puede generar para su creación en la realidad. La Materia Prima corresponde a los elementos materiales que comprenden al diseño y funcionamiento del nuevo concepto y de los cuales son prescindibles su consideración para el éxito de este. Los Recursos Materiales y Humanos comprenden a las partes involucradas para la creación del nuevo concepto ya que el uso del herramental y personal adecuado son parte fundamental para la asignación de procesos y conclusión para su producción. Estos dos nuevos conceptos son los encargados de brindar la diferenciación económica con sus competidores ya que permite la estimación del costo que puede producir cada elemento. Cada una de estas tablas son mostradas a detalle de en cada uno de sus elementos en el Anexo Q y Anexo R de esta tesis. Estas tablas fueron sintetizadas en dos pequeñas y desplegadas en la Tabla 48 y Tabla 49, con el propósito de conocer los costos del concepto del dispositivo y el agregado por el uso del microprocesador.

Estimación de costos de primer concepto	
Materia Prima	\$1,254,448.72
Recursos Materiales y Humanos	\$672,959.70
Total	\$1,927,408.42

Tabla 48. Estimación de costos de primer concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Estimación de costos de segundo concepto	
Materia Prima	\$1,273,631.34
Recursos Materiales y Humanos	\$722,959.70
Total	\$1,996,591.04

Tabla 49. Estimación de costos de segundo concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Con el propósito de conocer si el nuevo concepto es sobresaliente de los instalados en otros países, se realizó la búsqueda de información que brindara los costos asociados de dichas estructuras, sin embargo es información confidencial y de difícil accesos para su divulgación, por lo que se optó en la busque de nuevos proyectos planeados a realizar en países donde estos aun han sido considerados para su materialización. De la misma forma esta información fue de gran dificultad su adquisición ya que

los distintos STC Metros consideran sus diseños de acuerdo al entorno de la estación donde se busca su implementación, por lo que solo se realiza una estimación aproximada pero no precisa. Esta información fue desplegada dentro de la Tabla 50 y Tabla 51 para realizar la comparativa económica con el nuevo concepto diseñado en esta tesis y percibir si esta es sobresaliente al ser una de las mejores opciones a elegir de sus competidores en el extranjero. A lo cual es perceptible un beneficio económico por unidad de estación cercano al 100% o mayor, ya que este resultado es debido a la eliminación de componentes electro mecánicos, los cuales en su adquisición, utilización y mantenimiento a largo plazo son un mayor gasto para el STC Metro. Cabe el mencionar que el presupuesto establecido para el nuevo concepto tiene la posibilidad de incrementar del 15% al 20%, ya que no son considerados los gastos hormiga que puede desarrollarse durante la materialización del nuevo concepto, pero que aun así permanece por debajo de los costos estimados por otros países.

Comparativa de proyección de costos para instalación en otros países.							
Bandera	País	Concepto	Estimación de costo	Estimación Total por estación	Peso mexicano	Comparativa propuesta	
	Estados Unidos	Puertas a nivel Plataforma	Mayor a \$1,000,000.00 Dólares	Mayor a \$1,000,000.00 Dólares	\$18,950,200.00	Incremento	\$17,022,791.58
	Inglaterra	Puertas a nivel Plataforma	£10,000.00 por Metro	£1,402,000.00	\$32,428,217.00	Incremento	\$30,500,808.58
	México	Mamparas y sensores	\$1,927,408.42	\$1,927,408.42	\$1,927,408.42	Igual	\$0.00

Tabla 50. Comparativa de costos de primer concepto.
Fuente: Elaboración propia basada en Alex¹²⁵ (2013) y Piers¹²⁶ (2011).

Comparativa de proyección de costos para instalación en otros países.							
Bandera	País	Concepto	Estimación de costo	Estimación Total por estación	Peso mexicano	Comparativa propuesta	
	Estados Unidos	Puertas a nivel Plataforma	Mayor a \$1,000,000.00 Dólares	Mayor a \$1,000,000.00 Dólares	\$18,950,200.00	Incremento	\$16,953,608.96
	Inglaterra	Puertas a nivel Plataforma	£10,000.00 por Metro	£1,402,000.00	\$32,428,217.00	Incremento	\$30,431,625.96
	México	Mamparas y sensores	\$1,996,591.04	\$1,996,591.04	\$1,996,591.04	Igual	\$0.00

Tabla 51. Comparativa de costos de segundo concepto.
Fuente: Elaboración propia basada en Alex¹²⁷ (2013) y Piers¹²⁸ (2011).

¹²⁵ A. D. (2013, January 2). Noticias. Retrieved October 12, 2016, from Business Insider: <http://www.businessinsider.com/mta-wont-build-costly-subway-barriers-2013-1>

¹²⁶ Piers, C. (2011, August 13). Platform Protection Systems. A review of platform/train interface protection systems on railways. Railway Technical Web Pages, 7. Retrieved October 12, 2016, from <http://www.railway-technical.com/Infopaper%201%20Platform%20Protection%20Systems%20v3.pdf>

¹²⁷ A. D. (2013, January 2). Noticias. Retrieved October 12, 2016, from Business Insider: <http://www.businessinsider.com/mta-wont-build-costly-subway-barriers-2013-1>

¹²⁸ Piers, C. (2011, August 13). Platform Protection Systems. A review of platform/train interface protection systems on railways. Railway Technical Web Pages, 7. Retrieved October 12, 2016, from <http://www.railway-technical.com/Infopaper%201%20Platform%20Protection%20Systems%20v3.pdf>

Conclusiones

Se cumplió el objetivo principal de esta tesis el cual consistió en Desarrollar un nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia que complementen la actual línea amarilla de seguridad del STC Metro, para reducir incidentes en los andenes a fin de contribuir en la seguridad e integridad física de los usuarios beneficiando al STC Metro en calidad, imagen y eficiencia en el servicio de transporte, que lo lleven a lograr un nivel competitivo al nivel nacional y mundial. Como marco teórico se utilizó un híbrido de metodologías, derivado de la Metodología de Diseño de Desarrollo de Producto y Metodología Proyectual. Los sucesos acontecidos dentro del STC Metro son eventos aleatorios discretos, permitió el definir una trayectoria más segura para identificar cuáles podrían ser los posibles medios y conceptos que podrían ser los adecuados para llevar a cabo el análisis y posible solución de este trabajo, ya que al seleccionar dos circuitos de procesamiento de información del tipo discreto como la simulación de un híbrido de procesos discretos y agentes, auxilio para confirmar con mayor certeza la posibilidad de beneficio que puede otorgar el nuevo concepto. Sin embargo, el evento del suicidio es uno de los cuales al igual que en otros países no logró ser suprimido y solucionado en esta investigación, ya que es de considerarse que estos eventos involucra a una persona que por algún tipo de afectación física, emocional o psicológica lleva a cabo esta afán ya que desea como último acto tomar la decisión de quitarse la vida, por lo que opta por un escenario que genere un gran impacto a cada una de las personas que presencien su última acción como el también busca el repercutir de una forma negativa a todas las personas a su alrededor, por lo que adquiere mayor importancia el acto de su desgracia lo que lo lleva a seleccionar el STC Metro como la mejor opción para llevar acabo dicho propósito sin que ninguna limitante ya sea física o mental se lo impida, por lo que para este tipo de eventos se sugiere otro tipo de estrategias que permitan la erradicación de estos eventos lo que involucraría campañas de atención ciudadana oportuna para el tratamiento de afecciones psicológicas y así brindar apoyo y seguimiento psicológico y de salud a gente que sea perceptible de ser un agente de gran potencial a llevar acabo un acto suicida. Se desarrolló el nuevo concepto basado en el uso de mamparas y sensores de presencia el cual se valuó su beneficio basado en un modelo de simulación basado en agentes y procesos. Se obtuvo la reducción de incidentes en personas que por alguna causa han estado inmersos en eventos mortales al nivel de andén y vías con el uso del nuevo concepto, al verse reflejado que tres personas que podrían ser consideradas altamente potenciales de involucrarse en un incidente una pueda ser salvada lo que representa un sesenta por ciento de beneficio otorgado por el nuevo concepto. Aún que este no se considera como la solución definitiva, es el inicio para generar nueva información para mejorar la seguridad de los usuarios dentro del STC Metro. Se mostró el beneficio del uso de mamparas a lo largo del andén lo que permitió orientar y ubicar a los usuarios durante el tiempo de espera del ingreso del convoy a la estación, por lo que los flujos de personas que ingresan al lugar por medio del uso del convoy se ven beneficiados en poder realizar el descenso y el ascenso de los usuarios en la estación de una manera ordenada y que no genera conflictos ni disgustos entre los mismos. Esta acción permite que el STC Metro elabore su servicio de transporte de una manera más eficiente y con la probable reducción de tiempos de demora que es causada por los mismos usuarios en la actualidad al generar caos dentro de cada andén.



Bibliografía

- @rtellez77. (26 de mayo de 2014). *Noticias de hoy en México, última hora en actualidad política, policía, finanzas, deportes y cultura, toda la información nacional y del mundo en Milenio Diario*. Recuperado el 5 de febrero de 2016, de Milenio: http://www.milenio.com/df/Metro-estacion_Toreo-andenes_del_Toreo-Linea_2-Sistema_de_Transporte_Colectivo_Metro-se_inundan_andenes_del_Toreo_0_305969770.html
- A. Carbone, T., & D. Tippett, D. (2004, December). Project Risk Management Using the Project Risk FMEA. *Engineering Management Journal*, 16(4), 35. Retrieved March 31, 2015, from <http://fmeainfocentre.com/updates/may2011/Project%20Risk%20Management%20Using%20the%20Project%20Risk%20FMEA.pdf>
- A. D. (2013, January 2). *Noticias*. Retrieved October 12, 2016, from Business Insider: <http://www.businessinsider.com/mta-wont-build-costly-subway-barriers-2013-1>
- Aguirre, J. M. (13 de enero de 2015). También hablando por celular y caminando, se registran accidentes. *El sol de Tulancingo*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.oem.com.mx/elsoldetulancingo/notas/n3669240.htm>
- Alarcón, R. (21 de Julio de 2015). *El portal de noticias líder en México con toda la información nacional y del mundo. Excélsior*. Recuperado el 18 de septiembre de 2016, de Excélsior: <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2015/07/21/1035807#view-2>
- Alcaraz, Y. (30 de octubre de 2006). 251 suicidios en el Metro en los últimos siete años. *El Universal*. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de <http://archivo.eluniversal.com.mx/ciudad/80264.html>
- Aristegui Noticias. (26 de agosto de 2015). *Aristegui Noticias*. Recuperado el 7 de septiembre de 2015, de Aristegui Noticias Network: <http://aristeguinioticias.com/2608/mexico/115-suicidios-en-los-ultimos-5-anos-en-metro-del-df/>
- Así somos y... (10 de noviembre de 2009). *Así somos y...* (J. Siguenza Sánchez, Productor) Recuperado el 01 de marzo de 2015, de Así somos y...: <https://asisomosy.wordpress.com/2009/11/10/broncas-en-el-metro-por-retrasos/>
- Associated Press. (2015, April 17). Man Falls on Subway Tracks and Pulled to Safety. Philadelphia, United States. Retrieved July 12, 2016, from <https://www.youtube.com/watch?v=2ELt7uNt2gA>
- Awford, J. (2014, October 19). Soothing blue platform lights will be trialled in railway stations to tackle the rise in suicides on the tracks. London, England. Retrieved April 12, 2016, from <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2799053/soothing-blue-platform-lights-trialled-railway-stations-tackle-rise-suicides-tracks.html>
- Baksht Segovia, L. (Productor), Carlos, L., & González, C. (Dirección). (1993). *El Héroe* [Película]. México. Recuperado el 3 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=1ThsuBy2IkU>
- Barrado Bautista, A., & Lázaro Blanco, A. (2007). *Problemas de Electrónica de Potencia*. Madrid, España: Pearson Prentice Hall. Recuperado el 10 de septiembre de 2016



- Betanzos, D. (8 de febrero de 2012). *Periódico electrónico. Excélsior*. Recuperado el 4 de octubre de 2016, de Excélsior: <http://www.excelsior.com.mx/2012/02/08/comunidad/808895>
- Bojórquez, F. (10 de noviembre de 2009). Suicidios en el Metro dejan pérdidas por casi 32 mdp. (R. Rodrigo, Entrevistador) HECHOS_TV. HECHOS_TV, Distrito Federal. Recuperado el 3 de abril de 2015, de https://www.youtube.com/watch?v=N8sG6_k7OLY
- Brian L. Mishara, C. (2015, December 29). Systematic review of research on railway and urban transit system suicides. *Journal of Affective Disorders*, 215-226. Retrieved August 14, 2016
- C. Markides, C., & A. Geroski, P. (2005). *Fast Second. How Smart Companies Bypass Radical Innovation to Enter and Dominate New Markets* (First ed.). San Francisco, United States of America: Jossey-Bass A Wiley Imprint. Retrieved October 10, 2015, from <https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCUQFjABahUKEwiM3tHsibnIAhVIMj4KHwtFBHE&url=http%3A%2F%2Fmonsterdesign.tistory.com%2Fattachment%2Ffk080000000002.pdf&usq=AFQjCNGekJ1v-W832m3A9jEMw4Lk7O4s3w&sig2=2G0X2BqDmZDek9G6GdQoNw>
- C.K., L., Paul, S. Y., Wincy, S. C., King-Wa, F., Paul, W. W., & Y.W., L. (2008, September 13). Evaluating the effectiveness of barrier installation for preventing railway suicides in Hong Kong. *Journal of Affective Disorders*, 254-262. Retrieved agosto 14, 2016
- Cadena tres Noticias. (30 de mayo de 2014). Muertes en el metro se incrementan en los últimos 4 años. *Cadena tres Noticias*, 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=f08ohvhiY6Q>
- Cal en Japón. (16 de diciembre de 2010). Barreras anti suicidio. Japón. Recuperado el 16 de noviembre de 2015, de <http://calinjapan.blogspot.mx/2010/12/barreras-antisuicidio.html>
- Camacho, V. (20 de diciembre de 2010). Un día normal en horas pico en el Sistema de Transporte Colectivo Metro. *En el Metro, un suicidio cada 10 días: Francisco Bojórquez*. Distrito Federal, México. Recuperado el 5 de noviembre de 2015, de <http://www.jornada.unam.mx/2010/12/20/capital/036n1cap>
- Camarena, L., Delgado, J., & Salgado, M. (septiembre de 1995). Modernización del transporte y estructuración del territorio. *Geografía y Desarrollo*, 6(12), 49-60. Recuperado el 19 de septiembre de 2015
- Carpio, R. (8 de enero de 2014). Cae vagonero invidente a vías del Metro y sobrevive. *El Universal*, pág. 1. Recuperado el 11 de septiembre de 2015, de <http://www.eluniversaldf.mx/home/cae-vagonero-invidente-a-vias-del-metro-y-sobrevive.html>
- Casilla Bermúdez, K., & Pérez Botero, V. (31 de agosto de 2014). *En tres años, el número de muertes registradas al interior de instalaciones del Sistema de Transporte Colectivo Metro creció 186%, al pasar de 28 en 2010 a 80 en 2013; en lo que va de este año ya se contabilizan 18*. Recuperado el 4 de mayo de 2014, de El universal.com: <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/periodismo-de-investigacion-al-alza-muertes-en-el-metro-1007937.html>



- Casillas Bermúdez, K., & Pérez Botero, V. (4 de mayo de 2014). Periodismo de investigación. Al alza muertes en el Metro. *El Universal*, pág. 1. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2014/periodismo-de-investigacion-al-alza-muertes-en-el-metro-1007937.html>
- Castañeda, J. A., & Fabián Gil, J. (Abril-Junio de 2004). Una mirada a los intervalos de confianza en investigación. *Scielo Colombia*, 33(2), 193-201. Recuperado el 5 de abril de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0034-74502004000200006&script=sci_arttext
- Chrysler Corp. Ford Motor Co. General Motors Corp. (1995). *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. (2, Ed.) Manual. Retrieved March 31, 2015
- Chung, Y. W., Kang, S. J., Matsubayashi, T., & Sawada, Y. (2016, January 13). The effectiveness of platform screen doors for the prevention of subway suicides in South Korea. *Journal of Affective Disorders*, 80-83. Retrieved August 14, 2016
- Cilleruelo Carrasco, E., Sánchez Fuente, F., & Etxebarria Robledo, B. (30 de octubre de 2008). Compendio de definiciones del concepto <<innovación>> realizadas por autores relevantes: diseño híbrido del concepto. *Dirección y Organización*.(36), 61-68. Recuperado el 6 de agosto de 2015, de http://www.academia.edu/415734/Compendio_De_Definiciones_Del_Concepto_innovaci%C3%B3n_Realizadas_Por_Autores_Relevantes_Dise%C3%B1o_H%C3%ADbrido_Actualizado_Del_Concepto_A_Compedium_of_
- Cobos, J. C. (6 de marzo de 2010). Saltando vía del metro. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=fYcwCvYFbZA>
- Constanza Cortés, M. (29 de julio de 2014). Seguridad en el Metro: conoce los sistemas más modernos y también los más restrictivos del mundo. *Detectores de metales en las estaciones y biombos de separación para evitar que las personas puedan caer a las vías son algunas de las medidas que algunos países han implementado en sus trenes*. (A. Osorio, Ed.) Santiago, Chile. Recuperado el 18 de noviembre de 2015, de <http://www.latercera.com/noticia/nacional/2014/07/680-588897-9-seguridad-en-el-metro-conoce-los-sistemas-mas-modernos-y-tambien-los-mas.shtml>
- Coordinación de Desarrollo Tecnológico. (2014). *STC Metro*. Recuperado el 24 de junio de 2016, de <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/longestaciones.html>
- Daintellekt. (7 de abril de 2013). Dubai WorldClass Metro Train Metro Station. Dubái, Emiratos Árabes Unidos. Recuperado el 18 de noviembre de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=615x7e8wXNU>
- DatasheetCatalog.com. (n.d.). *Sitio web para la búsqueda de información de componentes electrónicos*. Retrieved October 9, 2016, from DatasheetCatalog.com: <http://www.datasheetcatalog.com/>
- Datta, S., & S.K., M. (2001, June). Developing a Risk Management Matrix for Effective Project Planning-an Empirical Study. *Project Management Journal*.(32:2), pp. 45-57. Retrieved October 18, 2015
- Day, G. S. (2007, December). Is it real? Can We Win? Is it Worth Doing?: Managing Risk and Reward in an Innovation Portfolio. *Harvard Business Review*. Retrieved September 15, 2015, from http://onstrategyhq.com/wp-content/uploads/2011/02/IsItWorthDoing_Day_HBR2007.pdf



- DeLeo, D., & Krynsinska, K. (2008). Suicide on Railway Networks: Epidemiology, Risk Factors and Prevention. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 42(9). Retrieved September 11, 2015, from <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00048670802277255>
- Denuncia Información Metro CDMX. (28 de agosto de 2016). Golpe por convoy. *Mas sobre la femenina golpeada por el convoy.....se traslada a Xoco*. Ciudad de México, México. Recuperado el 19 de septiembre de 2016, de <https://www.facebook.com/1239058569440930/photos/pcb.1350436568303129/1350436488303137/?type=3&theater>
- Domínguez, R. (8 de enero de 2009). Moda peligrosa en el metro. *Azteca noticias*, 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 5 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=zrCbaLmDPjU>
- Dra. Bustamante C., G. (2011). Aproximación al muestreo estadístico en investigaciones científicas. *Revista de actualización Clínica*, 476-480. Recuperado el 6 de abril de 2016, de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/raci/v10/v10_a06.pdf
- Dueñas Reyes, M. X. (Junio de 2009). Minería de datos espaciales en búsqueda de la verdadera información. *Ingeniería y Universidad*, 13(1), 137 - 156. Recuperado el 8 de Octubre de 2016, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262009000100007&lng=en&tlng=es
- E. Cole, R. (2001). From Continuous Improvement to Continuous Innovation. *ASQ: The Global Voice of Quality*, 15. Retrieved October 15, 2015, from http://asq.org/pub/qmj/past/vol8_issue4/qmjb8i4cole.pdf
- E. Porter, M. (1980). *Competitive Strategy. Techniques for Analyzing Industries and Competitors* (First Free Press Edition ed.). New York, United States of America: The Free Press. Retrieved October 11, 2015, from <http://www.vnseameo.org/ndbmai/CS.pdf>
- E. Walpole, R., & H. Myers, R. (1992). *Probabilidad y estadística*. Mc Graw Hill. Recuperado el 22 de marzo de 2016
- El Mundo.es Multimedia. (13 de septiembre de 2009). ¿Mamparas transparentes? ¿Mamparas transparentes? Madrid, España. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/09/13/videos/1252877718.html>
- El Nahual. (14 de marzo de 2011). *El Nahual. México para los mexicanos*. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <http://mexicoparalosmexicanos.blogspot.mx/2011/03/metro-de-sao-paulo-brasil-barandales.html>
- El Universal. (10 de julio de 2014). México, la cuarta ciudad más poblada del mundo: ONU. *El Universal*, pág. 1. Recuperado el 24 de agosto de 2015, de EL UNIVERSAL.MX: <http://archivo.eluniversal.com.mx/sociedad/2014/poblacion-mundial-ciudad-mexico-1022472.html>
- Excélsior. (22 de diciembre de 2009). *Un espacio para la participación libre de los ciudadanos: Ciudadanos en red*. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de Ciudadanos en red: <http://ciudadanosenred.com.mx/noticia/cada-10-dias-hay-un-suicidio-en-el-metro/>
- F. Drucker, P. (2001). *The essential Druker*. Retrieved October 4, 2015, from <https://famiapinto.files.wordpress.com/2008/09/drucker-peter-f1-the-essential-drucker.pdf>
- Gaillard, J. M., & Callon, M. (2000). *Marketing et gestión de la recherche et développement* (segunda ed.). Francia, Paris: Paris Económica. Recuperado el 2015 de octubre de 15



- Gan, N. (2014, November 07). *South China Morning Post*. Retrieved January 25, 2016, from South China Morning Post: <http://www.scmp.com/news/china/article/1634392/beijing-subway-passengers-tried-raise-alarm-accident-victim-was-dragged>
- García, A. C. (9 de noviembre de 2009). Hasta 30 suicidios al año en vías del Metro; prefieren la línea 2; pierde el STC 30 millones de pesos. *Crónica*. Recuperado el 25 de septiembre de 2015, de <http://www.cronica.com.mx/notas/2009/467664.html>
- García, J. (4 de mayo de 2015). El correo.com. *Un joven cae a la vía, permanece 20 minutos sin sentido y salva la vida pese a pasarle el metro por encima*. Bilbao, España. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://www.elcorreo.com/bizkaia/margen-derecha/201505/03/herido-tras-caer-vias-20150503104849.html>
- Garuyo. (24 de agosto de 2015). Cinco historias de suicidio en estaciones del Metro. *Excélsior*. Recuperado el 16 de septiembre de 2015, de <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2015/08/24/1041903>
- Gee, S. (1981). *Technology transfer, innovation & international competitiveness*. New York: Wiley and Sons. Retrieved August 7, 2015
- Getty. (18 de Octubre de 2013). *Portal de información en construcción, arquitectura y mobiliarias. Obras web*. Recuperado el 4 de Octubre de 2016, de Obras web: <http://www.obrasweb.mx/construccion/2013/10/18/el-metro-df-estudia-la-ampliacion-de-las-lineas-3-4-y-12>
- Gómez Eguiarte Martínez, A., & de las Nieves Sánchez Guerrero, G. (1 de diciembre de 2014). Aplicación de funciones de distribución continuas, para modelar la demanda de pasajeros en una línea de tren ligero de la Zona Metropolitana del Valle de México. *Contaduría y Administración*, 26. Recuperado el 2 de octubre de 2015, de <http://www.cya.unam.mx/index.php/cya/article/view/776/809>
- Grigoryev, I. (2015). *Anylogic 7 In Three Days. A quick course in simulation modeling* (Second ed.). Retrieved January 27, 2016
- Grupo Parlamentario del Partido Revolucionario Institucional. (4 de junio de 2014). *Proposición con Punto de acuerdo por el que se exhorta al Gog. del D.F. con coordinación del Dir. Gen. del STCM y SSP revisen y actualicen protocolos de seguridad a fin de prevenir accidentes y suicidios el interior de sus instalaciones*. Recuperado el 2 de abril de 2015, de http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2014/06/asun_3117983_20140604_1401903207.pdf
- Gutiérrez Pulido, H., & de la Vara Salazar, R. (2013). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma* (Tercera ed.). (P. E. Roing, Ed.) Distrito Federal, México: Mc Graw Hill. Recuperado el 18 de octubre de 2015
- H. Nagai, K., & T., S. (2014). Railway suicide attempts are associated with amount of sunlight in recent days. *Journal of Affective Disorders*, 152-154, 162-168. Retrieved April 10, 2016
- Han, J., & Kamber, M. (2006). *Data mining: Concepts and techniques*. (Vol. 7). Morgan Kaufmann. Retrieved October 8, 2016
- Hauser, J., & Don Clausing. (1988, May-June). The House of Quality. *Harvard Business Review*, 66(3), 63-73. Retrieved November 5, 2015



- Havârneanu, G. M., Burkhardt, J.-M., & Paran, F. (2015, May 6). A systematic review of the literature on safety measures to prevent railway suicides and trespassing accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 30-50. Retrieved August 14, 2016
- Hernández Melchor, A. (1997). *Propuesta para que el levantamiento de personas que fallecen a consecuencias de accidentes en vías principales del Sistema de Transporte Colectivo Metro, puedan practicarse por personas del S.T.C.* México. Recuperado el 25 de mayo de 2016
- Huerta Barrientos, A. (2014). *Metodología basada en modelos de simulación para el análisis de sistemas complejos (MoSASCoM)*. México, México. Recuperado el 12 de octubre de 2016
- Ichikawa, M., Inada, H., & Kumeji, M. (2014). Reconsidering the effects of blue-light installation for prevention of railway suicides. *Journal of Affective*, 152-154, 183-185. Retrieved April 10, 2016
- Ingeniería Eléctrica Electrónica S.A. (6 de octubre de 2016). *Primeros pasos y conceptos básicos de la simulación de circuitos electrónicos utilizando Proteus*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de Ingeniería Eléctrica Electrónica S.A.: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbXJjb250ZW5pZG9zZ3JlZ29yaW98Z3g6NGU2NzU5Njk1MTA0MDI2Yw>
- Innovatec. (1992). La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas. En A. González Hermoso de Mendoza, *La innovación: un factor clave para la competitividad de las empresas* (pág. 155). Madrid, España: Dirección General de Investigación. Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. Recuperado el 2 de octubre de 2015, de <http://www.oei.es/salactsi/libro9.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (6 de febrero de 2012). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 31 de mayo de 2015, de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo148&s=est&c=29192>
- Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales. (s.f.). Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales. *Sistema Infomex Gobierno Federal*. Distrito Federal, México. Recuperado el 22 de noviembre de 2015, de <https://www.infomex.org.mx/gobiernofederal/home.action>
- Internet Archive. Wayback Machine. (10 de Abril de 2009). Internet Archive. Wayback Machine. *Sistema de Puerta de Andén*. Recuperado el 25 de enero de 2016, de <http://web.archive.org/web/20110905040112/http://www.metrodesevilla.org/index.php?id=38>
- J. Tocci, R., S. Widner, N., & L. Moss, G. (2007). *Sistemas Digitales principios y aplicaciones* (Décima ed.). Pearson Prentice Hall. Recuperado el 22 de septiembre de 2016
- Kim, C., & Mauborgne, R. (2003). Sachez reconnaître une idée gagnante quand vous la rencontrez. *Les meilleures Articles de la Harvard Business Review sur l'innovation*, 96125. Recuperado el 15 de octubre de 2016
- L. B., A. (1967). *Método sistemático per progettisti*. Venezia: Marsilio. Recuperado el 8 de agosto de 2015
- L. Boylestad, R., & Nashelsky, L. (2003). *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos* (Octava ed.). Ciudad de México, México: Pearson Educación. Recuperado el 20 de Enero de 2016



- La historia de cada día Diario Plaza Juárez.* (19 de enero de 2014). Recuperado el 31 de diciembre de 2015, de Diario Plaza Juárez: <http://plazajuarez.mx/index.php/barandillamobil/item/2657-buscan-agilizar-servicio-en-metro-tras-caida-de-personas-a-vias>
- Lara Rosano, F. (1990). *Metodología para la planeación de sistemas: un enfoque prospectivo*. Distrito Federal, México: Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos UNAM. Recuperado el 4 de febrero de 2016
- Latinos Post. (20 de abril de 2015). Hombre Resbaló y Cayó a las Vías de Metro, No Creerás lo que le Pasó. Filadelfia, Estados Unidos. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://spanish.latinospst.com/articles/27389/20150420/hombre-cae-vias-metro-filadelfia-video.htm>
- Lin, R. (2014, November 07). *sino-us.com*. Retrieved January 25, 2016, from <http://www.sino-us.com/43/Passenger-crushed-to-death-while-trying-to-board-subway-train-in-Beijing.html>
- Lux review. (2015, June 15). Blue lights coming to more UK stations in bid to deter suicides. London, United Kingdom. Retrieved April 23, 2016, from <http://luxreview.com/article/2015/06/blue-lights-minimise>
- M. G., H. (26 de octubre de 2007). METRO PANTITLAN 2. 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=Qljdm67XmaE>
- M. G., H. (26 de octubre de 2007). METRO PANTITLAN 3. 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=Fvk-jCiFIwI>
- M. Henderson, R., & B. Clark, K. (1990, March). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 9-30. Retrieved October 4, 2015, from <https://www.youtube.com/watch?v=PIh2xe4jnpk>
- M. Ruiz, E. M. (1989). *La innovación tecnológica y su gestión*. Barcelona, España: Marcombo. Recuperado el 13 de mayo de 2015
- Machado Fernández, M. (1997). *Gestión tecnológica para un salto en el desarrollo industrial*. Madrid: CDTI-CSIC. Recuperado el 2 de noviembre de 2015
- Manual de Oslo. (2005). *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación* (Tercera ed.). Recuperado el 4 de octubre de 2015, de http://www.uis.unesco.org/Library/Documents/OECD OsloManual05_spa.pdf
- Manusa. (s.f.). *Manusa Líderes en puertas automáticas*. Recuperado el 25 de enero de 2016
- Marsh, J. (Director). (2014). *The Theory of Everything*. [Motion Picture]. United States. Retrieved November 3, 2015
- Martínez Coll, J. C. (20 de enero de 2007). *eumed.net Enciclopedia Virtual*. Recuperado el 4 de febrero de 2016, de eumed.net Enciclopedia Virtual: <http://www.eumed.net/cursecon/1c/sistemico.htm>
- Martínez, E., & Sánchez, S. (1998). La teoría general de sistemas. *El puntero de don Honorato, el bolso de doña Purita, y otros relatos para andar por clase*, 252. Recuperado el 4 de febrero de 2016, de <http://www.uhu.es/cine.educacion/didactica/0012sistemas.htm>



- Masao, I., H. I., & Minae, K. (2013, September 14). Reconsidering the effects of blue-light installation for prevention of railway suicides. *Journal of Affective Disorders*, 1983-185. Retrieved August 14, 2016
- Matsubayashi, T., Sawada, Y., & Ueda, M. (2014, August 7). Does the installation of blue Lights on train platforms shift suicide to another station?: Evidence from Japan. *Journal of Affective Disorders*, 57-60. Retrieved August 14, 2016
- Mauborgne, R., & Chan Kim, W. (2012). *La estrategia del océano azul*. Bogotá, Colombia: Norma. Recuperado el 13 de septiembre de 2015
- Maynard, H., & Zandin. (2006). *Manual de Ingeniería Industrial de Maynard*. (5 ta. ed., Vol. I). Ciudad de México: McGraw Hill Professional / INTERAMERICANA DE MEXICO. Recuperado el 13 de febrero de 2016
- Mejía, X. (10 de Agosto de 2016). *El portal de noticias líder en México con toda la información nacional y del mundo. Excélsior TV*. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de Excélsior TV: <https://www.youtube.com/watch?v=-AV5eIF8S9A>
- Méndez Santa Cruz, M. (28 de julio de 2012). *Disfruta los videos y la música que te encantan, sube contenido original y compártelo con tus amigos, familiares y el resto del mundo en YouTube*. Recuperado el 27 de marzo de 2016, de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=7krXT2hnFw4>
- Metro de la Ciudad de México. (29 de diciembre de 2015). Recuperado el 30 de diciembre de 2015, de MetroCDMX: <https://twitter.com/MetroCDMX/status/681844632490094592>
- MetroCDMX. (2 de noviembre de 2015). Al llegar el tren, cerciórate de estar del lado seguro. No rebases la línea amarilla. *Línea amarilla. El viaje lo haces tú*. Distrito Federal, México. Recuperado el 5 de noviembre de 2015, de <https://twitter.com/MetroCDMX>
- Michiko Ueda, Y. S. (2015, March 2). The effectiveness of installing physical barriers for preventing railway suicides and accidents: Evidence from Japan. *Journal of Affective Disorders*, 1-4. Retrieved Agosto 14, 2016
- Microchip. (2013). Recuperado el 16 de Octubre de 2016, de Microchip: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F84A>
- Microchip Technology Inc. (2001). *PIC16F84A Data Sheet 18-pin Enhanced FLASH/EEPROM 8-bit Microcontroller*. U.S.A. Retrieved October 6, 2016
- Milenio. (11 de junio de 2016). Cada suicidio causa al Metro de México daños por 2 millones de pesos. Recuperado el 28 de agosto de 2011, de http://www.belt.es/noticiasmdb/home2_noticias.asp?id=12673
- Ministerio de Ciencia e Innovación; Ministerio de Sanidad Política Social e Igualdad; Plan de Calidad para el Sistema Nacional de Salud; Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Galicia. (2011). *Guía de Práctica Clínica de Prevención y tratamiento de la Conducta Suicida. I. Evaluación y Tratamiento*. (M. d. Innovación, Ed.) Madrid, España. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de http://www.guiasalud.es/GPC/GPC_481_Conducta_Suicida_Avaliat_vol1_compl.pdf
- Mishara, B., & Bardon, C. (2016). Systematic review of research on railway and urban transit system suicides. *Journal of Affective Disorders*, 193, 215-226. Retrieved February 27, 2016



- Mondragon, S., & Lopez Doriga, J. (01 de 01 de 2012). Personas que caen a vías del Metro por descuido en México D.F. *Noticieros Televisa*, 1. Distrito Federal, México. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=vyVgymsRJQk>
- Moreno, M. A. (17 de febrero de 2011). *El Blog Salmón*. Recuperado el 4 de febrero de 2014, de <http://t.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/que-es-la-teoria-general-de-sistemas>
- Munari, B. (2004). *¿Cómo nacen los objetos?* (Primera ed.). Barcelona, Rubí, España: Gustavo Gilí. Recuperado el 2 de junio de 2015
- Muy interesante. (17 de octubre de 2014). *Revista electrónica*. Recuperado el 6 de octubre de 2016, de Muy interesante: <http://www.muyinteresante.com.mx/preguntas-y-respuestas/12/02/09/medidas-poblacion-mexicana/>
- National Geographic. (2014, December 10). *National Geographic*. Retrieved June 11, 2016, from https://www.youtube.com/watch?v=tm2lfv3_ELc
- Niño Ramírez, J. P., Méndez Suarez, J. A., & Salas Lozano, L. d. (noviembre de 2010). *Publicación de documentos. Doc player*. Recuperado el 5 de octubre de 2016, de Doc player: <http://docplayer.es/11399954-Diseno-y-construccion-de-un-prototipo-de-cavitacion-acustica-con-fines-de-limpieza-industrial-titulo.html>
- Notimex. (19 de junio de 2013). Exhortan legisladores a prevenir suicidios en el Metro. *24 Horas el diario sin límites*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.24-horas.mx/exhortan-legisladores-a-prevenir-suicidios-en-el-metro/>
- Notimex. (13 de septiembre de 2014). *La Razón Online*. Recuperado el 12 de febrero de 2016, de La Razón: <http://www.razon.com.mx/IMG/arton229176.jpg>
- Operaciones especiales México. (9 de octubre de 2015). *Operaciones especiales México*. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de Facebook. Operaciones especiales México: <https://www.facebook.com/797235033677482/videos/961872160547101/>
- Ortigoza, J. (25 de agosto de 2015). Registra PGJDF 115 suicidios en el Metro. *Diario de México*. Recuperado el 10 de febrero de 2016, de <http://www.diariodemexico.com.mx/registra-pgjdf-115-suicidios-en-el-metro/>
- Pantoja, S. (15 de enero de 2008). Firman PGJDF y Metro convenio para dar ayuda psicológica. *El Universal.mx*, pág. 1. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <http://www.eluniversal.com.mx/notas/474373.html>
- Pérez Galindo, R. (2013). *Estadística Aplicada Para ciencias económicas, administrativas y sociales*. Distrito Federal, México: trillas. Recuperado el 8 de febrero de 2016
- Piers, C. (2011, August 13). Platform Protection Systems. A review of platform/train interface protection systems on railways. *Railway Technical Web Pages*, 7. Retrieved October 12, 2016, from <http://www.railway-technical.com/Infopaper%201%20Platform%20Protection%20Systems%20v3.pdf>
- Portillo Villasana, G. d., & Huerta Barrientos, A. (2016, September). A simulation model for assigning secure waiting areas on subway platforms to minimize accidents. *EMSS 2016 "The 28th European Modeling & Simulation Symposium"*, 242-248. Retrieved October 13, 2016



- Publmetro TV. (9 de junio de 2015). Mira cómo funcionan las "barreras anti suicidio" en el Metro de París. Paris, Francia. Recuperado el 18 de noviembre de 2015, de <http://www.publmetrotv.co/publmetrotv/chile/mira-como-funcionan-las-barreras-antisuicidio-en-el-metro-de-paris/2015-06-09/130005.html>
- Quintanar, F. (2007). *Comportamiento suicida, perfil psicológico y posibilidades de tratamiento* (Primera ed.). Distrito Federal, México: Pax México. Recuperado el 11 de septiembre de 2015
- R. Spiegel, M., Schiller, J., & Alu Srinivasan, R. (2013). *Probabilidad y estadística* (Cuarta ed.). Mc Graw Hill Education. Retrieved November 21, 2015
- Redacción / Sin Embargo. (18 de septiembre de 2012). *sinembargo.mx periodismo digital con rigor*. Recuperado el 3 de abril de 2015, de <http://www.sinembargo.mx/18-09-2012/369432>
- Reservado. (19 de marzo de 2015). Archivo VICE: Él recogerá tus restos el día que te suicides en el metro. *Aquí, a la vuelta*. (B. Memo, Entrevistador) VICE. Distrito Federal. Recuperado el 3 de abril de 2015, de http://www.vice.com/es_mx/read/el-recogera-tus-restos-el-dia-que-te-suicides-en-el-metro
- S., Miguel; Es por Madrid. (25 de enero de 2010). Puertas dobles de seguridad en el Metro. Madrid, España. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://www.espormadrid.es/2010/01/puertas-dobles-de-seguridad-en-el-metro.html>
- Sánchez Corona, O. (2004). *Probabilidad y Estadística* (Segunda ed.). Mc Graw Hill. Recuperado el 14 de noviembre de 2015
- Sánchez Guerrero, G. d. (2003). *Técnicas Participativas de la planeación. Procesos Breves de Interpretación*. Distrito Federal, México: Fundación ICA. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CB0QFjABahUKEwjc6p_K45PJAhUFQYKHa2xCx4&url=http%3A%2F%2Fbiblioteca.uccvirtual.edu.ni%2Findex.php%3Fopcion%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D23%26Itemid%3D1&usg=AFQjCNETMfbTR
- Sawada Y., U., & T., M. (2015). The effectiveness of installing physical barriers for preventing railway suicides and accidents: evidence from Japan. *Journal of Affective Disorders.*, 178, 1-4. Retrieved February 28, 2016
- Segovia M., S. (16 de Junio de 2010). *Marca Pasos*. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de Marca Pasos. Historias que laten: <http://revistamarcapasos.com/2397/suicidios-en-el-metro-de-caracas/>
- Síntesis, A. (25 de abril de 2013). Suicidio Metro Ciudad de México. Distrito Federal, México. Recuperado el 16 de noviembre de 2015, de <https://www.youtube.com/watch?v=fhyTanVhyaE>
- Soeta, Y., & Shimokura, R. (2012). Change of acoustic characteristics caused by platform screen doors in train stations. *Applied acoustics.*, 73, 535-542. Recuperado el 27 de February de 2016
- Solache, S. (27 de diciembre de 2010). Las 10 estaciones del Metro más saturadas. (M. Francisco, Ed.) *El universal DF*, pág. 1. Recuperado el 4 de abril de 2015, de <http://www.eluniversaldf.mx/home/nota17330.html>
- Solanas, D. (29 de septiembre de 2008). Barreras anti suicidas en el metro de Tokio. Tokio, Azabu Juban, Japón. Recuperado el 19 de noviembre de 2015, de <http://www.nopuedocreer.com/noticias/2663/barreras-antisuicidas-en-el-metro-de-tokio/>



- STC Metro. (30 de Diciembre de 2003). *Reglamento de transporte del Distrito Federal*. Recuperado el 16 de septiembre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/servicios/regtransporte.html>
- STC Metro. (2006). *Normas para la Maniobra de Control y Dosificación de Usuarios en las Estaciones de la Red*. Cédula de Actualización de Documentos, Subdirección General de Administración y Finanzas; Subgerencia de Desarrollo Administrativo; Coordinación de Procedimientos, México. Recuperado el 26 de mayo de 2016
- STC Metro. (Julio de 2007). *Actividad del STC Metro*. Obtenido de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/misionyvision.html>
- STC Metro. (12 de Marzo de 2008). *Conformación de un Tren del Metro: STC Metro*. Recuperado el 26 de Junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/conformactren.html>
- STC Metro. (2014). *Barrio Zócalo: STC Metro*. Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/barrios/pdf/zocalo.pdf>
- STC Metro. (2014). *Cifras de Operación: STC Metro*. Recuperado el 4 de octubre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/cifrasoperacionanos.html>
- STC Metro. (13 de enero de 2014). *Ciudad de México. STC Metro*. Recuperado el 15 de noviembre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/organigrama/index.html>
- STC Metro. (2014). *Estación Zócalo: STC Metro*. Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/red/estacion.html>
- STC Metro. (2014). *La Línea 2: STC Metro*. Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/red/linea2.html>
- STC Metro. (2014). *Orientación e Información: STC Metro*. Obtenido de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/servicios/orientaeinform.html>
- STC Metro. (5 de diciembre de 2014). *Parque Vehicular: STC Metro*. Recuperado el 25 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/index.html>
- STC Metro. (2014). *STC Metro*. Recuperado el 8 de octubre de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/conformactren.html>
- STC Metro. (2014). *Un Metro para la Ciudad de México. STC Metro*. Recuperado el 12 de noviembre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.df.gob.mx/organismo/pendon3.html>
- Sterman, J. D. (2002, May 29 - 30). System dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. *Massachusetts Institute of Technology*, 31. Retrieved October 1, 2015, from <https://esd.mit.edu/WPS/internal-symposium/esd-wp-2003-01.13.pdf>
- T. Ulrich, K., & D. Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. Distrito Federal, México: Mc Graw Hill. Recuperado el 17 de marzo de 2015



- The Associate Press. (2007, July 16). *Internet Archive Wayback Machine*. Retrieved January 25, 2016, from <http://web.archive.org/web/20070818102821/http://www.iht.com/articles/ap/2007/07/16/asia/AS-GEN-China-Subway-Accident.php>
- Tizcareño, C. R. (26 de septiembre de 2015). Tres personas al mes se suicidan en el Metro. Distrito Federal, México. Recuperado el 31 de diciembre de 2015, de <http://www.unotv.com/noticias/portal/investigaciones-especiales/detalle/tres-personas-al-mes-se-suicidan-en-el-metro-223776/>
- Torres Benítez, N. (2012). *Proceso de innovación tecnológica para un empaque resellable biodegradable*. Distrito Federal, México. Recuperado el 17 de marzo de 2015
- Universidad Iberoamericana. (21 de junio de 2013). *Universidad México*. Recuperado el 28 de marzo de 2016, de noticias.universidad: <http://noticias.universia.net.mx/actualidad/noticia/2013/06/21/1032169/demasiados-vehiculos-circulan-df.html>
- Urban, G., & Hauser, J. (1993). *Design and Marketing of New Products* (second ed.). New Jersey, Englewood Cliffs, United States: Prentice Hall. Retrieved November 5, 2015
- Varela Villegas, R. (2001). *Innovación Empresarial. Arte y ciencia en la creación de empresas* (Carmen Helena Ribero & Gregory Alonso ed.). (O. Fernández, Ed.) Bogotá: Prentice Hall. Recuperado el 15 de mayo de 2016
- Volver Asia. (16 de mayo de 2008). Los Metros en Asia. *Los Metros en Asia*. Saigón, Vietnam. Recuperado el 18 de noviembre de 2015, de http://www.volver.asia/2008_05_01_archive.html
- Von Hippel, E. (1988). Investigación empírica sobre las fuentes de productos nuevos. *The Sources of Innovation*. Recuperado el 12 de abril de 2016
- Vozpópuli. (27 de mayo de 2015). Vozpópuli. Sociedad. *Muere un hombre arrollado por el metro en la estación de Príncipe Pío de Madrid*. Madrid, España. Recuperado el 17 de noviembre de 2015, de <http://vozpopuli.com/actualidad/62978-muere-un-hombre-arrollado-por-el-metro-en-la-estacion-de-principe-pio-de-madrid>
- W. Hines, W., C. Montgomery, D., M. Goldsman, D., & M. Borror, C. (2013). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería* (cuarta ed.). (G. Nagore, Trad.) Distrito Federal, México: Patria S.A. de C.V. Recuperado el 5 de febrero de 2016
- Watson, M. (13 de marzo de 2010). *Flickr: Ayuda a la gente a poner sus fotos a disposición de las personas que les importan*. Recuperado el 24 de junio de 2016, de flickr: <https://www.flickr.com/photos/funkenclimb/4444280055/in/set-72157623106011400>
- WordPress. (Mayo de 2013). *Conceptos importantes de la materia de Señales y Vibraciones*. Recuperado el 5 de octubre de 2016, de Señales y Vibraciones: <https://acustica6cm1.wordpress.com/autor/senales2013/page/2/>
- Y., S., & R., S. (n.d.).

Anexos

Anexo A



Ilustración 120. Red del STC Metro.
Fuente: STC Metro (2016).

Anexo B

Longitud de Estación a Estación por Línea

LÍNEA	INTERESTACIÓN	LONGITUD DE ESTACIÓN (metros)	LONGITUD DE INTERESTACIÓN (metros)	TOTAL	LÍNEA	INTERESTACIÓN	LONGITUD DE ESTACIÓN (metros)	LONGITUD DE INTERESTACIÓN (metros)	TOTAL
6	El rosario – Tezozomoc	150	1,257		1	Pantitlán - Zaragoza	150	1,320	
	Tezozomoc – Azcapotzalco	150	973			Zaragoza – Gómez Farías	150	762	
	Azcapotzalco – Ferrería	150	1,173			Gómez Farías - Boulevard Puerto Aéreo	150	611	
	Ferrería – Norte 45	150	1,072			Boulevard Puerto Aéreo - Balbuena	150	595	
	Norte 45 – Vallejo	150	660			Balbuena – Moctezuma	150	703	
	Vallejo – Instituto del Petróleo	150	755			Moctezuma - San Lázaro	150	478	
	Instituto del Petróleo – Lindavista	150	1,258			San Lázaro – Candelaria	150	866	
	Lindavista – Deportivo 18 de Marzo	150	1,075			Candelaria – Merced	150	698	
	Deportivo 18 de Marzo – La Villa – Basílica	150	570			Merced - Pino Suárez	150	745	
	La Villa – Basílica – Martín Carrera	150	1,141			Pino Suárez – Isabel la Católica	150	382	
TOTALES	1,500	9,934	11,434		Isabel la Católica – Salto del Agua	150	445		
7	El Rosario – Aquiles Serdán	150	1,615		Salto del Agua – Balderas	150	458		
	Aquiles Serdán – Camarones	150	1,402		Balderas – Cuauhtémoc	150	409		
	Camarones – Refinería	150	952		Cuauhtémoc – Insurgentes	150	793		
	Refinería – Tacuba	150	1,295		Insurgentes – Sevilla	150	645		
	Tacuba – San Joaquín	150	1,433		Sevilla – Chapultepec	150	501		
	San Joaquín – Polanco	150	1,163		Chapultepec – Juancatán	150	973		
	Polanco – Auditorio	150	812		Juancatán – Tacubaya	150	1,158		
	Auditorio – Constituyentes	150	1,430		Tacubaya – Observatorio	150	1,262		
	Constituyentes – Tacubaya	150	1,005		TOTALES	3,000	13,804	16,804	
	Tacubaya – San Pedro de los Pinos	150	1,084		Cuatro caminos – Panteones	150	1,639		
San Pedro de los Pinos – San Antonio	150	606		Panteones – Tacuba	150	1,416			
San Antonio – Mixcoac	150	788		Tacuba – Cuitláhuac	150	637			
Mixcoac – Barranca del Muerto	150	1,476		Cuitláhuac – Popotla	150	620			
TOTALES	1,950	15,061	17,011		Popotla – Colegio Militar	150	462		
8	Garibaldi – Bellas Artes	150	634		Colegio Militar – Normal	150	516		
	Bellas Artes – San Juan de Letrán	150	456		Normal - San Cosme	150	657		
	San Juan de Letrán – Salto del Agua	150	292		San Cosme – Revolución	150	537		
	Salto del Agua – Doctores	150	564		Revolución – Hidalgo	150	587		
	Doctores – Obrera	150	761		Hidalgo – Bellas Artes	150	447		
	Obrera – Chabacano	150	1,143		Bellas Artes – Allende	150	387		
	Chabacano – La Viga	150	843		Allende – Zócalo	150	602		
	La Viga – Santa Anita	150	633		Zócalo – Pino Suárez	150	745		
	Santa Anita – Coyuya	150	968		Pino Suárez – San Antonio Abad	150	817		
	Coyuya - Iztacalco	150	993		San Antonio Abad – Chabacano	150	642		
	Iztacalco – Apatlaco	150	910		Chabacano – Viaducto	150	774		
	Apatlaco – Aculco	150	534		Viaducto – Xola	150	490		
	Aculco - Escuadrón 201	150	789		Xola – Villa de Cortés	150	698		
	Escuadrón 201 – Atlalilco	150	1,738		Villa de Cortés – Nativitas	150	750		
	Atlalilco – Iztapalapa	150	732		Nativitas – Portales	150	924		
	Iztapalapa – Cerro de la Estrella	150	717		Portales – Ermita	150	748		
Cerro de la Estrella – UAM 1	150	1,135		Ermita - General Anaya	150	838			
UAM 1 – Constitución de 1917	150	1,137		General Anaya – Tasqueña	150	1,330			
TOTALES	2,700	14,979	17,679		TOTALES	3,600	172,636	20,863	

LÍNEA	INTERESTACIÓN	LONGITUD DE ESTACIÓN (metros)	LONGITUD DE INTERESTACIÓN (metros)	TOTAL	LÍNEA	INTERESTACIÓN	LONGITUD DE ESTACIÓN (metros)	LONGITUD DE INTERESTACIÓN (metros)	TOTAL
3	Indios verdes – Deportivo 18 de Marzo	150	1,166		9	Pantitlán – Puebla	150	1,380	
	Deportivo 18 de Marzo - Potrero	150	966			Puebla – Ciudad Deportiva	150	800	
	Potrero – La Raza	150	1,106			Ciudad Deportiva – Velódromo	150	1,110	
	La raza – Tlatelolco	150	1,445			Velódromo – Mixiuhca	150	821	
	Tlatelolco – Guerrero	150	1,042			Mixiuhca – Jamaica	150	942	
	Guerrero – Hidalgo	150	702			Jamaica – Chabacano	150	1,031	
	Hidalgo – Juárez	150	251			Chabacano – Lázaro Cardenas	150	1,000	
	Juárez – Balderas	150	659			Lázaro Cardenas – Centro Médico	150	1,059	
	Balderas – Niños Héroes	150	665			Centro Médico – Chilpancingo	150	1,152	
	Niños Héroes – Hospital General	150	559			Chilpancingo – Patriotismo	150	955	
	Hospital General – Centro Médico	150	653			Patriotismo – Tacubaya	150	1,133	
	Centro Médico – Etiopía	150	1,119			TOTALES	1,650	11,383	13,033
	Etiopía – Eugenia	150	950			Pantitlán – Agrícola Oriental	150	1,409	
	Eugenia – División del norte	150	715			Agrícola Oriental – Canal de San Juan	150	1,093	
	División del Norte – Zapata	150	794			Canal de San Juan – Tepalcates	150	1,456	
	Zapata - Coyoacán	150	1,153			Tepalcates – Guelatao	150	1,161	
Coyoacán – Viveros	150	908		Guelatao – Peñón Viejo	150	2,206			
Viveros – Miguel Angel de Quevedo	150	824		Peñón Viejo – Acatitla	150	1,379			
Miguel Angel de Quevedo - Copilco	150	1,295		Acatitla - Santa Marta	150	1,100			
Copilco – Universidad	150	1,306		Santa Marta – Los Reyes	150	1,783			
TOTALES	3,150	18,278	21,428		Los Reyes – La Paz	150	1,956		
4	Santa Anita – Jamaica	150	758		A	TOTALES	1,350	13,543	14,893
	Jamaica – Fray Servando	150	1,033			Ciudad Azteca – Plaza Aragón	150	574	
	Fray Servando – Candelaria	150	633			Plaza Aragón – Olímpica	150	709	
	Candelaria – Morelos	150	1,062			Olímpica – Ecatepec	150	596	
	Morelos – Canal Del Norte	150	910			Ecatepec – Múzquiz	150	1,485	
	Canal del Norte – Consulado	150	884			Múzquiz – Río de los Remedios	150	1,155	
	Consulado – Bondojito	150	645			Río de los Remedios – Impulsora	150	436	
	Bondojito – Talismán	150	959			Impulsora – Nezahualcóyotl	150	1,393	
	Talismán – Martín Carrera	150	1,129			Nezahualcóyotl – Villa de Aragón	150	1,335	
	TOTALES	1,500	8,013	9,513			Villa de Aragón – Bosques de Aragón	150	784
5	Politécnico – Instituto del Petróleo	150	1,188		B	Bosques de Aragón – Deportivo Oceanía	150	1,165	
	Instituto del Petróleo – Autobuses del Norte	150	1,067			Deportivo Oceanía - Oceanía	150	863	
	Autobuses del Norte – La Raza	150	975			Oceanía – Romero Rubio	150	809	
	La Raza – Misterios	150	892			Romero Rubio – Ricardo Flores Magón	150	908	
	Misterios – Valle Gómez	150	969			Ricardo Flores Magón – San Lázaro	150	907	
	Valle Gómez – Consulado	150	679			San Lázaro – Morelos	150	1,296	
	Consulado – Eduardo Molina	150	815			Morelos – Tepito	150	498	
	Eduardo Molina – Aragón	150	860			Tepito – Lagunilla	150	611	
	Aragón – Oceanía	150	1,219			Lagunilla - Garibaldi	150	474	
	Oceanía – Terminal Aérea	150	1,174			Garibaldi - Guerrero	150	757	
Terminal Aérea – Hangares	150	1,153		Guerrero - Buenavista	150	521			
Hangares - Pantitlán	150	1,644		TOTALES	3,000	17,276	20,276		
TOTALES	1,950	12,635	9,513						

Anexo E

Modelo	Origen	Formación de 9 Carros	Formación de 7 Carros	Formación de 6 Carros	Fabricante
MP-68R93	Francia	M R N N PR N N R M	-	-	ALSTOM
MP-68R96B	Francia	M R N N PR N N R M	-	-	ALSTOM
MP-68R96C	Francia/España	M R N N PR N N R M	-	-	ALSTOM CONSTRUCCIONES AUXILIARES DE FERROCARRIL S.A. DE C.V. (CAF)
NM - 73AR	México	M PR N N R M	-	M R N N PR N N R M	CONSTRUCTORA NACIONAL DE CARROS DE FERROCARRIL (CONCARRIL)
NM - 73BR	México	M R N N PR N N R M	-	M PR N N R M	CONSTRUCTORA NACIONAL DE CARROS DE FERROCARRIL - CONCARRIL
NM - 79	México	M R N N PR N N R M	-	-	CONSTRUCTORA NACIONAL DE CARROS DE FERROCARRIL - CONCARRIL
NC - 82	Canadá	M R N N PR N N R M	-	-	BOMBARDIER
MP - 82	Francia	M R N N PR N N R M	-	-	ALSTOM
NM - 83A	México	M R N N PR N N R M	-	-	CONSTRUCTORA NACIONAL DE CARROS DE FERROCARRIL - CONCARRIL
NM - 83B	México	M R N N PR N N R M	-	-	CONSTRUCTORA NACIONAL DE CARROS DE FERROCARRIL - CONCARRIL
NE - 92	España	M R N N PR N N R M	-	-	CONSTRUCTORA AUXILIARES DE FERROCARRIL S.A. DE C.V. (CAF)
NM - 02	Canadá / España	M R N N PR N N R M	-	-	BOMBARDIER / CONSTRUCTORA AUXILIARES DE FERROCARRIL S.A. DE C.V. (CAF)
FM - 86	México	FM FR FN FN FPR FN FN FR FM	-	FM FPR FN FN FR FM	CONSTRUCTORA NACIONAL DE CARROS DE FERROCARRIL (CNCF)
FM - 95A	México	-	-	FM FPR FN FN FR FM	ALSTOM
FE - 07	España	FM FR FN FN FPR FN FN FR FM	-	-	CONSTRUCCIONES AUXILIARES DE FERROCARRIL S.A. DE C.V. (CAF)
FE - 10	España	-	FR FN FN FN FN FR	-	CONSTRUCCIONES AUXILIARES DE FERROCARRIL S.A. DE C.V. (CAF)

Tabla 55. Parque Vehicular del STC Metro.
Fuente: STC Metro (2014).

Modelo	Cantidad (Trenes)	Altura de Riel a Techo (metros)	Ancho Exterior (metros)	Longitud de un coche M (metros)	Longitud de un coche R y N (metros)	Longitud de un Tren de 9 carros (metros)	Longitud de un Tren de 6 carros (metros)	Líneas en las que circula	Rodadura
MP-68R93	26	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 5, Línea 7 y Línea B	Neumática
MP-68R96B	28	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea B	Neumática
MP-68R96C	4	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 1	Neumática
NM - 73AR	11	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	99.08	Línea 5, Línea 6 y Línea 7	Neumática
NM - 73BR	33	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	99.08	Línea 4, Línea 6 y Línea 7	Neumática
NM - 79	58	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 3, Línea 7, Línea 8 y Línea 9	Neumática
NC - 82	20	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 9	Neumática
MP - 82	25	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 8	Neumática
NM - 83A	30	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 1, Línea 3 y Línea 7	Neumática
NM - 83B	25	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 1 y Línea 9	Neumática
NE - 92	16	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	-	Línea 1	Neumática
NM - 02	45	3.6	2.5	17.77	16.48	150.9	-	Línea 2 y Línea 7	Neumática
FM - 86	17	3.6	2.5	17.18	16.18	147.62	99.08	Línea A	Férrea
FM - 95A	13	3.9	2.5	17.33	16.18	-	99.08	Línea A	Férrea
FE - 07	9	3.838	2.5	17.82	16.58	151.7	-	Línea A	Férrea
FE - 10	30	3.6	2.8	20.5	20	141	-	Línea 12	Férrea

Tabla 56. Parque Vehicular del STC Metro.
Fuente: STC Metro (2014).

Anexo F

CARRO			
Velocidad comercial:	36 km/h	Peso promedio de carro (N)	
Velocidad máxima:	80 km/h	Peso vacío:	27.8 toneladas
Mantenimiento menor:	Entre 6,000 y 8,000 km	Peso a 4/4 de carga (70kg/PAS):	39.7 toneladas
Mantenimiento mayor:	Remolques cada 400,000 km	Peso promedio de carro (R)	
Altura riel a techo:	3.60 m	Peso vacío:	20.8 toneladas
Altura piso a techo:	2.40 m	Peso a 4/4 de carga (70kg/PAS):	32.7 toneladas
Ancho exterior:	2.50 m	Pasajero sentados (M):	38
Largo motriz con cabina (M):	17.1 m	Pasajero de pie (M):	132
Largo motriz sin cabina (N):	16.2 m	Pasajero sentados (N y R):	39
Largo remolque (R):	16.2 m	Pasajero de pie (N y R):	131
Tipo de frenado:	Reostático (eléctrico) y/o neumático		
Peso promedio de carro (M)			
Peso vacío:	28.9 toneladas		
Peso a 4/4 de carga (70kg/PAS):	40.8 toneladas		
TREN DE 6 CARROS (M-R-N-N-PR-M)			
Largo:	99 m	Pasajero sentados:	232
Peso promedio vacío:	155 Toneladas	Pasajero de pie:	788
Peso promedio a 4/4 de carga (70kg/PAS):	226.4 Toneladas	Total de pasajeros:	1,020
TREN DE 9 CARROS (M-R-N-N-PR-N-N-R-M)			
Largo:	147.6 m	Pasajero sentados:	349
Peso promedio vacío:	231.4 Toneladas	Pasajero de pie:	1,181
Peso promedio a 4/4 de carga (70kg/PAS):	338.5 Toneladas	Total de pasajeros:	1,530

Tabla 57. Características generales del material rodante neumático del STC Metro.
Fuente: STC Metro (2014).

Anexo G

	Estación	Correspondencia con Línea	Estación	Tipo de Estación	Pertenece a la Delegación
1	Cuatro Caminos	-	Terminal	Subterránea	Estado de México, Municipio de Naucalpan de Juárez
2	Panteones	-	De paso	Subterránea	Miguel Hidalgo
3	Tacuba	7	De correspondencia	Subterránea	Miguel Hidalgo
4	Cuitláhuac	-	De paso	Subterránea	Miguel Hidalgo
5	Popotla	-	De paso	Subterránea	Miguel Hidalgo
6	Colegio Militar	-	De paso	Subterránea	Miguel Hidalgo
7	Normal	-	De paso	Subterránea	Miguel Hidalgo
8	San Cosme	-	De paso	Subterránea	Cuauhtémoc
9	Revolución	-	De paso	Subterránea	Cuauhtémoc
10	Hidalgo	3	De correspondencia	Subterránea	Cuauhtémoc
11	Bellas Artes	8	De correspondencia	Subterránea	Cuauhtémoc
12	Allende	-	De paso	Subterránea	Cuauhtémoc
13	Zócalo	-	De paso	Subterránea	Cuauhtémoc
14	Pino Suárez	1	De correspondencia	Subterránea	Cuauhtémoc
15	San Antonio Abad	-	De paso	Superficie	Cuauhtémoc
16	Chabacano	8 y 9	De correspondencia	Superficie	Cuauhtémoc
17	Viaducto	-	De paso	Superficie	Benito Juárez e Iztacalco
18	Xola	-	De paso	Superficie	Benito Juárez
19	Villa de Cortés	-	De paso	Superficie	Benito Juárez
20	Nativitas	-	De paso	Superficie	Benito Juárez
21	Portales	-	De paso	Superficie	Benito Juárez
22	Ermita	-	De correspondencia	Superficie	Benito Juárez
23	General Anaya	-	De paso	Superficie	Coyoacán
24	Tasqueña	-	Terminal	Superficie	Coyoacán

Tabla 58. Línea 2 del STC Metro.
Fuente: STC Metro (2014).

Anexo H

Afluencia del STC Metro de 2007 a Marzo de 2016

		2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
0	ESTACIONES	TOTAL									
1	Observatorio L1	6,489,055	27,711,208	27,036,330	27,105,718	18,700,701	25,616,672	22,120,758	23,789,380	22,298,319	19,995,285
2	Tacubaya L1	3,064,875	13,293,703	12,881,925	12,824,743	11,961,994	11,723,325	12,002,758	11,627,209	11,244,964	10,686,017
3	Juanacatlán L1	1,040,081	4,546,682	4,672,595	4,862,266	4,962,263	4,317,924	2,855,671	2,350,446	3,505,184	4,158,444
4	Chapultepec L1	4,943,082	21,602,139	20,433,581	20,515,860	13,292,015	20,092,272	20,278,248	20,901,291	23,486,483	21,532,996
5	Sevilla L1	2,902,498	12,304,257	11,700,900	11,660,193	7,475,410	10,034,938	8,809,911	9,179,318	10,740,635	9,489,278
6	Insurgentes L1	5,297,208	23,113,713	22,607,506	21,933,745	12,824,610	17,577,861	17,819,154	19,154,290	19,384,247	16,952,676
7	Cuauhtémoc L1	1,970,950	8,350,845	7,842,706	7,588,755	5,843,999	7,256,811	6,938,493	5,593,822	7,597,185	5,933,160
8	Balderas L1	1,915,675	8,340,249	8,113,226	8,204,737	5,268,599	7,753,099	6,278,543	6,602,109	7,819,348	6,483,650
9	Salto del Agua L1	2,091,161	8,925,514	9,151,061	9,550,935	7,420,412	7,572,089	7,815,475	7,888,547	8,319,228	7,561,959
10	Isabel la Católica L1	1,995,252	8,494,830	8,731,440	8,921,844	6,601,259	7,997,575	7,379,187	6,953,897	7,378,588	7,045,139
11	Pino Suárez L1	2,729,889	12,354,196	12,276,607	12,604,981	7,978,274	12,439,301	11,499,489	11,804,067	11,124,996	10,966,290
12	Merced L1	4,377,638	19,444,093	19,652,429	19,874,308	12,211,435	19,979,930	18,725,254	17,305,695	20,088,342	16,471,723
13	Candelaria L1	2,166,175	9,325,829	9,308,818	8,696,602	6,468,792	8,019,525	8,424,654	7,004,141	7,023,198	7,330,418
14	San Lázaro L1	2,860,663	11,678,375	11,285,786	10,737,300	8,426,720	9,867,882	9,676,879	9,299,011	9,811,843	10,281,417
15	Moctezuma L1	2,092,862	9,213,638	9,642,142	11,470,859	11,000,570	9,085,256	8,876,932	10,062,251	10,412,257	9,154,431
16	Balbuena L1	1,175,409	5,095,489	5,442,959	5,738,939	5,959,750	5,331,378	4,943,778	4,331,447	5,087,685	4,963,542
17	Boulevard Puerto Aéreo L1	2,310,017	10,789,494	10,768,640	11,028,780	11,382,772	10,614,000	10,596,640	10,736,639	10,812,491	9,933,238
18	Gómez Farias L1	3,337,634	15,129,911	15,350,466	15,262,126	10,376,054	12,344,521	14,881,486	13,964,126	13,176,779	11,058,342
19	Zaragoza L1	4,683,623	20,570,498	19,655,974	22,357,078	14,969,849	19,435,293	18,756,335	15,572,745	17,606,274	18,686,300
20	Pantitlán L1	4,092,403	17,320,324	17,153,569	18,063,657	14,046,371	18,057,772	16,457,920	17,946,428	20,873,585	21,821,590
21	Cuatro Caminos L2	9,523,016	40,423,144	42,174,523	46,056,083	32,347,218	43,502,529	44,425,920	41,972,575	44,032,095	37,357,117
22	Panteones L2	1,320,609	5,492,559	4,902,826	4,848,887	5,273,599	3,473,490	2,410,757	3,400,721	4,020,815	3,172,130
23	Tacuba L2	3,166,159	13,944,900	13,798,522	14,386,807	10,028,068	13,303,010	12,558,303	12,951,355	12,832,705	12,851,993
24	Cuñtahuac L2	1,650,737	7,103,440	7,228,431	7,678,662	6,766,985	7,429,771	6,290,034	6,946,743	7,372,862	7,208,720
25	Popotla L2	887,282	3,857,093	3,729,954	3,964,761	3,847,625	2,594,473	2,558,643	3,404,600	3,250,646	3,606,783
26	Colegio Militar L2	1,297,625	5,753,827	5,774,657	5,723,025	4,769,969	6,040,218	5,471,145	5,300,249	5,666,260	4,966,656
27	Normal L2	3,156,005	13,685,576	13,353,961	14,522,923	9,618,939	13,559,980	12,923,602	12,208,794	9,403,252	11,464,149
28	San Cosme L2	2,250,496	10,473,114	10,729,878	10,387,074	7,332,417	7,970,119	7,455,453	8,228,298	9,331,011	9,549,444
29	Revolución L2	2,320,339	6,370,493	9,037,751	12,275,047	8,337,900	12,067,575	11,448,592	11,159,689	10,734,127	9,543,782
30	Hidalgo L2	2,735,968	13,299,542	12,862,130	13,124,301	9,033,918	12,419,244	11,322,951	10,132,079	12,315,610	13,182,147
31	Bellas Artes L2	2,818,732	11,329,580	10,174,401	11,022,008	6,351,860	11,387,261	8,182,062	8,186,015	8,836,654	8,006,705
32	Allende L2	2,647,887	11,808,693	12,681,968	14,078,777	10,423,072	13,183,089	11,269,920	11,355,799	12,914,390	11,768,042
33	Zócalo L2	6,118,795	26,229,616	26,402,602	25,244,785	15,460,050	26,758,754	29,723,752	28,747,677	30,430,126	23,055,205
34	Pino Suárez L2	2,182,694	9,391,308	9,579,924	10,461,923	7,059,666	9,208,012	5,114,337	5,729,033	8,432,384	8,542,704
35	San Antonio Abad L2	2,047,398	8,810,733	8,712,209	7,801,693	7,564,952	8,623,188	7,418,514	8,216,104	9,087,421	5,613,740
36	Chabacano L2	2,353,524	10,236,980	9,872,380	9,609,998	8,331,643	8,251,565	9,162,074	8,106,948	9,143,979	8,838,765
37	Viaducto L2	1,803,145	7,711,654	7,903,530	8,596,630	7,154,690	8,204,925	7,618,798	8,325,546	8,932,544	6,621,911
38	Xola L2	1,868,819	7,954,990	7,539,018	7,943,060	7,788,772	6,289,562	6,151,510	6,937,050	6,152,377	5,721,813
39	Villa de Cortés L2	1,609,649	6,881,406	6,974,986	5,244,873	5,878,635	7,103,912	5,667,042	6,794,478	7,143,693	5,244,937
40	Nativitas L2	1,704,668	7,529,556	8,077,264	8,435,785	5,726,872	7,581,387	6,492,514	7,619,055	8,293,345	6,786,687
41	Portales L2	1,931,747	7,855,275	7,954,929	8,452,849	6,613,001	7,521,986	5,598,225	5,953,337	7,805,091	5,847,425
42	Ermita L2	1,402,094	6,047,156	6,204,256	6,617,373	7,199,891	7,017,172	6,724,161	8,011,340	8,070,769	6,886,278
43	General Anaya L2	2,578,101	11,970,766	11,993,457	11,870,161	8,492,821	10,052,998	9,261,703	9,070,141	10,095,033	9,394,564
44	Tasqueña L2	6,856,836	32,791,204	31,847,185	29,811,156	29,956,065	33,465,887	29,703,372	27,924,288	28,331,069	25,152,223
45	Indios Verdes L3	10,176,457	43,952,837	44,066,501	45,476,701	30,398,032	42,270,846	43,170,596	46,356,251	46,587,583	43,777,981
46	Deportivo 18 de Marzo L3	3,152,077	14,499,789	15,047,813	15,917,550	12,013,884	14,960,626	14,942,472	14,167,088	13,546,711	13,176,965
47	Potrero L3	1,554,964	7,384,471	7,184,004	7,911,896	6,721,197	7,817,183	7,642,002	7,851,324	7,867,127	7,673,599
48	La Raza L3	2,433,139	11,830,310	11,974,008	12,392,170	8,976,461	11,718,866	13,789,229	14,795,131	14,511,776	15,491,474
49	Tlatelolco L3	1,762,358	8,057,191	7,815,836	8,419,675	6,760,609	8,364,436	8,262,432	8,537,221	8,288,766	7,938,121
50	Guerrero L3	1,033,707	4,397,682	4,678,297	4,539,020	4,927,916	4,808,055	4,839,159	4,768,035	4,563,660	4,779,175
51	Hidalgo L3	1,586,767	6,872,627	6,813,719	7,503,792	5,190,443	7,445,201	7,733,000	7,637,014	7,919,498	7,547,584
52	Juárez L3	1,597,433	6,786,145	7,037,722	7,398,241	5,218,409	7,320,835	7,056,809	6,659,057	6,822,481	6,514,437
53	Balderas L3	692,601	2,832,057	3,174,677	2,914,659	3,804,429	2,647,480	2,855,827	2,579,361	2,611,811	2,435,831
54	Niños Héroes L3	1,667,848	6,897,969	6,880,404	6,983,816	5,160,948	6,331,150	5,957,767	6,023,830	6,315,728	6,324,996
55	Hospital General L3	1,988,723	8,566,280	8,815,281	8,904,046	6,241,758	8,662,534	8,683,096	8,589,212	8,843,128	8,272,072
56	Centro Médico L3	1,833,859	7,797,999	7,853,706	8,304,787	5,735,409	7,892,846	7,876,846	7,634,952	7,902,558	7,540,257
57	Étiopia / Plaza de la Transparencia L3	2,624,685	10,885,672	10,921,783	11,355,237	6,840,296	10,600,770	10,763,113	10,611,062	10,115,734	10,007,685
58	Eugenia L3	1,606,361	6,669,576	6,658,355	6,711,970	5,562,784	6,379,088	6,285,519	6,528,447	5,954,651	5,576,382
59	División del Norte L3	1,647,783	7,107,748	7,247,832	7,614,497	5,573,308	7,643,972	7,280,207	6,990,630	6,880,234	7,219,684
60	Zapata L3	2,390,562	10,559,472	10,521,875	11,733,752	8,821,827	13,319,939	13,397,010	15,117,648	16,291,669	16,029,500
61	Coyoacán L3	2,091,700	9,216,965	9,679,497	10,029,709	6,491,330	9,149,499	8,372,339	8,217,043	8,217,992	8,510,568
62	Viveros / Derechos Humanos L3	1,958,885	8,517,180	8,676,216	9,181,461	7,320,070	8,368,516	8,407,526	8,568,111	8,293,175	8,131,726
63	Miguel Ángel de Quevedo L3	3,000,522	11,781,124	11,243,904	11,588,296	7,839,530	9,812,800	9,505,020	9,321,190	9,453,368	8,763,600
64	Copco L3	3,104,549	13,764,580	14,898,388	15,226,335	10,746,366	14,176,131	13,259,563	13,247,131	12,834,536	12,729,073
65	Universidad L3	6,353,423	26,367,195	26,205,477	26,934,814	21,003,217	24,351,138	21,488,548	21,760,008	22,384,369	22,450,429

66	Martín Carrera L4	2,082,288	8,948,541	8,513,869	8,186,780	4,906,615	7,402,728	6,168,970	5,621,848	6,056,626	5,786,725
67	Talismán L4	520,815	2,276,807	2,248,090	2,296,547	1,817,507	2,014,223	1,918,081	1,798,508	1,620,952	1,397,296
68	Bondoquito L4	594,276	2,438,388	2,323,324	2,372,217	1,909,873	2,165,132	2,048,015	1,976,390	1,853,246	1,450,571
69	Consulado L4	378,293	1,623,893	1,633,327	1,661,677	1,418,410	1,452,147	1,390,133	1,398,605	1,334,673	1,095,185
70	Canal del Norte L4	752,736	3,366,157	3,305,855	3,408,574	2,354,388	2,964,595	2,906,978	2,832,960	2,559,061	2,047,719
71	Morelos L4	663,923	2,851,753	2,946,711	3,001,979	2,200,848	2,721,426	2,535,630	2,426,574	2,275,961	1,867,743
72	Candelaria L4	631,598	2,760,842	2,717,641	2,700,625	1,694,503	2,614,831	2,412,763	2,279,952	1,991,461	1,566,034
73	Fray Servando L4	672,437	2,555,405	2,884,276	2,990,366	1,988,478	2,572,786	2,430,598	2,313,083	2,134,686	1,634,899
74	Jamaica L4	644,857	2,808,140	2,699,955	2,628,782	1,936,653	2,477,872	2,385,489	2,410,545	2,408,471	2,050,236
75	Santa Anita L4	205,639	884,321	1,063,158	968,671	1,839,033	716,332	738,876	703,595	618,382	526,706
76	Pantitlán L5	8,261,357	34,934,311	34,359,591	33,863,243	18,351,323	30,778,801	28,495,663	30,269,977	30,595,014	27,812,694
77	Hangares L5	421,027	1,880,697	1,784,681	1,864,860	1,408,212	1,733,553	1,624,789	1,628,397	1,661,460	1,501,016
78	Terminal Aérea L5	1,426,000	5,921,153	5,734,509	5,536,824	4,024,738	4,845,634	4,778,274	4,905,984	5,523,807	5,360,597
79	Oceania L5	745,923	3,119,020	3,065,959	3,079,651	2,429,580	2,933,858	2,874,476	2,529,604	3,080,269	3,019,773
80	Aragón L5	613,016	2,648,942	2,703,820	2,732,838	2,168,291	2,424,525	2,464,290	2,499,509	2,544,175	2,077,840
81	Eduardo Molina L5	620,466	2,641,410	2,704,567	2,778,187	2,158,767	2,255,022	2,287,814	2,267,762	2,338,832	2,042,683
82	Consulado L5	436,649	1,853,261	1,826,820	1,889,343	1,496,760	1,676,005	1,327,744	1,427,394	1,788,209	2,720,972
83	Valle Gómez L5	393,271	1,610,305	1,607,802	1,621,149	1,242,558	1,427,592	1,334,323	1,385,422	1,375,787	1,050,315
84	Misterios L5	715,286	2,961,186	3,049,586	3,062,814	2,397,513	2,936,876	2,816,043	2,690,958	2,701,129	2,066,689
85	La Raza L5	895,451	3,787,080	3,719,585	3,872,902	3,169,207	4,032,640	3,671,113	3,668,032	3,633,261	2,994,438
86	Autobuses del Norte L5	2,185,481	8,629,871	8,637,817	9,019,743	6,543,115	8,754,403	8,520,357	8,761,343	8,449,264	6,497,754
87	Instituto del Petróleo L5	499,350	2,051,984	2,066,254	2,166,402	1,678,212	2,031,101	1,941,042	1,973,664	2,078,441	1,730,319
88	Politécnico L5	2,923,864	12,703,723	12,274,639	12,826,914	9,119,841	12,473,208	12,541,693	12,327,034	12,453,800	9,748,929
89	El Rosario L6	1,571,397	6,944,620	5,982,793	6,395,547	9,472,015	11,539,561	6,703,354	6,688,274	6,984,791	7,112,364
90	Tezozomoc L6	481,619	2,020,553	2,071,986	1,661,353	2,090,910	745,668	854,872	1,503,428	1,684,872	1,524,652
91	Azcapotzalco L6	734,314	3,111,549	2,834,420	2,630,544	2,059,184	2,308,209	2,310,406	2,203,318	2,625,320	2,455,135
92	Ferrería/Arena Ciudad de México L6	2,061,866	8,566,638	7,843,776	8,116,118	5,492,042	4,933,900	5,101,666	4,303,445	4,136,557	4,861,733
93	Norte 45 L6	580,644	2,544,373	2,506,044	2,948,537	1,723,507	2,017,339	2,300,089	2,091,501	2,248,194	1,987,992
94	Vallejo L6	728,697	2,666,438	2,499,407	2,390,019	1,812,028	998,932	1,355,742	1,540,659	1,898,638	2,046,398
95	Instituto del Petróleo L6	333,737	1,463,834	1,314,717	1,406,332	1,243,387	1,160,177	1,209,170	1,232,240	1,248,477	1,285,973
96	Lindavista L6	1,547,816	5,811,670	4,870,684	4,783,364	5,053,092	5,499,346	5,379,754	5,462,882	5,446,576	4,561,282
97	Deportivo 18 de Marzo L6	176,953	902,851	979,763	1,162,379	1,076,075	555,055	573,374	545,672	730,251	774,671
98	La Villa-Basilica L6	1,285,020	5,782,691	5,302,469	5,562,583	3,787,214	4,620,986	5,182,855	5,121,102	5,524,657	4,952,896
99	Martín Carrera L6	2,308,196	11,765,920	11,210,767	12,125,085	8,966,527	9,419,808	9,910,047	9,591,749	10,913,154	10,423,203
100	El Rosario L7	3,220,719	13,513,283	13,810,282	43,686,170	6,862,182	6,549,780	12,097,027	13,481,307	16,346,320	15,809,191
101	Aquiles Serdán L7	1,433,627	5,528,859	5,904,210	6,317,053	5,186,910	5,566,324	4,365,528	5,304,030	5,606,134	5,270,104
102	Camarones L7	1,308,483	5,465,729	5,420,195	5,512,976	4,149,916	4,864,876	4,009,151	4,282,476	4,193,299	4,336,192
103	Refinería L7	890,703	3,238,773	3,525,684	3,578,888	2,808,215	3,331,026	2,710,843	1,995,120	2,867,513	2,630,718
104	Tacuba L7	684,545	8,742,353	2,908,439	2,543,575	2,347,472	2,834,409	2,305,599	2,370,886	2,495,211	2,114,856
105	San Joaquín L7	2,058,296	8,381,860	8,118,882	7,131,780	4,651,310	5,981,213	5,724,150	5,100,798	4,309,161	4,620,243
106	Polanco L7	2,697,842	11,415,442	10,307,974	10,543,898	8,367,393	10,493,249	9,296,098	8,935,284	9,388,901	8,633,740
107	Auditorio L7	2,778,175	11,402,203	11,063,269	10,900,220	8,114,953	10,080,032	8,737,991	7,606,851	8,417,468	8,396,959
108	Constituyentes L7	746,354	3,075,691	3,516,304	3,655,930	2,955,077	2,454,758	2,196,059	2,213,283	2,867,214	2,049,382
109	Tacubaya L7	583,767	2,493,039	2,507,020	2,530,426	1,984,230	2,273,652	1,645,322	1,929,372	2,309,114	2,086,324
110	San Pedro de los Pinos L7	1,174,912	4,919,578	4,541,571	3,884,675	3,054,890	3,782,713	3,388,221	3,257,051	2,869,927	2,611,981
111	San Antonio L7	1,321,025	5,262,603	5,328,111	5,575,555	4,177,158	3,788,248	4,021,603	4,048,243	4,201,080	3,729,165
112	Mixcoac L7	1,950,962	8,237,765	7,755,298	8,309,487	6,631,445	7,535,179	6,498,108	7,641,891	8,181,297	6,613,437
113	Barranca del Muerto L7	3,347,042	13,413,313	13,282,149	13,802,760	9,185,425	12,344,546	11,678,844	12,509,025	13,277,454	9,999,602
114	Garibaldi L8	1,612,979	7,107,554	7,985,645	7,758,638	11,031,482	7,917,734	8,049,537	8,039,833	8,291,305	7,163,170
115	Bellas Artes L8	1,934,857	8,211,081	7,906,233	7,238,657	5,960,738	7,873,852	7,230,733	6,544,648	6,918,556	6,827,852
116	San Juan de Letrán L8	2,636,193	11,258,529	10,763,293	11,384,382	6,110,859	10,232,602	10,461,217	10,368,015	10,469,488	9,689,078
117	Salto del Agua L8	1,579,127	6,604,207	6,921,771	6,997,398	4,075,329	6,599,067	6,240,607	6,644,129	6,192,868	5,990,391
118	Doctores L8	1,014,059	4,396,394	4,330,179	4,295,756	3,458,912	4,053,198	3,630,411	3,017,684	3,266,200	3,484,134
119	Obarrera L8	1,014,846	5,176,828	4,801,866	4,138,066	4,759,833	5,083,830	5,006,703	4,891,721	4,758,867	4,351,438
120	Chabacano L8	331,448	1,382,209	1,395,094	1,380,675	1,427,011	1,237,537	1,326,785	1,293,103	1,054,442	1,321,863
121	La Viga L8	603,837	2,453,501	2,470,567	2,522,565	2,242,513	2,545,715	2,360,495	2,336,024	2,126,781	2,023,547
122	Santa Anita L8	555,407	2,340,224	2,449,436	2,339,487	2,561,835	2,343,198	2,455,798	2,255,827	2,102,050	1,854,050
123	Coyuya L8	1,764,320	7,433,385	7,267,919	7,866,281	5,985,933	7,322,559	7,246,883	7,729,365	8,755,780	8,068,417
124	Iztacalco L8	1,838,624	7,615,733	7,604,880	7,889,601	5,144,859	7,460,051	6,868,273	6,530,552	5,427,432	4,890,752
125	Apatlaco L8	1,244,610	5,036,190	4,811,139	4,370,291	3,617,280	4,155,200	4,008,599	4,073,597	2,864,861	3,076,415
126	Aculco L8	820,157	3,439,629	3,416,587	3,486,566	2,761,136	3,956,959	3,780,719	3,540,586	3,278,377	3,124,175
127	Escuadrón 201 L8	2,039,204	8,419,159	8,444,834	8,593,219	6,657,296	8,749,239	8,359,891	7,841,783	7,729,634	6,525,047
128	Atlixco L8	1,305,024	5,544,786	5,425,564	5,527,080	4,831,920	5,400,372	5,865,283	5,676,779	5,207,385	4,731,269
129	Iztapalapa L8	888,355	3,357,501	3,227,677	4,414,140	3,554,772	3,398,639	3,264,470	3,130,643	2,921,439	2,591,462
130	Cerro de la Estrella L8	971,264	3,746,734	4,152,718	4,366,303	5,009,281	3,117,099	3,943,009	3,753,416	3,471,653	3,275,826
131	UAM-I L8	2,206,080	9,055,119	9,234,074	8,854,542	7,935,332	8,692,351	8,558,795	7,941,153	8,422,432	7,191,968
132	Constitución de 1917 L8	7,934,733	35,547,971	31,817,841	30,304,731	20,267,278	35,882,912	32,213,269	32,019,827	31,241,836	26,812,789

133	Tacubaya L9	4,190,568	22,106,433	17,653,034	18,263,839	17,508,158	17,163,999	17,140,583	16,584,554	15,641,562	16,135,011
134	Patriotismo L9	1,529,228	8,348,452	6,702,496	6,690,207	5,603,323	4,915,039	4,468,134	4,588,753	4,901,322	4,549,732
135	Chilpancingo L9	3,893,446	12,942,101	15,546,166	16,785,180	8,839,528	13,369,922	14,281,851	13,270,440	14,188,531	12,837,802
136	Centro Médico L9	1,210,699	4,563,619	4,991,549	5,032,851	3,520,279	3,223,950	2,375,852	2,173,646	3,646,107	3,728,643
137	Lázaro Cárdenas L9	1,063,991	5,146,462	4,566,074	4,847,806	4,266,461	4,052,453	4,154,013	4,082,059	3,984,461	3,648,230
138	Chabacano L9	947,104	4,060,042	3,728,213	3,089,701	3,204,097	3,720,222	3,949,085	4,107,805	3,978,656	3,773,327
139	Jamaica L9	1,022,933	4,242,622	3,995,844	3,262,190	3,551,348	3,695,823	3,471,229	4,265,332	4,153,971	3,478,128
140	Mixihuca L9	1,659,872	6,485,360	7,351,812	7,672,275	5,135,702	7,450,578	7,143,325	7,552,645	8,261,387	7,637,575
141	Velódromo L9	774,617	3,691,037	3,215,791	3,517,196	2,895,682	3,416,424	3,321,898	2,847,089	2,559,350	2,965,639
142	Ciudad Deportiva L9	554,681	5,865,652	3,107,334	3,269,661	4,901,095	2,370,824	2,213,704	2,121,839	2,181,193	1,714,798
143	Puebla L9	2,668,188	11,287,982	11,776,278	12,162,030	8,634,602	10,692,646	10,553,236	10,201,321	10,632,651	9,675,613
144	Pantitlán L9	7,965,706	30,638,020	35,361,877	38,042,808	17,951,850	33,803,441	29,390,961	35,963,018	33,355,513	33,734,363
145	Pantitlán LA	10,023,285	42,399,936	35,637,785	31,586,983	24,115,402	32,151,992	24,486,999	25,204,431	33,261,616	34,171,296
146	Agrícola Oriental LA	785,414	3,799,828	3,874,686	3,470,231	2,799,724	3,479,594	3,296,302	3,239,720	4,014,919	4,326,146
147	Canal de San Juan LA	1,142,657	4,144,075	4,829,138	4,877,568	3,675,852	4,698,376	3,919,426	4,933,527	5,195,165	5,557,869
148	Tepalcates LA	1,390,613	5,893,177	5,399,036	5,247,805	4,660,350	5,299,787	5,142,701	5,108,688	5,341,650	5,612,202
149	Guelatao LA	1,650,305	9,540,009	6,376,070	6,339,908	5,525,539	5,912,457	5,878,855	6,388,316	7,403,920	7,719,984
150	Peñón Viejo LA	1,040,664	2,823,271	4,608,747	4,817,577	4,266,606	5,138,056	5,347,458	4,944,525	5,118,707	5,070,007
151	Acatitla LA	1,121,593	3,040,919	4,961,783	4,949,291	4,513,380	5,630,517	5,033,111	5,070,118	5,563,026	5,191,301
152	Santa Marta LA	2,167,681	5,774,012	9,415,574	9,607,048	8,473,405	8,067,199	8,908,358	9,539,758	9,408,180	9,917,462
153	Los Reyes LA	1,530,234	4,278,146	6,890,741	6,572,638	6,103,656	7,200,118	7,032,662	7,243,575	7,092,430	7,171,239
154	La Paz LA	2,772,477	7,886,835	12,778,556	11,527,646	9,193,951	11,913,128	9,904,250	12,273,697	15,293,497	15,186,035
155	Ciudad Azteca LB	5,604,284	23,029,860	22,693,910	23,999,979	17,599,468	20,748,198	17,830,485	19,534,210	19,370,881	12,726,403
156	Plaza Aragón LB	1,885,377	7,316,545	7,463,033	8,051,697	5,934,864	8,774,893	8,385,272	7,852,512	6,192,668	5,948,072
157	Olimpica LB	1,652,557	6,622,922	6,842,105	7,414,883	5,641,508	7,088,450	6,828,194	6,514,377	6,297,561	5,530,997
158	Ecatepec LB	2,550,202	10,278,887	10,138,694	10,454,266	8,413,002	10,237,086	9,813,127	9,417,839	9,055,889	8,272,045
159	Muzquiz LB	2,990,086	11,953,349	12,078,962	12,717,810	10,062,068	12,160,444	11,994,381	11,594,694	11,213,221	10,421,039
160	Río de los Remedios LB	2,112,964	8,087,557	8,131,707	8,545,140	5,656,974	7,972,668	7,881,492	6,552,429	5,038,228	4,308,510
161	Impulsora LB	2,306,994	8,973,791	9,418,656	10,258,979	8,086,016	9,396,257	9,382,897	9,348,883	9,363,919	8,629,920
162	Nezahualcóyotl LB	2,151,179	8,849,391	8,803,387	9,181,293	7,171,332	8,487,304	7,783,158	7,930,505	7,526,504	6,840,040
163	Villa de Aragón LB	1,243,867	4,953,142	4,899,959	5,296,168	3,926,282	4,842,546	4,815,556	4,245,513	3,778,934	3,605,049
164	Bosque de Aragón LB	643,143	2,434,305	2,439,730	2,561,524	1,889,650	2,306,186	2,267,338	2,147,167	2,259,721	2,150,750
165	Deportivo Oceanía LB	1,515,822	6,125,180	5,987,504	6,397,418	5,043,201	6,207,716	6,078,055	6,025,319	5,784,568	5,284,912
166	Oceanía LB	938,198	3,937,416	3,812,581	3,985,375	3,079,295	3,579,033	3,475,145	2,759,912	2,774,222	2,821,547
167	Romero Rubio LB	762,259	3,357,857	3,431,783	3,552,826	2,698,384	3,297,279	3,388,387	3,184,579	3,454,112	2,853,240
168	R. Flores Magón LB	463,110	2,165,494	2,386,216	2,492,573	1,864,415	2,074,195	2,090,132	1,923,663	1,591,963	1,781,500
169	San Lázaro LB	1,432,185	5,635,871	5,308,122	5,424,129	4,437,580	5,508,338	5,516,503	5,180,594	4,794,985	4,422,100
170	Morelos LB	329,635	1,691,213	1,714,483	1,744,627	1,431,354	1,704,600	1,984,624	1,691,262	1,693,626	1,561,912
171	Tepito LB	2,003,401	7,579,509	8,634,901	9,453,517	6,559,247	8,984,917	8,282,127	7,853,577	7,489,030	7,116,158
172	Lagunilla LB	2,452,529	9,463,801	10,025,696	10,282,763	6,785,226	10,015,204	9,649,321	9,075,909	8,871,453	7,949,532
173	Garibaldi LB	720,002	2,976,718	3,032,460	3,332,616	2,297,830	3,088,681	3,020,691	2,585,052	2,558,990	2,317,663
174	Guerrero LB	465,008	2,010,961	1,982,617	2,092,352	1,595,116	1,797,477	1,507,936	1,574,159	1,810,758	1,670,658
175	Buenavista LB	4,866,765	21,285,023	20,722,413	21,180,420	14,402,929	18,611,327	16,882,804	14,560,336	11,549,144	8,884,032
176	Mixcoac L12	1,117,355	4,182,362	4,046,498	3,887,542	233,552					
177	Insurgentes Sur L12	2,327,198	8,823,033	8,350,246	8,056,989	935,315					
178	Hospital 20 de Noviembre L12	948,947	3,869,595	3,607,568	3,269,417	367,033					
179	Zapata L12	1,037,666	3,658,343	3,721,709	3,808,072	509,381					
180	Parque de los Venados L12	826,970	2,953,334	2,863,417	2,905,622	349,070					
181	Eje Central L12	733,545	2,302,548	2,434,342	2,727,154	318,716					
182	Ermida L12	792,789	2,520,366	2,527,169	2,861,374	334,760					
183	Mexicaltzingo L12	1,329,237	4,272,012	4,212,259	4,716,790	545,069					
184	Atlixco L12	1,047,263	15,518,343	14,544,147	3,466,338	384,202					
185	Culhuacán L12	972,288	0	798,544	4,097,340	536,523					
186	San Andrés Tomatlán L12	738,388	0	638,775	3,136,383	380,241					
187	Lomas Estrella L12	638,888	0	561,677	2,820,339	357,639					
188	Calle 11 L12	999,921	0	858,889	4,493,840	594,520					
189	Periférico Oriente L12	1,866,765	0	1,558,004	8,239,154	1,098,453					
190	Tezonco L12	1,352,467	0	1,234,198	6,137,160	730,918					
191	Olivos L12	1,072,309	0	913,054	4,755,272	615,701					
192	Nopalera L12	1,273,870	0	1,044,607	5,100,859	641,089					
193	Zapotitlán L12	947,279	0	785,447	4,099,359	556,812					
194	Tlaltenco L12	186,280	0	148,671	783,193	100,733					
195	Tlāhuac L12	2,997,741	0	2,646,806	12,620,535	1,500,495					
		391,015,405	1,615,144,731	1,614,533,594	1,711,654,737	1,203,784,934	1,487,525,176	1,410,121,151	1,414,907,798	1,460,144,568	1,352,608,424
		195	195	195	195	175	175	175	175	175	175

Tabla 59. Afluencia del STC Metro de enero de 2007 a Marzo de 2016.
Fuente: Elaboración propia basada en STC Metro¹²⁹ (2016).

¹²⁹ STC Metro. (2016). Cifras de Operación: STC Metro. Recuperado el 4 de octubre de 2015, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/operacion/cifrasoperacionanos.html>

Anexo I

Diagrama de bloques del PIC16F84A.

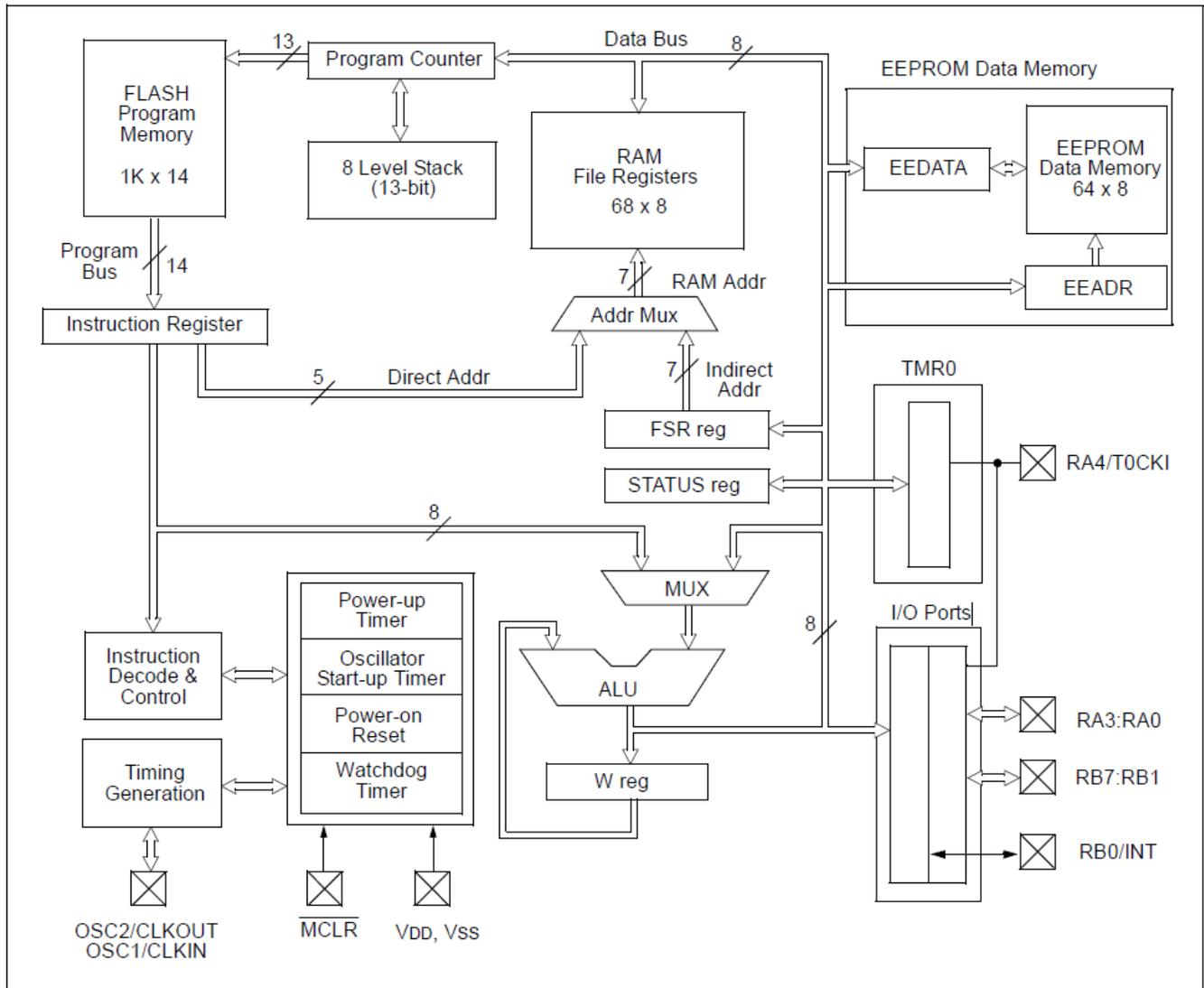


Ilustración 121. Diagrama de bloques del PIC16F84A.
Fuente: Microchip Technology Inc.¹³⁰ (2001).

¹³⁰ Microchip Technology Inc. (2001). PIC16F84A Data Sheet. U.S.A. Retrieved October 6, 2016

Anexo J

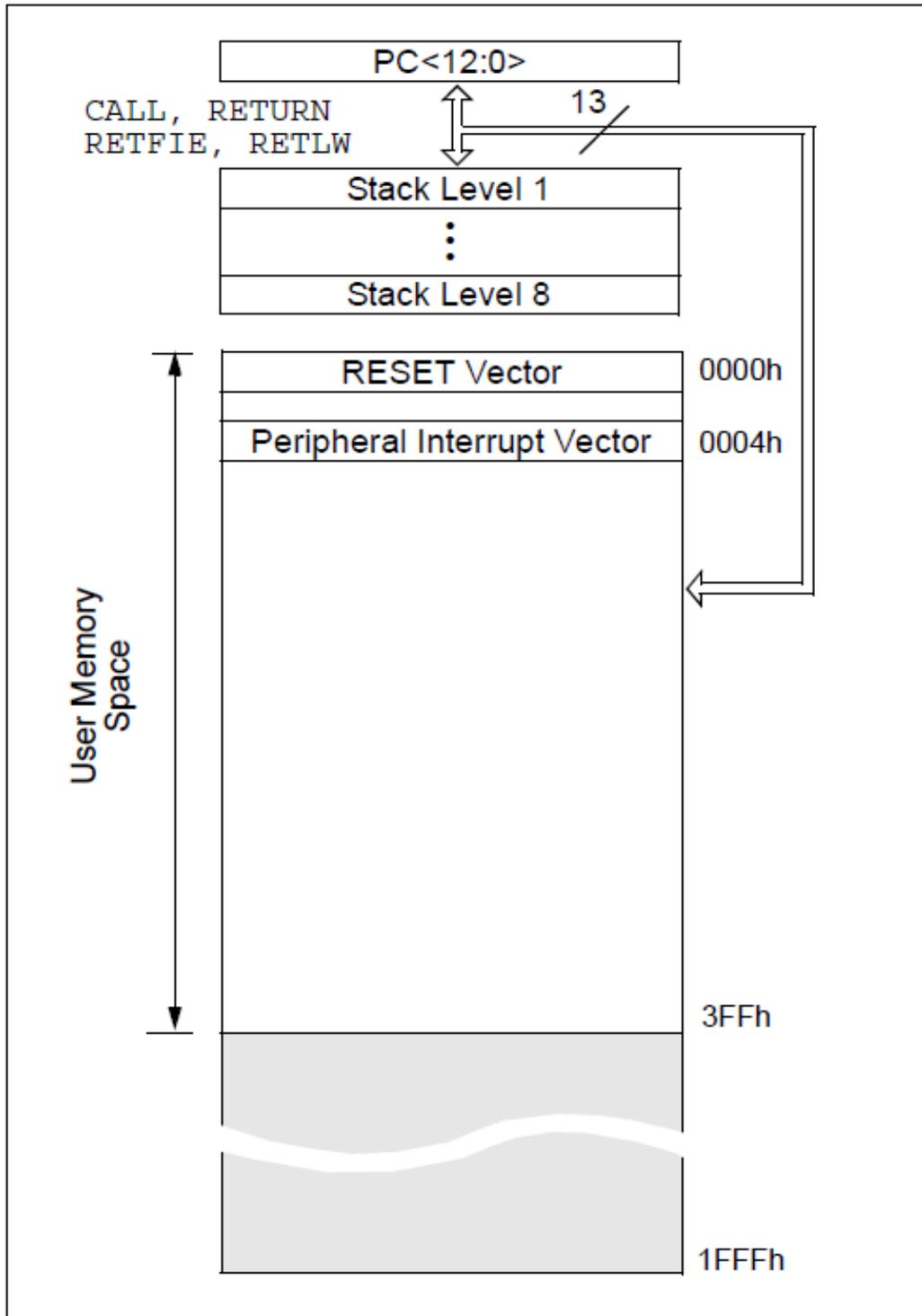


Ilustración 122. Mapa de memoria del programa en forma de pila del PIC16F84A.
Fuente: Microchip Technology Inc. (2001).

Anexo K

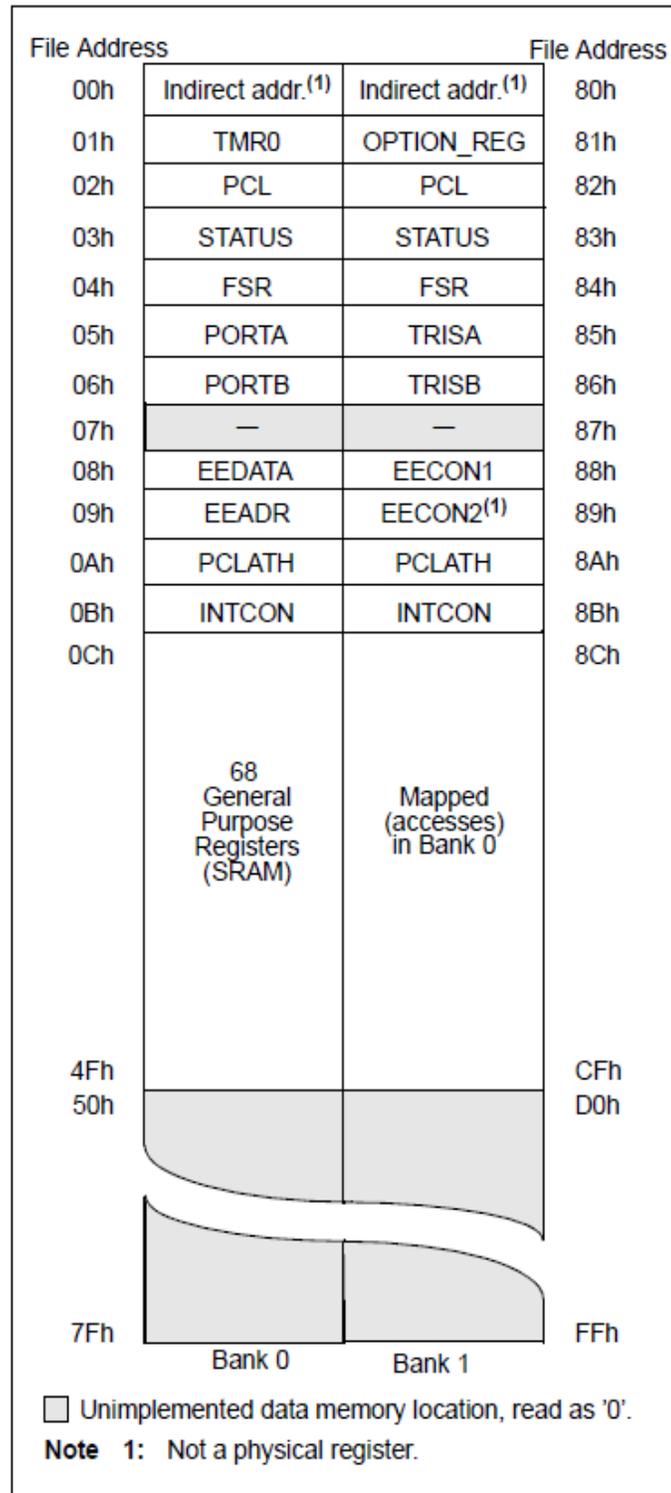


Ilustración 123. Mapa de memoria del PIC-16F84A.
Fuente: Microchip Technology Inc. (2001).

Anexo L



Ilustración 124. Plano de Barrio Zócalo. Fuente: STC Metro¹³¹ (2016).

¹³¹ STC Metro. (s.f.). Barrio Zócalo: STC Metro. Recuperado el 24 de junio de 2016, de STC Metro: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/barrios/pdf/zocalo.pdf>

Anexo M

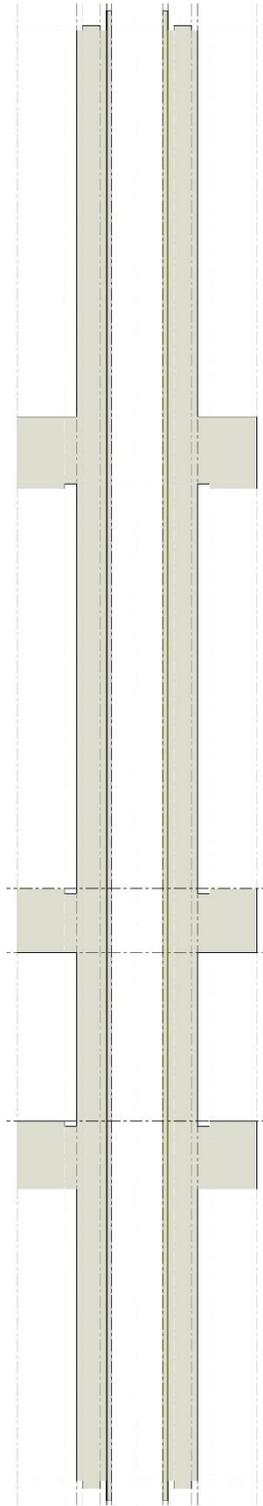


Ilustración 125. Layout de estación Zócalo del STC Metro.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Anexo N

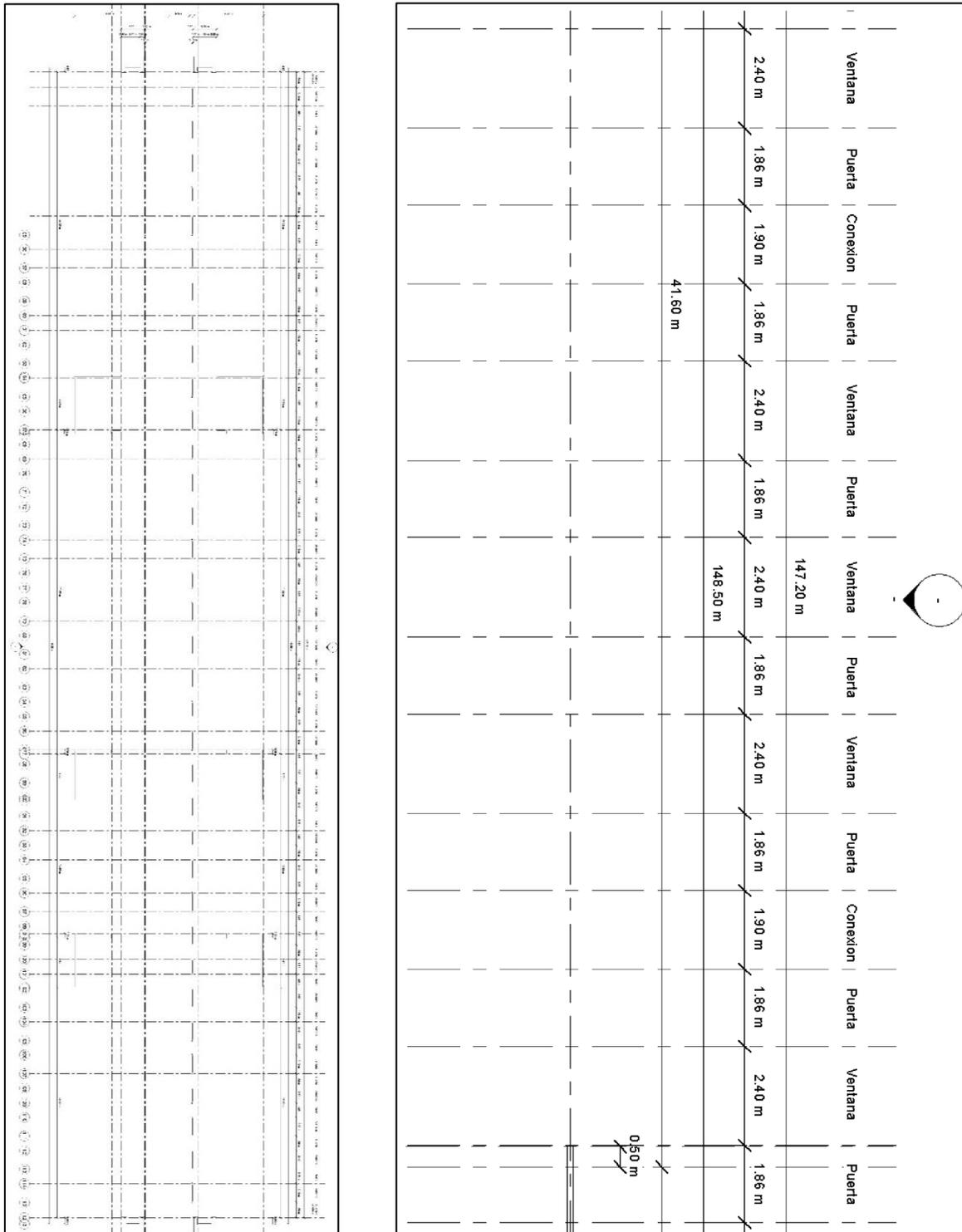


Ilustración 126. Layout de estación Zócalo con propuesta de seguridad.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Anexo O

Usuarios que ingresan con dirección a Cuatro Caminos

descriptive statistics	
data points	60
minimum	9
maximum	31
mean	18.5833
median	19
mode	24
standard deviation	4.89653
variance	23.976
coefficient of variation	26.349
skewness	0.140026
kurtosis	-0.535718

Negative Binomial	
k	= 68
p	= 0.785371
Chi Squared	
total classes	5
interval type	equal probable
net bins	7
chi**2	2.15
degrees of freedom	6
alpha	0.05
chi**2(6,0.05)	12.6
p-value	0.905
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	60
ks stat	0.0536
alpha	0.05
ks stat(60,0.05)	0.172
p-value	0.992
result	DO NOT REJECT

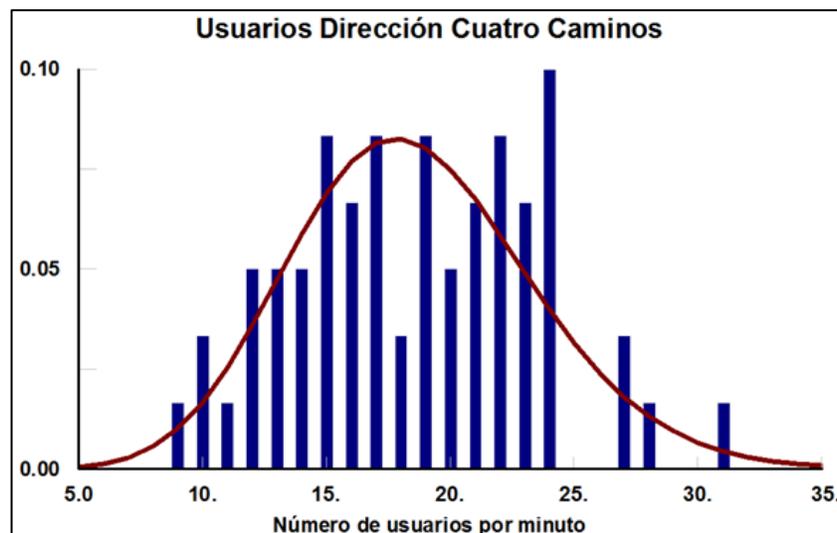


Ilustración 127. Usuarios Dirección Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Convoyes que ingresan con dirección a Cuatro Caminos

descriptive statistics	
data points	24
minimum	61
maximum	235
mean	143.333
median	142
mode	157
standard deviation	49.8185
variance	2481.88
coefficient of variation	34.7571
skewness	0.193873
kurtosis	-0.855384

Negative Binomial	
k	= 9
p	= 0.059081
Chi Squared	
total classes	4
interval type	equal probable
net bins	4
chi**2	0.298
degrees of freedom	3
alpha	0.05
chi**2(3,0.05)	7.81
p-value	0.96
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	24
ks stat	0.1
alpha	0.05
ks stat(24,0.05)	0.269
p-value	0.949
result	DO NOT REJECT

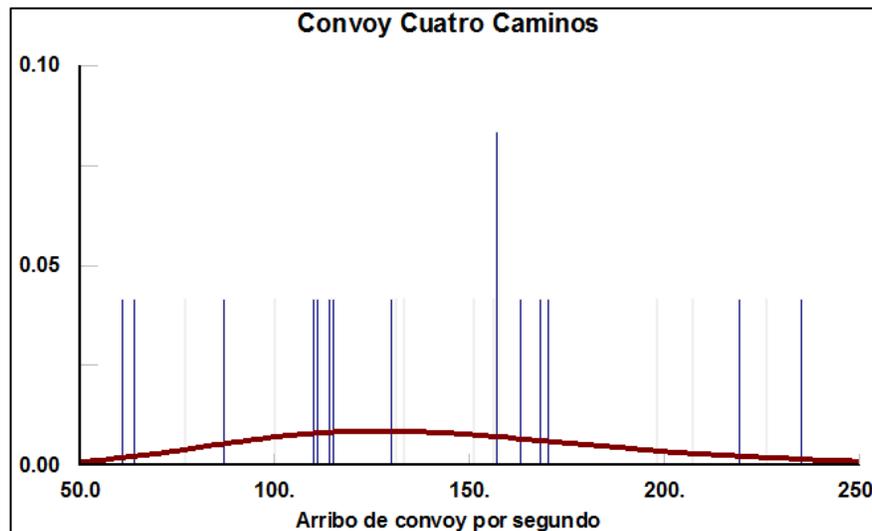


Ilustración 128. Convoy Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Tiempo en segundos de usuarios al entrar al convoy con dirección a Cuatro Caminos

descriptive statistics	
data points	24
minimum	9
maximum	31
mean	14.3333
median	13
mode	11
standard deviation	5.0361
variance	25.3623
coefficient of variation	35.1356
skewness	2.31711
kurtosis	4.87996

Poisson	
lambda =	14.3333
Chi Squared	
total classes	8
interval type	equal probable
net bins	3
chi**2	1.58
degrees of freedom	2
alpha	0.05
chi**2(2,0.05)	5.99
p-value	0.453
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	24
ks stat	0.197
alpha	0.05
ks stat(24,0.05)	0.269
p-value	0.27
result	DO NOT REJECT

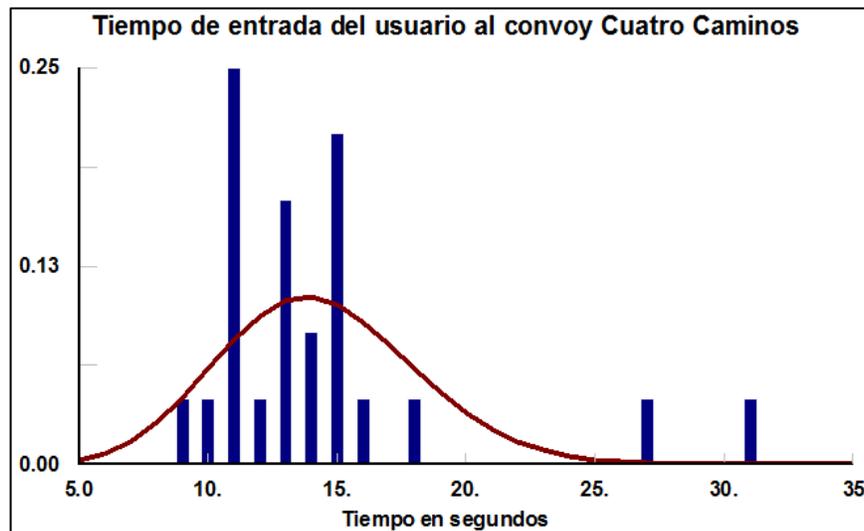


Ilustración 129. Tiempo de entrada del usuario al convoy Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Tiempo en segundos de usuarios al salir del convoy con dirección a Cuatro Caminos

descriptive statistics	
data points	24
minimum	3
maximum	7
mean	5
median	5
mode	5
standard deviation	1.02151
variance	1.04348
coefficient of variation	20.4302
skewness	-0.266985
kurtosis	-0.52638

Binomial	
n	= 7
p	= 0.714286
Chi Squared	
total classes	4
interval type	equal probable
net bins	3
chi**2	0.351
degrees of freedom	2
alpha	0.05
chi**2(2,0.05)	5.99
p-value	0.839
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	24
ks stat	0.0532
alpha	0.05
ks stat(24,0.05)	0.269
p-value	1
result	DO NOT REJECT

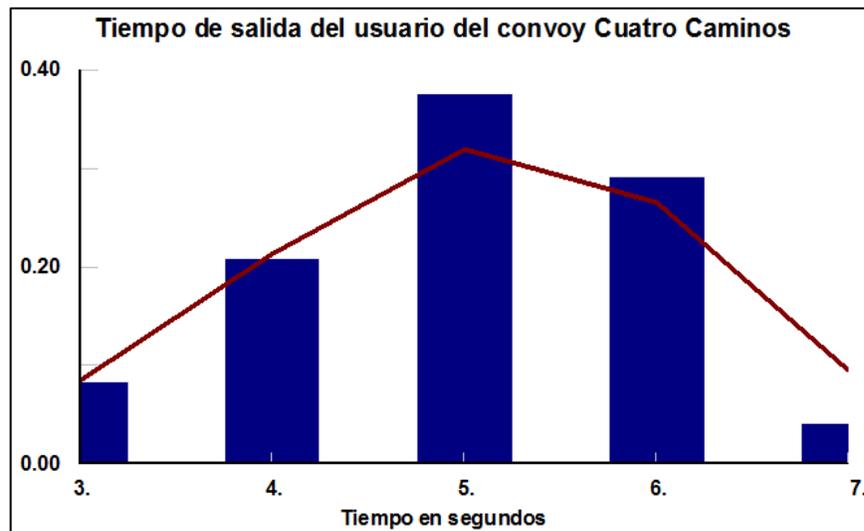


Ilustración 130. Tiempo de salida del usuario del convoy Cuatro Caminos.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Anexo P

Usuarios que ingresan con dirección a Tasqueña

descriptive statistics	
data points	60
minimum	6
maximum	32
mean	16.45
median	16
mode	16
standard deviation	6.06302
variance	36.7602
coefficient of variation	36.8572
skewness	0.366566
kurtosis	-0.581528

Negative Binomial	
k	= 14
p	= 0.45977
Chi Squared	
total classes	5
interval type	equal probable
net bins	10
chi**2	5.14
degrees of freedom	9
alpha	0.05
chi**2(9,0.05)	16.9
p-value	0.822
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	60
ks stat	0.0603
alpha	0.05
ks stat(60,0.05)	0.172
p-value	0.972
result	DO NOT REJECT

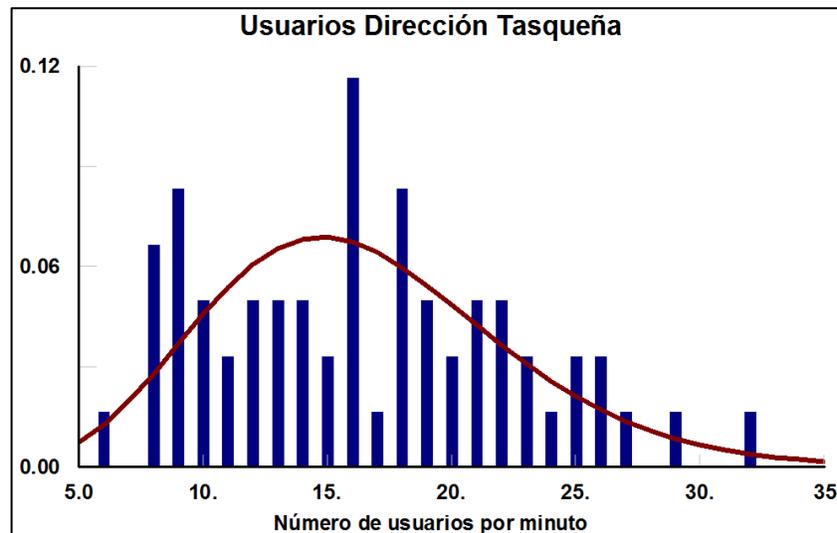


Ilustración 131. Usuarios Dirección Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Convoyes que ingresan con dirección a Tasqueña

descriptive statistics	
data points	27
minimum	65
maximum	196
mean	133.222
median	141
mode	123
standard deviation	41.4389
variance	1717.18
coefficient of variation	31.1051
skewness	-0.240898
kurtosis	-1.13302

Discrete Uniform	
minimum =	65
maximum =	196
Chi Squared	
total classes	4
interval type	equal probable
net bins	4
chi**2	0.451
degrees of freedom	3
alpha	0.05
chi**2(3,0.05)	7.81
p-value	0.93
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	27
ks stat	0.12
alpha	0.05
ks stat(27,0.05)	0.254
p-value	0.786
result	DO NOT REJECT

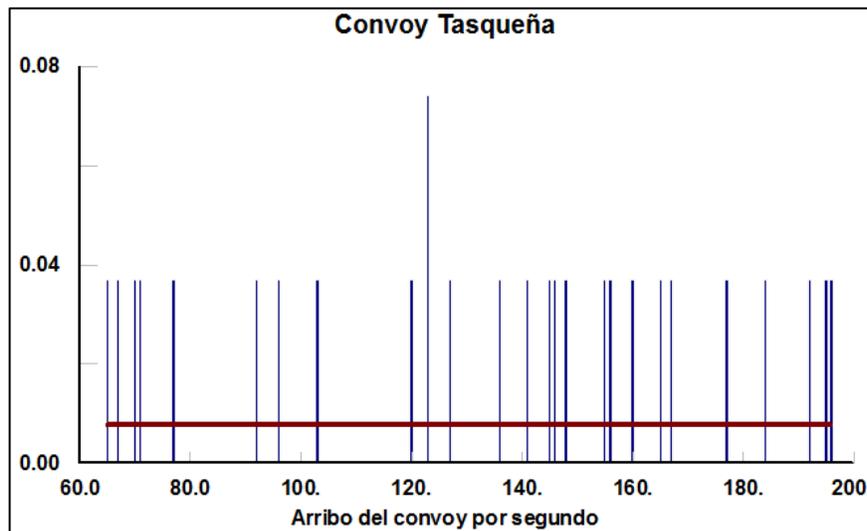


Ilustración 132. Convoy Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Tiempo en segundos de usuarios al entrar al convoy con dirección a Tasqueña

descriptive statistics	
data points	27
minimum	13
maximum	28
mean	20.3333
median	20
mode	16
standard deviation	4.12311
variance	17
coefficient of variation	20.2776
skewness	0.133932
kurtosis	-1.10276

Poisson	
lambda =	20.3333
Chi Squared	
total classes	4
interval type	equal probable
net bins	4
chi**2	0.825
degrees of freedom	3
alpha	0.05
chi**2(3,0.05)	7.81
p-value	0.843
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	27
ks stat	0.059
alpha	0.05
ks stat(27,0.05)	0.254
p-value	1
result	DO NOT REJECT

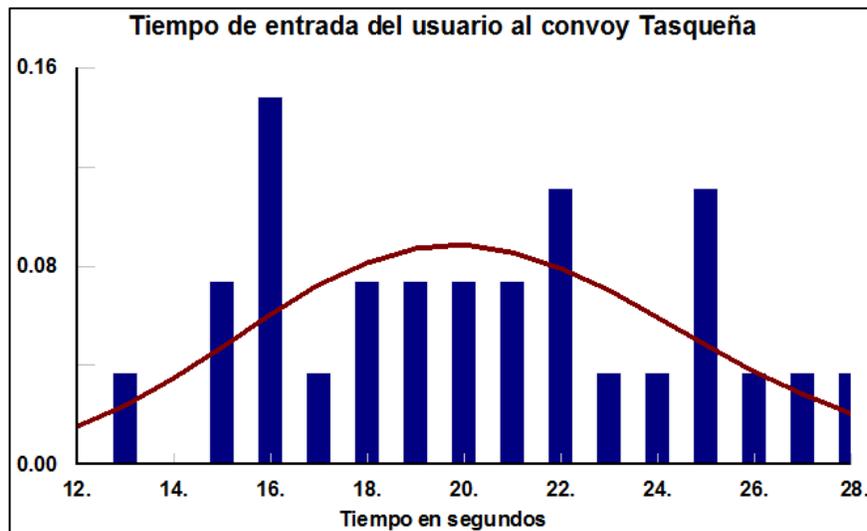


Ilustración 133. Tiempo de entrada del usuario al convoy Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Tiempo en segundos de usuarios al salir del convoy con dirección a Tasqueña

descriptive statistics	
data points	27
minimum	3
maximum	7
mean	5.14815
median	5
mode	5
standard deviation	1.13353
variance	1.2849
coefficient of variation	22.0183
skewness	-0.14076
kurtosis	-0.810178

Binomial	
n	= 7
p	= 0.73545
Chi Squared	
total classes	4
interval type	equal probable
net bins	3
chi**2	0.0816
degrees of freedom	2
alpha	0.05
chi**2(2,0.05)	5.99
p-value	0.96
result	DO NOT REJECT
Kolmogorov-Smirnov	
data points	27
ks stat	0.0219
alpha	0.05
ks stat(27,0.05)	0.254
p-value	1
result	DO NOT REJECT

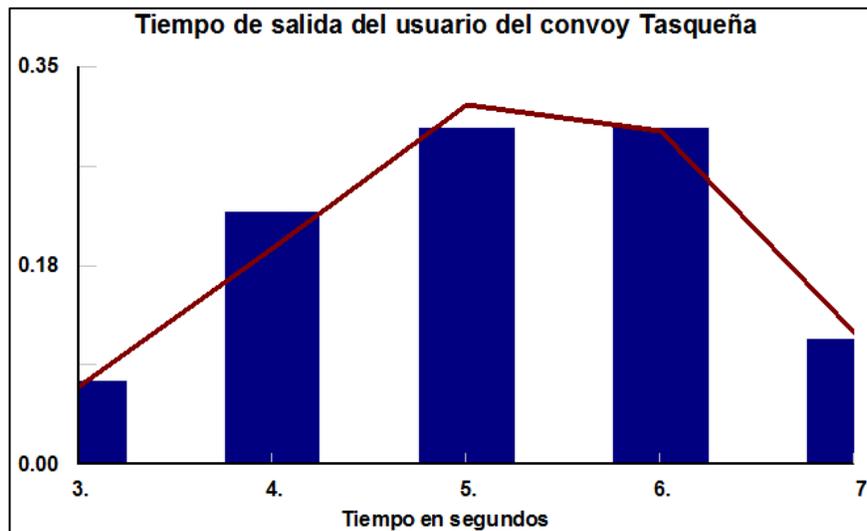


Ilustración 134. Tiempo de salida del usuario del convoy Tasqueña.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Anexo Q

Materia Prima					
Elemento técnico	Característica técnica	Característica económica Proveedores	Proveedores	Número Requerido	Total
Acido	Cloruro férrico para grabado de circuitos impresos, en envase de 930 ml. MC100	\$89.00	Steren	10	\$890.00
Alambre	Alambre telefónico de 2 vías, calibre 24 AWG, de color marfil TR2224-1000	\$7.00	Steren	10	\$70.00
Bocina	Buzzer de 3.8 KHz, con señal de tono constante de 72 dB BGD	\$23.00	Steren	72	\$1,656.00
Capacitor	Capacitor cerámico de disco, de 0.01 uF (micro Faradios) a 500 Volts C.001-500	\$1.00	Steren	72	\$72.00
Capacitor	Capacitor cerámico de disco, monolítico, de 0.1 uF (micro Faradios) a 50 Volts C.1-50 M0200	\$8.00	Steren	72	\$576.00
Circuito	Circuito integrado TTL de 4 compuertas OR de 2 entradas cada una SN74LS32N	\$28.00	Steren	72	\$2,016.00
Circuito	Circuito integrado lineal temporizador NE555V	\$13.00	Steren	72	\$936.00
Circuito	Opto-aislador con salida de Triac MOC3021	\$25.00	Steren	72	\$1,800.00
Circuito	74LS125 Quad 3-state Buffers	\$69.00	Circuitron	72	\$4,968.00
Circuito	74HC4072 DIP14	\$150.99	E-Bay	72	\$10,871.28
Electrodos	Electrodos 6013 Diametro De 3/32 Pulgadas	\$58.00	Truper	150	\$8,700.00
Eliminador	Eliminador regulado con salida de 3 a 12 Vcc, 1.2 Amp EU-1200	\$260.00	Steren	72	\$18,720.00
Foco	Foco Eyourlife 56 Leds 220v Luz Blanca 11w De Consumo	\$89.00	Eyourlife	72	\$6,408.00
Gabinete	Gabinete de plástico con tapa, de 7.6 x 5 x 2.7 cm GP-16	\$39.00	Steren	72	\$2,808.00
Hojas	Hojas de transferencia para circuitos impresos PNP-010	\$69.00	Steren	6	\$414.00
Lamina	Lamina de acero inoxidable calibre 16 1/16 grosor medidas 1.22 x 3.05	\$3,602.00	Dispositivos Industriales SA de CV	140	\$504,280.00
Perfil	Perfil con ángulo 6 metros 1/4 de espesor 3X3 de acero inoxidable	\$4,248.00	Dispositivos Industriales SA de CV	122	\$518,256.00
Placas	Placa fenólica una cara, de 30 x 30 cm PC-30030	\$140.00	Steren	3	\$420.00
Potenciómetro	1.5k Potenciómetro miniatura sin switch, de 100 KOhms 101-100K	\$9.00	Steren	72	\$648.00
Resistor	6.8KΩ Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR 1/2	\$1.00	Steren	72	\$72.00
Resistor	560Ω Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR 1/2	\$1.00	Steren	144	\$144.00
Resistor	7.5KΩ Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR 1/3	\$1.00	Steren	72	\$72.00
Resistor	56Ω Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR 1/4	\$1.00	Steren	72	\$72.00
Resistor	330Ω Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR 1/5	\$2.00	Steren	72	\$144.00
Resistor	220Ω Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR 1/6	\$3.00	Steren	72	\$216.00
Sensor	Sensor Infrarrojo Reflectivo E3F-R4N1 Clave SHF-015A	\$266.19	Electronica Estudio.com	576	\$153,325.44
Sensor	Sensor de Presencia Infrarrojo Industrial (Ajustable) Clave SHF-015	\$159.31	Electronica Estudio.com	72	\$11,470.32
Soldadura	Rollito de 450 gramos de soldadura con aleación estaño/plomo (60/40) S0160-450	\$480.00	Steren	3	\$1,440.00
Switch	Micro switch, de push, con 2 terminales A11-1012	\$4.00	Steren	72	\$288.00
Switch	Switch deslizable (Dip Switch) de 4 posiciones DIP-4B	\$9.00	Steren	72	\$648.00
Transistor	NTE ELECTRONICS 2N4129 Transistor Bipolar (BJT) Individual, NPN, 40V, 250MHz, 1.5W, 600 mA, 20 hFE	\$4.94	Newark	72	\$355.68
Triac	LITTELFUSE LA004L3 Triac, 400V, 3mA, 300mW, 1.3V, TO-220, 33A	\$23.50	Newark	72	\$1,692.00

Tabla 60. Estimación de Materia Prima primer concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Recursos Materiales y Humanos					
Elemento técnico	Característica técnica	Característica económica Proveedores	Proveedores	Número Requerido	Total
Desoldador	Desoldador de aire con mango acojinado CAU-179	\$120.00	Steren	3	\$360.00
Base Cautín	Base sencilla para cautín tipo lápiz CAU-280	\$77.00	Steren	3	\$231.00
Desarmadores	Juego de desarmadores de precisión 31 en 1 HER-162	\$295.00	Steren	3	\$885.00
Pulsera	Pulsera antiestática HER-100	\$140.00	Steren	3	\$420.00
Multímetro	Multímetro digital profesional con auto rango MUL-285	\$770.00	Steren	1	\$770.00
Decibelímetro	Decibelímetro con pantalla de 4 dígitos HER-402	\$2,490.00	Steren	1	\$2,490.00
Pinza	Pinza de corte angular HER-125	\$180.00	Steren	1	\$180.00
Pinza	Pinza de punta HER-130	\$180.00	Steren	1	\$180.00
Portafolio	Portafolio profesional con herramientas para uso básico en electrónica HER-190	\$3,290.00	Steren	3	\$9,870.00
Lámpara	Lámpara de alta luminosidad con lupa y brazo flexible, de color blanco HER-740BL	\$1,490.00	Steren	2	\$2,980.00
Brocas	Juego de 5 brocas para mini taladro modelo HER-200 HER-202	\$130.00	Steren	2	\$260.00
Caja	Caja plástica organizadora con 21 divisiones HER-220	\$89.00	Steren	3	\$267.00
Limpiador	Limpiador y desengrasante de componentes electrónicos LIM-D5G	\$295.00	Steren	10	\$2,950.00
Cablemanes	Juego de cables con cablemanes de 4.3 cm, 5 Amperes CAI-202	\$39.00	Steren	3	\$117.00
Cinta	Cinta de aislar de PVC color negro PT-13 NE	\$19.00	Steren	10	\$190.00
Estante	Estante metálico código 51579	\$1,462.00	Truper	2	\$2,924.00
Soldadora	Soldadora Infra Industrial Th 250 250	\$7,329.00	Infra	1	\$7,329.00
Arco	Arco profesional de solera de acero niquelado código 10230	\$175.00	Truper	4	\$700.00
Casco	CASCO DE SEGURIDAD COLOR BLANCO Código: 10370	\$63.00	Truper	12	\$756.00
Caja	CAJA PARA HERRAMIENTA PLÁSTICA DE 20 INDUSTRIAL Código: 10380	\$188.00	Truper	12	\$2,256.00
Lámpara	LINTERNA PLÁSTICA DE LEDS CON 2 PILAS "D" Código: 10629	\$155.00	Truper	12	\$1,860.00
Compresora	COMPRESOR 10 LITROS LUBRICADO Código: 19215	\$2,795.00	Truper	1	\$2,795.00
Martillo	MARTILLO PULIDO UÑA CURVA 16 OZ MANGO DE HICKORY Código: 16654	\$125.00	Truper	4	\$500.00
Pinzas	PINZA DE PRESIÓN HOJALATERA B Código: 17425	\$159.00	Truper	4	\$636.00
Pistola	PISTOLA PARA SOPLETEAR Código: 10648	\$97.00	Truper	1	\$97.00
Cepillo	CEPILLO DE ALAMBRE CERDAS DE ACERO INOX Código: 10266	\$43.00	Truper	4	\$172.00
Lentes	LENTE DE SEGURIDAD GRIS Código: 10828	\$62.00	Truper	12	\$744.00
Guantes	GUANTES PARA SOLDADOR Código: 15246	\$188.00	Truper	4	\$752.00
Desoldador	DESOLDADOR DE SUCCIÓN	\$63.00	Truper	4	\$252.00
Esmeriladora	ESMERILADORA ANGULAR 4 1/2" INDUSTRIAL 900 W	\$1,135.00	Truper	4	\$4,540.00
Ayudante Industrial	Ayudante Para Tecnicos (3 meses)	\$21,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	4	\$84,000.00
Tecnico Electrico	Especialidad en electrica y electronica (3 meses)	\$27,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	4	\$108,000.00
Tecnico Mecanico	Especialidad en Materiales y metales (3 meses)	\$33,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	4	\$132,000.00
Ingeniero Electrico	Especialidad en electronica y electricidad de Potencia (3 meses)	\$48,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$48,000.00
Ingeniero Mecanico	Especialidad en comonimeto de materiales y metales (3 meses)	\$48,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$48,000.00
Arquitecto	Especialidad en Diseño para espacios publicos (3 meses)	\$45,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$45,000.00
Ingeniero Civil	Especialidad en instalaciones subterranas y subsuelos (3 meses)	\$48,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$48,000.00
Recepcionista	Atención al cliente y organizada (3 meses)	\$30,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$30,000.00
Ingeniero Industrial	Especialidad en procesos, planeación y gestion de tecnologia (3 meses)	\$48,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$48,000.00
Computadora	LAPTOP ASUS X555DG-XD092T Modelo: X555DG-XD092T	\$12,999.00	ASUS	2	\$25,998.00
Impresora	Canon IP8730 Modelo: 87468004AA	\$4,999.00	Canon	1	\$4,999.00
Taladro	TALADRO 3/8 PRETUL 400 W Código: 24001	\$475.00	Truper	4	\$1,900.00
Plancha	Plancha de vapor variable Medidas (Largo x Alto x Ancho): 28 cm. x 34 cm. x 13 cm	\$199.90	Black And Decker	3	\$599.70

Tabla 61. Estimación de Recursos Materiales y Humanos primer concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Anexo R

Materia Prima					
Elemento técnico	Característica técnica	Característica económica Proveedores	Proveedores	Número Requerido	Total
Microcontrolador	Microcontrolador enhanced FLASH de 8bits frecuencia max 4MHz PIC16F84A-64P	\$140.00	Steren	72	\$10,080.00
Cristal	Cristal de cuarzo de 4 MHz C4.0	\$19.00	Steren	72	\$1,368.00
Base	Base para circuito integrado de 18 patas IC18P	\$5.00	Steren	72	\$360.00
Switch	Micro switch, de push, con 2 terminales AIJ-1012	\$4.00	Steren	72	\$288.00
Switch	Switch desizable (Dip Switch) de 4 posiciones DIP-4P	\$9.00	Steren	72	\$648.00
Capacitor	Capacitor cerámico de disco, de 0.001 uF (micro Faradios) a 500 Volts C.001-500	\$5.00	Steren	144	\$720.00
Resistor	320kΩ Resistencia de carbón, de 1/2 Watt, al 5% de tolerancia PR-1/2	\$1.00	Steren	144	\$144.00
Diodo	Diodo rectificador de 1 Amper, 1000 V, de propósito general 1N4007	\$2.00	Steren	72	\$144.00
Programador	Kit Programador de los PIC® (16F84, 16F628) Clave: 513 Parte: MI_prog	\$195.31	Electronica Estudio.com	2	\$390.62
PIC	Kit Microcontrolador Pic16F84a	\$70.00	ELECTRÓNICA IAIBITA "ra belectronics"	72	\$5,040.00

Tabla 62. Estimación de Materia Prima segundo concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).

Recursos Materiales y Humanos					
Elemento técnico	Característica técnica	Característica económica Proveedores	Proveedores	Número Requerido	Total
Ingeniero Computacional	Especialidad programación, Java y lenguaje Mplab (3 meses)	\$50,000.00	Publicación de Solicitud de empleo	1	\$50,000.00

Tabla 63. Estimación de Recursos Materiales y Humanos segundo concepto.
Fuente: Elaboración propia (2016).