

Capítulo 4. Caso de Estudio

4.1 Diagnóstico Integral de la situación actual

La Oficina de Ingeniería de Proyectos, se encarga de atender y buscar la mejor solución a las necesidades y oportunidades de mejora encontradas en las distintas áreas de un empresa Banco Central.

En esta ocasión se busca evaluar la situación actual de la distribución de la moneda metálica en el país a nivel primario, comparada con un escenario deseado (teórico), y determinar con base a la evaluación y diagnóstico la posible oportunidad de mejora de acuerdo a la distribución primaria de moneda metálica, basándose en registros históricos de dicha situación para realizar la evaluación.

Actualmente se cuenta con una distribución de moneda metálica a nivel primario que se lleva a cabo mediante bolsas de lona que son traspaleadas al transporte (4 camiones con capacidad de 30 [ton] cada uno), la cual muestra un aprovechamiento en los últimos 4 años (2006-2009) del 75.23% aproximadamente de los recursos disponibles para su operación, (*ver tabla 4.2*) esto es debido a que la cantidad demandada de moneda en las distintas sucursales no se distribuye con una utilización óptima de los recursos, además de los factores externos (clima, manifestaciones sociales, etc.) que no se encuentran bajo el control de quién toma las decisiones de envío de moneda a los distintos destinos.

La cantidad de viajes realizada en el 2009 se encuentra alrededor de 205 viajes, con un promedio anual aproximado de 250 viajes del 2006 al 2009 (*ver tabla 4.3*), lo cual significa un factor crítico para dicha evaluación, así como lograr no sólo reducir si es el caso, dicha cantidad de viajes, sino también lograr la reducción de costos originados por tal actividad, y además adecuar la distribución de moneda para un mejor control de inventarios en las bóvedas de las cajas regionales y central, así como otros aspectos (cantidad y costo por viajes, etc.)

Por otro lado se tiene pensado cambiar el esquema de transporte de moneda metálica, y dentro de dichos cambios se encuentran el llevar a cabo el llenado de los camiones mediante contenedores metálicos llenos de bolsas de lona con moneda metálica, con el fin de mejorar el almacenamiento, distribución y seguridad de las existencias de moneda metálica durante su operación dentro y fuera del Banco Central, y así también lograr reducir el tiempo, costo y trabajo en la operación del llenado de los camiones, considerando el cambio de la capacidad del transporte de 30 a 40 [ton] por camión, o 20 contenedores por camión.

Al respecto de la evaluación se ha decidido llevarla a cabo utilizando como herramientas de apoyo la Programación Lineal, Análisis de Inventarios y el Enfoque de

Sistemas, debido a que se busca lograr la integración entre las actividades llevadas a cabo en campo y por quienes son encargados de la toma de decisiones.

4.2 Problemática

Este Banco Central tiene la finalidad de proveer a sus principales sucursales de moneda nacional. La distribución se lleva a cabo mediante bolsas de lona que se traspalean a los camiones que tienen una capacidad de 30 [ton] cada uno (4 camiones). Se piensa cambiar el esquema de transporte por contenedores metálicos, con una capacidad de 175 bolsas para contenedores de \$2, y 200 bolsas para contenedores de las denominaciones restantes. Para lograr su distribución se ha decidido rentar 4 camiones cuya capacidad es de 40 [ton] o 20 contenedores por camión, a una empresa transportadora de valores. Los camiones deben distribuir la moneda a las sucursales de Guadalajara (g), Monterrey (mt), Hermosillo (h), Veracruz (v) y Oficina Central en la Ciudad de México (mx). Para cada caja regional se ha estimado un promedio anual de demanda de moneda en sus distintas denominaciones, considerando que cada viaje no puede rebasar la capacidad de carga de los camiones en sus distintos esquemas.

Las entregas a las sucursales de Mérida y Mexicali se realizan vía Veracruz y Hermosillo respectivamente mediante camiones de 10 [ton], por lo tanto no se considerarán para el estudio.

Los costos por viaje promedio a todas las cajas regionales, así como la demanda de moneda de cada caja regional se especifican en las distintas tablas de datos.

Sean X_g , X_h , X_m , X_{mt} , X_v , el número de viajes realizados a cada caja regional.

Determinar el plan de embarque para lograr un costo total mínimo, garantizando el abastecimiento de moneda en las distintas sucursales del Banco Central, y determinar si la compra de 4 camiones de 40 [ton] es necesaria o se excede para llevar a cabo el mejor plan de embarque.

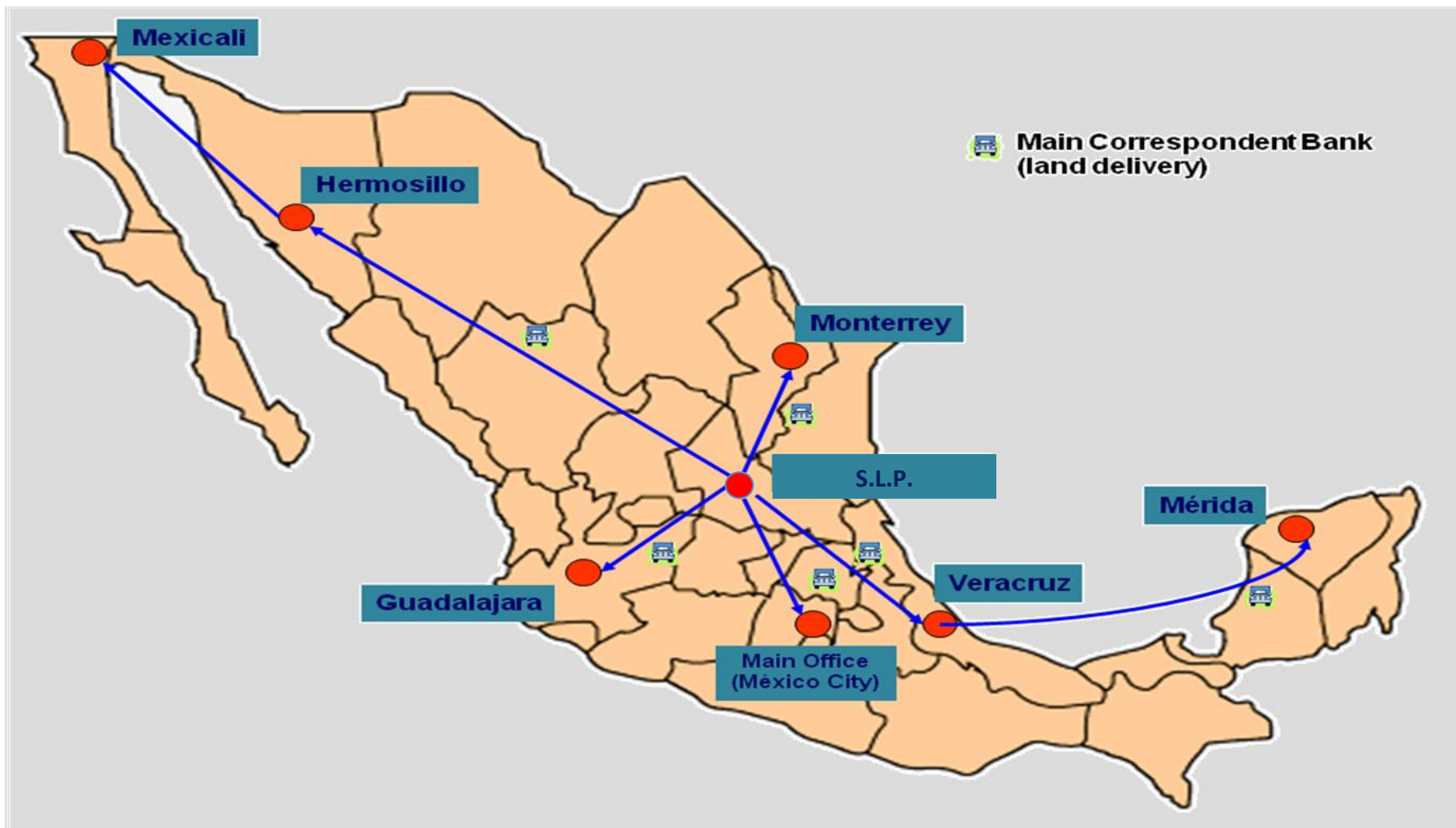


Figura 4.1 Mapa de la distribución de moneda desde S.L.P. (Centro de Distribución) a Sucursales y Oficina Central del Banco Central

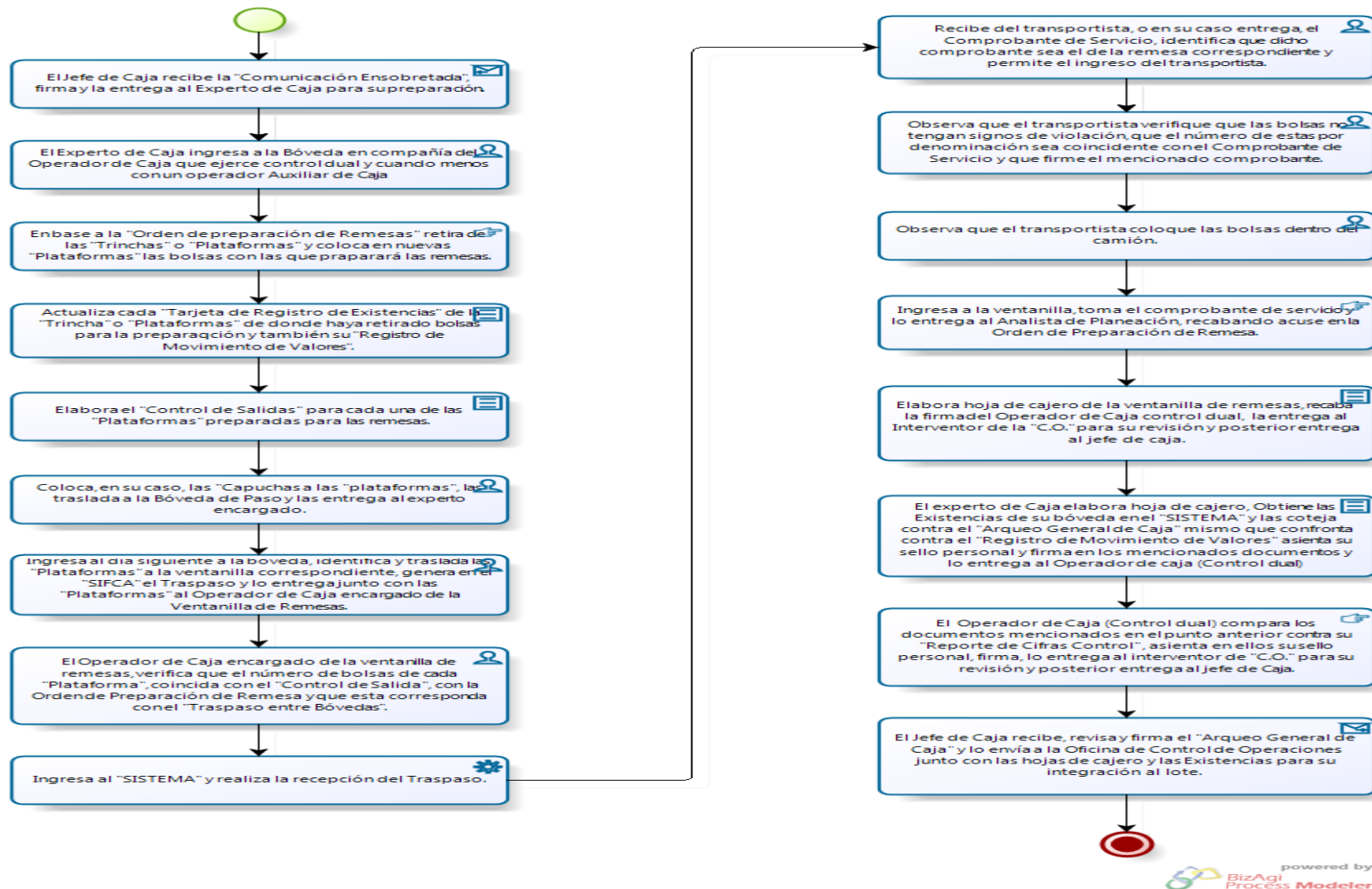


Figura 4.2 Diagrama Actual de la Operación de Distribución de Remesas de Moneda a las Sucursales y Oficina Central del Banco Central

4.3 Recopilación de datos que se utilizarán para el planteamiento del problema de programación lineal y análisis de inventarios.

Tabla 4.1 Esquemas de precios para los 2 esquemas de transporte, ofrecidos por la empresa transportadora de valores para la moneda metálica

Situación Actual: Camiones de 30 [ton]

Nuevo Esquema: Camiones de 40 [ton]

Concepto	Situación Actual		Nuevo Esquema	
	Unidad	Precios Actuales	Unidad	Precios Propuestos
<i>Recorrido con carga</i>	<i>Kilómetro</i>	<i>\$24.20</i>	<i>Kilómetro</i>	<i>\$21.39</i>
<i>Recorrido sin carga</i>	<i>Kilómetro</i>	<i>\$21.39</i>	<i>Kilómetro</i>	<i>\$18.73</i>
<i>Servicio de entrega o recolección</i>	<i>Servicio</i>	<i>\$318.20</i>	<i>Servicio</i>	<i>\$318.20</i>
<i>Maniobra de carga y descarga por unidad</i>	<i>Bolsa</i>	<i>\$2.48</i>	<i>Contenedor</i>	<i>\$280</i>
<i>Renta de Caja Tractocamión Mensual</i>	<i>No aplica</i>	<i>No aplica</i>	<i>1 Caja</i>	<i>\$8,300.00</i>

Tabla 4.2 Índice de eficiencia en viajes de 30 [ton] (Situación Actual) del 2006 al 2009

	[2006-2009]					
	<i>Bolsas de \$2</i>	<i>Bolsas denominación general</i>	<i>Total de bolsas demandadas</i>	<i>Viajes 30 [ton] Real</i>	<i>Viajes 30 [ton] Teórico</i>	<i>Índice de Eficiencia en Viajes 30 [ton]</i>
<i>Guadalajara</i>	55,757	360,127	415,884	171	124	72.51%
<i>Hermosillo</i>	15,663	143,248	158,911	59	48	81.36%
<i>México</i>	116,013	1,350,741	1,466,754	582	436	74.91%
<i>Monterrey</i>	25,860	317,076	342,936	132	102	77.27%
<i>Veracruz</i>	15,906	107,131	123,037	49	37	75.51%
				993	747	75.23%

Tabla 4.3 Resultados de los viajes realizados en un previo análisis con los datos históricos del 2006 al 2009 (Situación Actual vs Nuevo esquema)

	<i>Resultados Reales Situación actual</i>		<i>Resultados deseados Nuevo Esquema</i>	
	<i>Cantidad de viajes 2006-2009</i>	<i>Promedio anual de viajes 2006-2009</i>	<i>Cantidad de viajes 2006-2009</i>	<i>Promedio anual de viajes 2006-2009</i>
<i>Xg</i>	171	43	124	31
<i>Xh</i>	59	15	48	12
<i>Xm</i>	582	146	436	109
<i>Xmt</i>	132	33	102	26
<i>Xv</i>	49	13	37	10
		250		188

Tabla 4.4 Resultado del total de bolsas demandadas en las distintas sucursales del Banco Central durante la situación actual del 2006 al 2009

	[2006-2009]			[Promedio-Anual]
	<i>Bolsas de \$2</i>	<i>Bolsas denominación general</i>	<i>Total de bolsas demandadas</i>	<i>Total de bolsas demandadas</i>
<i>Guadalajara</i>	55,757	360,127	415,884	103,971
<i>Hermosillo</i>	15,663	143,248	158,911	39,728
<i>México</i>	116,013	1,350,741	1,466,754	366,689
<i>Monterrey</i>	25,860	317,076	342,936	85,734
<i>Veracruz</i>	15,906	107,131	123,037	30,760

Tabla 4.5 Deducción del total de contenedores demandados de moneda metálica, con base a las bolsas demandadas del 2006-2009 (Tabla 4.4), considerando 175 bolsas por contenedor para la denominación de \$2 y 200 bolsas por contenedor para el resto de las denominaciones

<i>[2006-2009]</i>				<i>[Promedio-Anual]</i>
	<i>Total de Contenedores demandados [\$2]</i>	<i>Total de Contenedores demandados D.G.</i>	<i>Total de Contenedores Demandados</i>	<i>Total de Contenedores Demandados</i>
<i>Guadalajara</i>	319	1801	2120	530
<i>Hermosillo</i>	90	717	807	202
<i>México</i>	663	6754	7417	1855
<i>Monterrey</i>	148	1586	1734	434
<i>Veracruz</i>	91	536	627	157

Tabla 4.6 Datos estadísticos de la distribución de moneda metálica obtenida por denominación y sucursal (bolsas)

GUADALAJARA							
Denominación	\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10
media	416.29	283.98	277.86	864.03	387.20	295.26	363.46
desv_est	559.20	379.74	435.66	856.61	530.85	458.53	735.52
50%	170.00	134.00	0.00	825.00	140.00	0.00	0.00
90%	1188.00	882.00	890.10	2000.00	1035.00	850.00	1334.00
95%	1500.00	1067.00	1197.00	2485.00	1563.75	1075.65	1980.05
HERMOSILLO							
Denominación	\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10
media	407.61	269.95	309.16	830.36	279.70	363.77	377.16
desv_est	383.48	287.58	374.73	720.70	383.88	411.07	593.31
50%	350.00	233.50	300.00	725.00	87.50	250.00	0.00
90%	900.00	610.00	767.00	2000.00	750.00	834.00	1267.00
95%	1095.00	945.50	900.25	2100.00	1000.00	937.75	1666.75
MEXICO							
Denominación	\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10
media	497.92	315.70	449.17	856.03	298.23	676.78	676.74
desv_est	827.70	592.14	709.84	1220.36	602.63	1111.36	1264.04
50%	0.00	0.00	0.00	150.00	0.00	0.00	0.00
90%	1806.00	1134.00	1480.40	2660.00	1105.00	2507.20	2667.00
95%	2622.80	1573.60	2000.00	3490.00	1780.00	3160.20	3734.00
MONTERREY							
Denominación	\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10
media	629.72	379.07	334.08	721.97	217.31	332.39	267.28
desv_est	620.31	456.70	473.84	825.88	406.47	517.31	597.82
50%	550.00	200.00	100.00	500.00	0.00	0.00	0.00
90%	1416.00	1061.40	1000.00	2000.00	750.00	850.00	1096.40
95%	1700.00	1135.60	1300.30	2160.00	1000.00	1223.70	1334.00
VERACRUZ							
Denominación	\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10
media	330.91	267.78	197.35	729.89	345.78	343.41	459.59
desv_est	381.23	280.53	295.42	609.66	382.95	445.57	625.86
50%	260.00	240.00	0.00	600.00	200.00	200.50	47.50
90%	825.00	740.50	667.00	1500.00	925.00	834.00	1334.00
95%	1105.00	790.00	818.50	1937.50	1065.25	984.00	1533.50

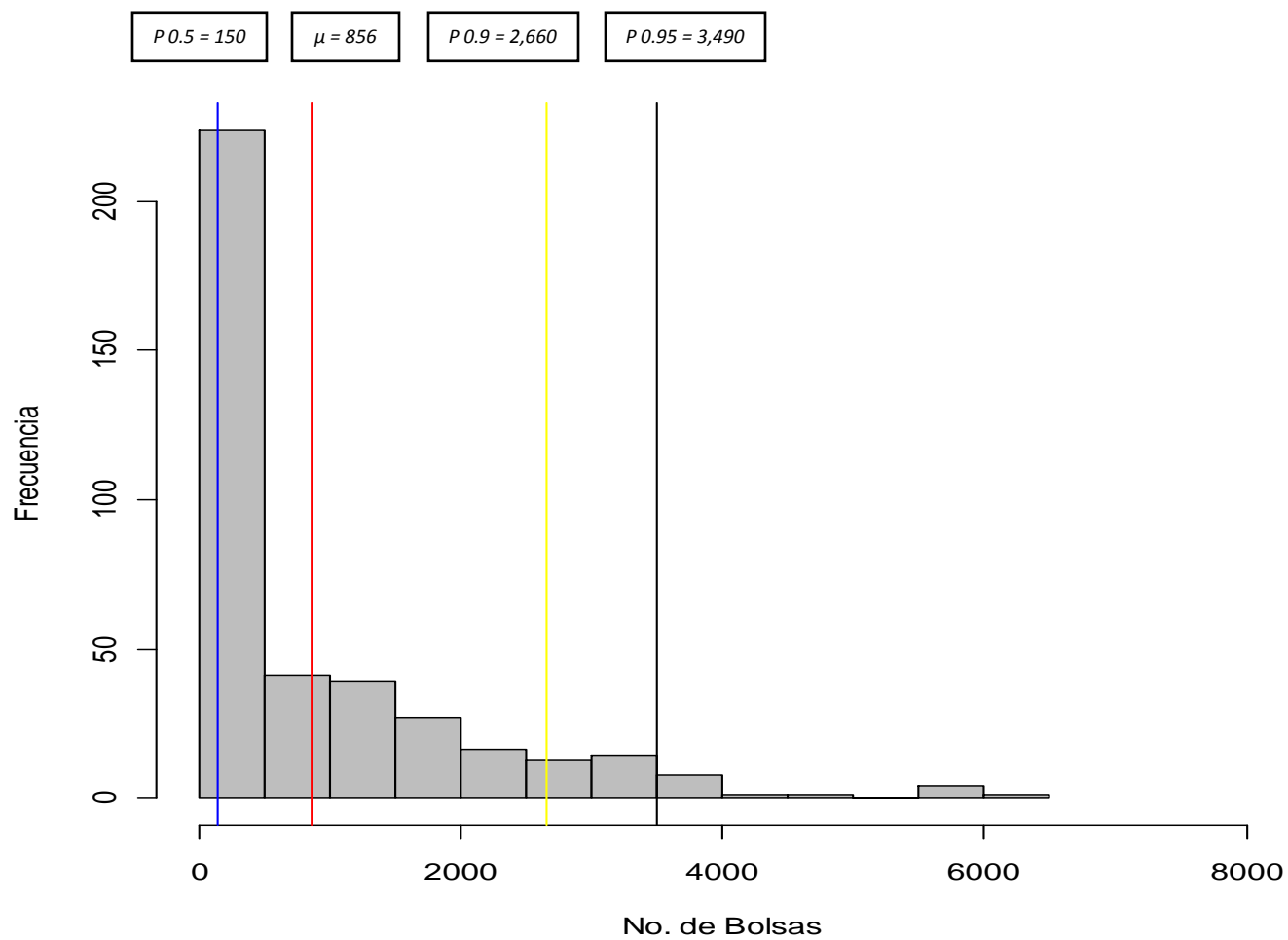


Figura 4.3 Ejemplo de un histograma de la distribución de moneda metálica a Oficina Central para la denominación de \$1

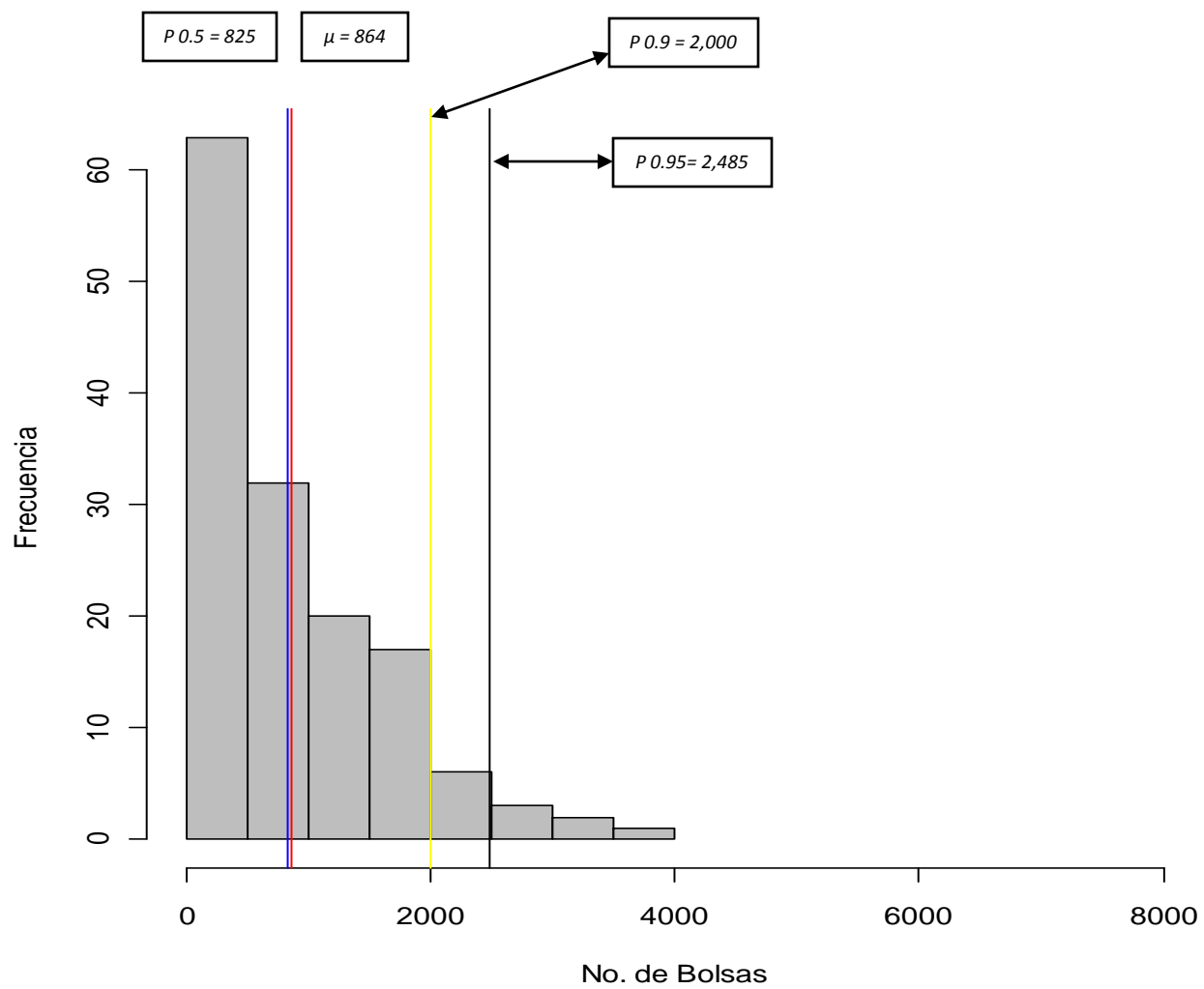


Figura 4.4 Ejemplo de un histograma de la distribución de moneda metálica a la sucursal Guadalajara para la denominación de \$1

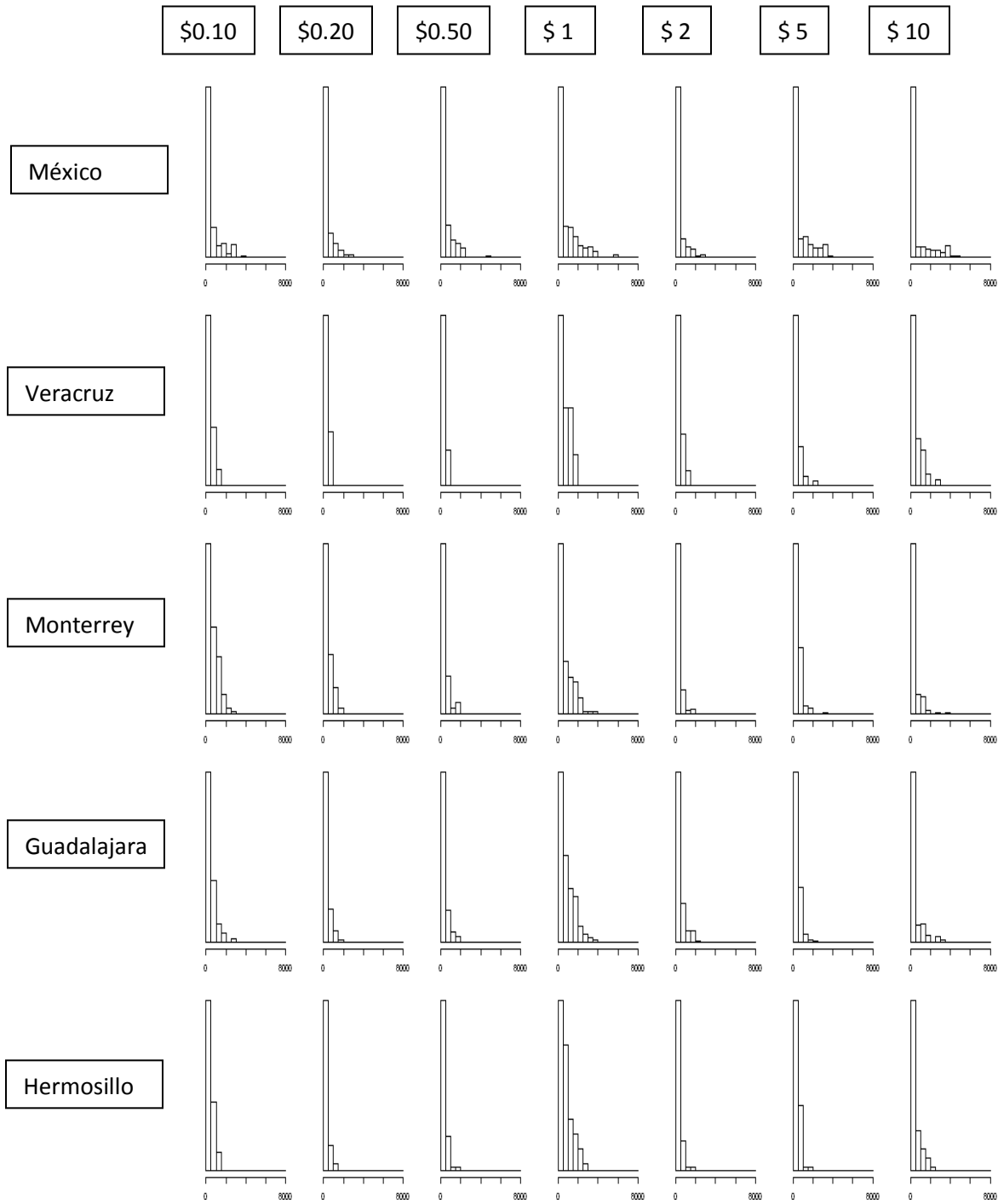


Figura 4.5 Histogramas de la distribución de moneda metálica para cada sucursal y denominación

4.4 Planteamiento del problema de programación lineal

Tabla 4.7 Esquema para el planteamiento del modelo matemático de programación lineal para la situación actual de distribución de moneda metálica (bolsas)

Cantidad de viajes	Sucursales	Consideraciones de envío anual [Bolsas]							Consideraciones de viajes	Costo [\$]
		\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10		
X_g	g	417	284	278	865	388	296	364	43	16,732
X_h	h	408	270	310	831	280	364	378	15	79,555
X_m	m	498	316	450	857	299	677	677	146	18,555
X_{mt}	mt	630	380	335	722	218	333	268	33	22,886
X_v	v	331	268	198	730	346	344	460	13	36,472
Disponibilidad		91,655	59,061	70,222	155,851	74,800	95,377	97,415		

Tabla 4.8 Esquema para el planteamiento del modelo matemático de programación lineal para la situación actual de distribución de moneda metálica (contenedores)

Aquí se convirtieron los datos de la tabla 4.7 de bolsas a contenedores.

Cantidad de viajes	Sucursales	Consideraciones de envío anual [Contenedores]							Consideraciones de viajes	Costo [\$]
		\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10		
X_g	g	2.09	1.62	1.39	4.33	1.94	1.48	1.82	31	14,724
X_h	h	2.04	1.54	1.55	4.16	1.40	1.82	1.89	12	70,009
X_m	m	2.49	1.81	2.25	4.29	1.50	3.39	3.39	109	16,329
X_{mt}	mt	3.15	2.17	1.68	3.61	1.09	1.67	1.34	26	20,140
X_v	v	1.66	1.53	0.99	3.65	1.73	1.72	2.30	10	32,096
Disponibilidad		459	338	352	780	374	477	488		



Tabla 4.9 Estandarización de viajes con 20 contenedores cada uno

Después de haber hecho la conversión de bolsas a contenedores, utilizaremos esos nuevos datos para estandarizar los viajes de manera que se realicen con el máximo de capacidad que es de 20 contenedores.

Como se puede observar en la primera sección de la tabla, el total de contenedores enviados en promedio por viaje no resulta cubrir el total de capacidad para nuestro nuevo esquema [20 contenedores], por lo tanto se procede en la segunda sección de la tabla a estimar el porcentaje de la composición de cada denominación en cada viaje, y por último en la tercera sección de nuestra tabla, ese porcentaje es multiplicado por 20, y de tal manera se forma la tabla 4.10 que representa la estandarización de los viajes de contenido total de 20 contenedores.

Cantidad de contenedores promedio por denominación y sucursal								
	Total	\$0.10	\$0.20	\$0.50	\$1	\$2	\$5	\$10
Xg	14.66	2.09	1.62	1.39	4.33	1.94	1.48	1.82
Xh	14.40	2.04	1.54	1.55	4.16	1.40	1.82	1.89
Xm	19.10	2.49	1.81	2.25	4.29	1.50	3.39	3.39
Xmt	14.70	3.15	2.17	1.68	3.61	1.09	1.67	1.34
Xv	13.58	1.66	1.53	0.99	3.65	1.73	1.72	2.30
Proporción de contenedores por denominación y sucursal								
	Total	\$0.10	\$0.20	\$0.50	\$1	\$2	\$5	\$10
Xg	100%	14.2%	11.1%	9.5%	29.5%	13.2%	10.1%	12.4%
Xh	100%	14.2%	10.7%	10.8%	28.9%	9.7%	12.6%	13.1%
Xm	100%	13.0%	9.5%	11.8%	22.4%	7.8%	17.7%	17.7%
Xmt	100%	21.4%	14.8%	11.4%	24.6%	7.4%	11.3%	9.1%
Xv	100%	12.2%	11.3%	7.3%	26.9%	12.7%	12.7%	16.9%
Cantidad estandar de contenedores por denominación y sucursal (20 cont/camión)								
	Total	\$0.10	\$0.20	\$0.50	\$1	\$2	\$5	\$10
Xg	20	2.84	2.21	1.90	5.90	2.65	2.02	2.48
Xh	20	2.83	2.14	2.15	5.77	1.94	2.53	2.63
Xm	20	2.61	1.89	2.36	4.49	1.57	3.55	3.55
Xmt	20	4.29	2.95	2.28	4.91	1.48	2.27	1.82
Xv	20	2.44	2.26	1.46	5.38	2.55	2.53	3.39



Tabla 4.10 Esquema estandarizado para lograr viajes compuestos de 20 contenedores cada uno

Cantidad de viajes	Sucursales	Consideraciones de envío anual [Contenedores]							Consideraciones de viajes	Costo [\$]
		\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10		
X_g	g	2.84	2.21	1.90	5.90	2.65	2.02	2.48	31	14,724
X_h	h	2.83	2.14	2.15	5.77	1.94	2.53	2.63	12	70,009
X_m	m	2.61	1.89	2.36	4.49	1.57	3.54	3.54	109	16,329
X_{mt}	mt	4.29	2.95	2.28	4.91	1.48	2.27	1.82	26	20,140
X_v	v	2.44	2.26	1.46	5.38	2.55	2.53	3.39	10	32,096
Disponibilidad		459	338	352	780	374	477	488		

Definición de variables:

X_g	Guadalajara
X_h	Hermosillo
X_m	México
X_{mt}	Monterrey
X_v	Veracruz

Donde: X_g , X_h , X_m , X_{mt} y X_v representan el número de viajes realizados a sucursal.

Tabla 4.11 Planteamiento del modelo matemático de programación lineal para la situación deseada de distribución de moneda metálica

Cantidad de viajes	Sucursales	Consideraciones de envío anual [Contenedores]							Consideraciones de viajes	Costo [\$]
		\$0.1	\$0.2	\$0.5	\$1	\$2	\$5	\$10		
Xg	g	2.84	2.21	1.90	5.90	2.65	2.02	2.48	31	14,724
Xh	h	2.83	2.14	2.15	5.77	1.94	2.53	2.63	12	70,009
Xm	m	2.61	1.89	2.36	4.49	1.57	3.54	3.54	109	16,329
Xmt	mt	4.29	2.95	2.28	4.91	1.48	2.27	1.82	26	20,140
Xv	v	2.44	2.26	1.46	5.38	2.55	2.53	3.39	10	32,096
Disponibilidad		459	338	352	780	374	477	488		

Función Objetivo

$$\text{Min } Z = 14,724 Xg + 70,009 Xh + 16,329 Xm + 20,140 Xmt + 32,096 Xv$$

Y

$$\text{Max } Z = 14,724 Xg + 70,009 Xh + 16,329 Xm + 20,140 Xmt + 32,096 Xv$$

Restricciones de Disponibilidad

$$2.84Xg + 2.83Xh + 2.61Xm + 4.29Xmt + 2.44Xv \geq 459$$

$$2.21Xg + 2.14Xh + 1.89Xm + 2.95Xmt + 2.26Xv \geq 338$$

$$1.90Xg + 2.15Xh + 2.36Xm + 2.28Xmt + 1.46Xv \geq 352$$

$$5.90Xg + 5.77Xh + 4.49Xm + 4.91Xmt + 5.38Xv \geq 780$$

$$2.65Xg + 1.94Xh + 1.57Xm + 1.48Xmt + 2.55Xv \geq 374$$

$$2.02Xg + 2.53Xh + 3.54Xm + 2.27Xmt + 2.53Xv \geq 477$$

$$2.48Xg + 2.63Xh + 3.54Xm + 1.82Xmt + 3.39Xv \geq 488$$

Restricciones de Demanda

$$Xg \geq 31$$

$$Xh \geq 12$$

$$Xm \geq 109$$

$$Xmt \geq 26$$

$$Xv \geq 10$$

Restricciones de No Negatividad

$$Xg, Xh, Xm, Xmt, Xv \geq 0$$

4.5 Resultados del problema de programación lineal

Minimizando = \$ 4, 106,924

LINDO - [Reports Window]

File Edit Solve Reports Window Help

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 4106924.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
XG	43.626415	0.000000
XH	12.000000	0.000000
XM	109.000000	0.000000
XMT	26.000000	0.000000
XV	10.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	119.289017	0.000000
3)	89.404381	0.000000
4)	87.810188	0.000000
5)	217.505844	0.000000
6)	0.000000	-5556.226562
7)	111.665359	0.000000
8)	118.833511	0.000000
9)	12.626415	0.000000
10)	0.000000	-59229.921875
11)	0.000000	-7605.724609
12)	0.000000	-11916.785156
13)	0.000000	-17927.623047
14)	25.494339	0.000000
15)	43.626415	0.000000
16)	12.000000	0.000000
17)	109.000000	0.000000
18)	26.000000	0.000000
19)	10.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 6

Maximizando = \$ 4, 225,870

LINDO - [Reports Window]

File Edit Solve Reports Window Help

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 2

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 4225870.

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
XG	34.361111	0.000000
XH	12.000000	0.000000
XM	124.638885	0.000000
XMT	26.000000	0.000000
XV	10.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	133.793060	0.000000
3)	98.485558	0.000000
4)	107.113892	0.000000
5)	233.059174	0.000000
6)	0.000000	-1486.111084
7)	148.311111	0.000000
8)	151.217224	0.000000
9)	3.361111	0.000000
10)	0.000000	-6422.270996
11)	15.638889	0.000000
12)	0.000000	-988.298584
13)	0.000000	-1438.805542
14)	0.000000	4665.548828
15)	34.361111	0.000000
16)	12.000000	0.000000
17)	124.638885	0.000000
18)	26.000000	0.000000
19)	10.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 2

Tabla 4.12 Resultados de programación lineal mediante el uso de LINDO

	DEMANDA	RESULTADOS	
		MIN	MAX
Xg	31	44	35
Xh	12	12	12
Xm	109	109	125
Xmt	26	26	26
Xv	10	10	10

Tabla 4.13 Análisis financiero de la situación actual real y teórica, comparada con el resultado teórico para el nuevo esquema de transporte

AÑO	DESTINO	# BOLSAS	# BOLSAS (\$2)	# CONTENEDORES	# CONTENEDORES \$2	TOTAL CONTENEDORES	# VIAJES 40[ton]	# VIAJES 30[ton] Teórico	# VIAJES 30[ton] Real	DISTANCIA EN [km]	COSTO VIAJE REDONDO 40 [ton]	COSTO VIAJE REDONDO 30 [ton] Teórico	COSTO VIAJE REDONDO 30 [ton] Real	
2006-2009	GUADALAJARA	360,127	55,757	1801	319	2120	106	124	171	367	\$1,560,748.24	\$2,074,709.72	\$2,861,091.63	
	HERMOSILLO	143,248	15,663	717	90	807	41	48	59	1745	\$2,870,385.40	\$3,818,618.40	\$4,693,718.45	
	MÉXICO	1,350,741	116,013	6754	663	7417	371	436	582	407	\$6,057,999.64	\$8,090,036.68	\$10,799,085.66	
	MONTERREY	317,076	25,860	1586	148	1734	87	102	132	502	\$1,752,200.88	\$2,334,390.36	\$3,020,975.76	
	VERACRUZ	107,131	15,906	536	91	627	32	37	49	800	\$1,027,072.00	\$1,349,464.00	\$1,787,128.00	
	TOTAL	2,278,323	229,199			12,705	637	747	993		COSTO RECORRIDO	\$13,268,406.16	\$17,667,219.16	\$23,161,999.50
											SERV. DE ENT. O REC.	\$202,693.40	\$237,695.40	\$315,972.60
											MANIOBRA C Y D	\$3,557,400.00	\$6,218,654.56	\$6,218,654.56
											COSTO RENTA ANUAL	\$398,400	No aplica	No aplica
											COSTO TOTAL 2006-2009	\$17,426,899.56	\$24,123,569.12	\$29,696,626.66
										C. T. PROMEDIO ANUAL	\$4,356,724.89	\$6,030,892.28	\$7,424,156.67	

Los resultados obtenidos mediante la programación lineal, minimizando y maximizando el mismo planteamiento son de **\$4,106,924** y **\$4,225,870** respectivamente, por lo que comparando dichos resultados con el presente análisis financiero, en específico el caso del nuevo esquema de **40 [ton]**, parece ser que existe aún en el peor de los casos cierta seguridad de que al menos los gastos por el transporte de moneda metálica no se excederán de los gastos realizados al respecto durante el esquema actual teórico con un margen de seguridad de **27.76%** y del esquema actual real con un margen de seguridad de **41.32%**.

Por lo tanto se puede establecer con base a estos resultados que el cambio del esquema de transporte actual de moneda metálica al nuevo esquema es económicamente viable.

4.6 Planteamiento del problema de análisis de inventarios

4.6.1 Modelo de la cantidad fija de la orden, con existencias de reserva

Si suponemos que queremos que nuestra probabilidad de no sufrir desabasto durante el tiempo de espera sea de 0.90, 0.95 y 0.98. Los valores de z ligados a una probabilidad del 90, 95 y 98 por ciento de no sufrir desabasto serán respectivamente 1.28, 1.64 y 2.056 (Véase el apéndice A).

Ahora se aplicará el método descrito para cada sucursal de la empresa bancaria de acuerdo a lo siguiente:

La demanda diaria de la bolsa de moneda, normalmente está distribuida con una media (μ) y una desviación estándar (σ) de acuerdo a la sucursal de la empresa bancaria que se trate. La fuente de suministro es confiable y tiene un tiempo de entrega (L) constante de acuerdo a la ubicación de la sucursal. El costo por colocar el pedido es de \$10 para cualquier sucursal, y los costos anuales por mantener el inventario son de \$0.50 por bolsa de cualquier denominación. No hay costos por desabasto y las órdenes atrasadas son atendidas tan pronto como llega la orden. Suponiendo que la demanda tiene lugar 250 días del año. El objetivo será encontrar la cantidad de la orden y el punto de reorden necesarios para satisfacer cada sucursal con una probabilidad del 90,95 y 98 por ciento de no sufrir desabasto durante el tiempo de entrega.

Definición de variables:

$Q_{\text{ópt}}$ = Cantidad óptima de orden

D = Demanda anual en bolsas

R = Punto de reorden en unidades

μ = Demanda diaria promedio (considerando 250 días laborales)

L = Tiempo de entrega en días (tiempo que corre entre colocar la orden y recibir los artículos)

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad específica de servicio

σ_l = Desviación estándar de uso durante tiempo de entrega

S = Costo por colocar un pedido

H = Costo anual de mantener el inventario por unidad

Tabla 4.14 Datos generales de cada sucursal para el análisis de inventarios

2006-2009	D (bolsas)	μ	σ	L
Guadalajara	103,971	416	100	2
Hermosillo	39,728	159	14	4
México	366,689	1,467	614	1
Monterrey	85,734	343	67	2
Veracruz	30,760	124	40	3

El costo por colocar un pedido y el costo anual de mantener el inventario por unidad serán constantes para todas las sucursales y todos los casos.

$$S = \$10$$

$$H = \$0.50$$

Comenzaremos por evaluar el caso 1.

4.6.2 Caso 1. 90% de probabilidad de que no exista desabasto en cada sucursal, $z=1.28$

Sucursal Guadalajara:

La cantidad óptima de orden será:

$$Q_{\text{ópt}} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(103,971)(10)}{0.50}} = \sqrt{4,158,840} = 2,040 \text{ bolsas}$$

Para calcular el punto de reorden tendremos que calcular la cantidad de producto que usaremos durante el tiempo de espera y sumarla a las existencias de reserva.

Calculamos la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega de 2 días con la varianza de los días individuales. Como la demanda de cada día es independiente.

$$\sigma_l = \sqrt{\sum_{i=1}^l \sigma^2} = \sqrt{2(100)^2} = 200$$

El valor de z para este caso es 1.28

$$R = \mu L + z\sigma l = 416(2) + 1.28(200) = 1,088 \text{ bolsas}$$

4.6.3 Caso 2. 95% de probabilidad de que no exista desabasto en cada sucursal, z= 1.64

Sucursal Guadalajara

$$Q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(103,971)(10)}{0.50}} = \sqrt{4,158,840} = 2,040 \text{ bolsas}$$

$$\sigma l = \sqrt{\sum_{i=1}^l \sigma^2} = \sqrt{2(100)^2} = 200$$

$$R = \mu L + z\sigma l = 416(2) + 1.64(200) = 1,160 \text{ bolsas}$$

4.6.4 Caso 3. 98% de probabilidad de que no exista desabasto en cada sucursal, z= 2.056

Sucursal Guadalajara

$$Q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2(103,971)(10)}{0.50}} = \sqrt{4,158,840} = 2,040 \text{ bolsas}$$

$$\sigma l = \sqrt{\sum_{i=1}^l \sigma^2} = \sqrt{2(100)^2} = 200$$

$$R = \mu L + z\sigma l = 416(2) + 2.056(200) = 1,244 \text{ bolsas}$$

Nota: El desarrollo de los 3 casos y todas las sucursales se puede observar en el apéndice B.

4.7 Resultados del análisis de inventarios

Tabla 4.15 Resultados del análisis de inventarios por sucursal (bolsas)

<i>Resultados en bolsas</i>				
<i>Probabilidad</i>		<i>0.9</i>	<i>0.95</i>	<i>0.98</i>
<i>2006-2009</i>	<i>Qópt</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
<i>Guadalajara</i>	2,040	1,088	1,160	1,244
<i>Hermosillo</i>	1,261	672	682	694
<i>México</i>	3,830	2,253	2,474	2,730
<i>Monterrey</i>	1,852	808	842	881
<i>Veracruz</i>	1,110	461	486	515

Tabla 4.16 Resultados del análisis de inventarios por sucursal (contenedores)

Se transformaron los resultados obtenidos en la tabla 4.15 de bolsas a contenedores

<i>Resultados en contenedores</i>				
<i>Probabilidad</i>		<i>0.9</i>	<i>0.95</i>	<i>0.98</i>
<i>2006-2009</i>	<i>Qópt</i>	<i>R</i>	<i>R</i>	<i>R</i>
<i>Guadalajara</i>	11	6	6	7
<i>Hermosillo</i>	6	4	4	4
<i>México</i>	19	12	13	14
<i>Monterrey</i>	9	5	5	5
<i>Veracruz</i>	6	3	3	3

Tabla 4.17 Resultados con base en la proporción de la demanda histórica de cada denominación y los resultados obtenidos de la Qópt para cada sucursal (bolsas)

GDL	
Qópt	2,040
\$0.10	294
\$0.20	201
\$0.50	196
\$1	610
\$2	274
\$5	209
\$10	257

HMO	
Qópt	1,261
\$0.10	181
\$0.20	120
\$0.50	137
\$1	369
\$2	124
\$5	162
\$10	168

MEX	
Qópt	3,830
\$0.10	506
\$0.20	321
\$0.50	456
\$1	869
\$2	303
\$5	687
\$10	687

MTY	
Qópt	1,852
\$0.10	405
\$0.20	244
\$0.50	215
\$1	464
\$2	140
\$5	214
\$10	172

VER	
Qópt	1,110
\$0.10	137
\$0.20	111
\$0.50	82
\$1	303
\$2	144
\$5	143
\$10	191

4.8 Aplicación a la Ingeniería Industrial

4.8.1 Funciones del departamento que desarrolla el trabajo de aplicación

La Oficina de Ingeniería de Proyectos, se encarga de identificar, evaluar y atender la mejor solución a las necesidades y oportunidades de mejora encontradas en las distintas áreas de la empresa bancaria en cuestión, con la finalidad de garantizar y mejorar la calidad de los servicios, optimizando los recursos disponibles del área que tenga que ser atendida, mediante la mejora continua en los procesos.

4.8.2 Perfil del profesional, descripción del puesto de trabajo

El profesional que se desarrolla en esta área utiliza los conocimientos de las ciencias físico matemáticas para desarrollar sus actividades en aspectos tales que promuevan la mejora continua de procesos y equipos industriales, así como la planeación, diseño, construcción, operación y verificación de distintos proyectos llevados a cabo en las distintas áreas productivas y de servicios, respondiendo así a las necesidades que se presentan en esta empresa bancaria.

Dicho profesional debe actuar con base a los principios éticos de responsabilidad, honestidad, lealtad, imparcialidad, apertura e igualdad. Además de contar con competencias tales como creatividad, suficiencia profesional, definido sentido social, Impacto e Influencia, Sinergia de Equipos, Orientación al Servicio, Pensamiento sistémico, Liderazgo de Equipos, Interés por el Orden y Calidad, Orientación a Resultados, Pensamiento Analítico, Apertura al Cambio, Autoconfianza y Normatividad.

Las actividades que realiza el investigador adscrito a esta área son:

Tabla 4.18 Actividades del Investigador de la Oficina de Ingeniería de Proyectos

Planear	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Propiciar la participación del trabajo en equipo, liderazgo en la institución. ➤ Investigar, desarrollar y diseñar proyectos. ➤ Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el resultado esperado.
Hacer	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diseñar los métodos de trabajo y realizar mediciones de los mismos. ➤ Implementar los nuevos procesos. Si es posible, en una pequeña escala.
Verificar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realizar diagnósticos y proponer soluciones a las necesidades detectadas. ➤ Administrar y controlar del proyecto. ➤ Recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada.
Actuar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluar y tomar decisiones basándose en procesos matemáticos y financieros. ➤ Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario. ➤ Aplicar nuevas mejoras, si se han detectado errores en el paso anterior. ➤ Documentar el proceso



Figura 4.6 Ciclo de la Mejora Continua (Círculo de Deming)