



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO Y PROPUESTA
EXPERIMENTAL PARA EVALUAR EL NIVEL DE
EMISIÓN DE PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN
UNA DE SUS ARTICULACIONES ROTACIONALES
(Vol. 1)**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTOR EN INGENIERÍA

P R E S E N T A :

LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ

TUTOR: **Dr. MARCELO LÓPEZ PARRA**
COTUTOR: **Dr. ALEJANDRO RAMÍREZ REIVICH**



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE 2006

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Vicente Borja Ramírez
Secretario: Dr. Jesús Manuel Dorador González
1^{er} Vocal: Dr. Marcelo López Parra
2^{do}. Vocal: Dr. Saúl Santillán Gutiérrez
3^{er}. Vocal: Dr. Alejandro Ramírez Reivich
1^{er}. Suplente: Dr. Adrián Espinosa Bautista
2^{do}. Suplente: Dr. Arturo Barba Pingarrón

Lugar donde se realizó la Tesis:

Centro de Diseño y Manufactura de la Facultad de Ingeniería.

Director de la Tesis:

Dr. Marcelo López Parra

Firma

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A MARISOL, MI COMPAÑERA DE TODA Y PARA TODA MI VIDA, TE AMO.

A GEMA Y FERNANDA POR SU AMOR Y SENSIBILIDAD

A MIS PADRES POR SU AMOR

A MIS HERMANOS ADRIANA, EDUARDO, JUAN CARLOS Y MARIA DEL ROCIO

*A MARCELO, ALEJANDRO, ARTURO, VICENTE, SAÚL, ADRIÁN Y JESÚS MANUEL
POR SU APOYO Y DESINTERESADA AMISTAD*

*A TODOS MIS AMIGOS Y COLABORADORES Y EN ESPECIAL A JESÚS, GERARDO,
LUCY Y SOCO*

LEOPOLDO ADRIÁN

ÍNDICE

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABLAS

LISTA DE GRÁFICAS

	<i>Pág.</i>
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 <i>Antecedentes</i>	3
1.2 <i>Objetivos de la investigación</i>	5
1.3 <i>Aplicaciones industriales de este trabajo de investigación</i>	6
1.4 <i>Hipótesis</i>	6
1.5 <i>Estructura de la Tesis</i>	7
CAPÍTULO 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 <i>¿Por qué trabajar esta línea de investigación?</i>	9
2.2 <i>Contaminación</i>	
2.2.1 <i>Fuentes de generación de partículas contaminantes</i>	10
2.2.2 <i>Partículas contaminantes</i>	12
2.3 <i>Norma FED-STD209E</i>	12
2.4 <i>Cuartos limpios (Cleanrooms)</i>	13
2.5 <i>Revisión de artículos</i>	15
2.5.1 <i>Artículos relacionados con el diseño de robots para cuartos limpios.</i>	16
2.5.2 <i>Artículos relacionados con el desgaste en rodamientos.</i>	35
2.6 <i>Resumen de la información recopilada</i>	42

CAPÍTULO 3	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN ROBOT PARA TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO	46
3.1	<i>Necesidad</i>	46
3.2	<i>Especificaciones y requerimientos generales</i>	46
3.3	<i>Especificaciones de diseño</i>	47
3.4	<i>Secuencia propuesta</i>	48
3.5	<i>Propuesta de diseño</i>	50
	3.5.1 <i>Medios para realizar las funciones</i>	51
3.6	<i>Diseño de detalle</i>	52
	3.6.1 <i>Movimiento de cambio de posición angular del antebrazo</i>	53
	3.6.2 <i>Movimiento de retiro y colocación de los discos de silicio</i>	54
	3.6.3 <i>Movimiento vertical de subida y bajada</i>	56
	3.6.4 <i>Secuencia de movimientos para transportar discos de silicio</i>	58
3.7	<i>Especificaciones finales</i>	60
3.8	<i>Fabricación y ensamble</i>	61
CAPÍTULO 4	CUARTO LIMPIO Y CÁMARA DE CONTROL	63
4.1	<i>Armado e integración del cuarto limpio</i>	63
4.2	<i>Validación del nivel de limpieza de la cámara de control</i>	68
	4.2.1 <i>Determinación del nivel de limpieza de la cámara de control</i>	69
CAPÍTULO 5	PROPUESTA EXPERIMENTAL	78
5.1	<i>Requerimientos del modelo de articulación rotacional de prueba</i>	79
	5.1.1 <i>Requerimientos de diseño</i>	79
	5.1.2 <i>Requerimientos de manufactura y fabricación</i>	79
5.2	<i>Propuesta de diseño del modelo de articulación rotacional de prueba.</i>	80
5.3	<i>Propuesta de la metodología de prueba</i>	82
	5.3.1 <i>Determinación de los ciclos de deslizamiento</i>	83
	5.3.2 <i>Determinación de la carga de prueba</i>	83
	5.3.3 <i>Colocación del modelo de prueba</i>	84

5.3.4	<i>Colocación de la sonda captadora de partículas</i>	85
5.4	<i>Análisis de datos</i>	86
5.5	<i>Experimentos realizados</i>	88
5.5.1	<i>Condiciones de prueba</i>	88
5.5.2	<i>Pasos a seguir para realizar el trabajo experimental</i>	89
CAPÍTULO 6	RESULTADOS	94
6.1	<i>Conteo de partículas en el rodamiento No. 1</i>	94
6.2	<i>Conteo de partículas en el rodamiento No. 2</i>	97
6.3	<i>Conteo de partículas en el rodamiento No. 3</i>	100
6.4	<i>Conteo de partículas en el rodamiento No. 4</i>	103
6.5	<i>Conteo de partículas en el rodamiento No. 5</i>	105
	CONCLUSIONES	107
	REFERENCIAS	109
	ANEXOS	
Anexo 1	<i>Fotografías de robots para cuartos limpios.</i>	1-i
Anexo 2	<i>Planos de detalle del robot para transportar discos de silicio.</i>	2-i
Anexo 3	<i>Tablas de conteo de partículas en el área de control</i>	3-i
Anexo 4	<i>Planos de detalle de la articulación rotacional de prueba.</i>	4-i
Anexo 5	<i>Tablas de conteo de partículas generadas por los rodamientos</i>	5-i

FOTOGRAFÍAS

(Ver anexo 1)

1-Pág.

<i>Fotografía 2.1</i>	<i>Robot dentro de una cámara de vacío.</i>	1-1
<i>Fotografía 2.2</i>	<i>Robot trabajando en la producción de semiconductores.</i>	1-1
<i>Fotografía 2.3</i>	<i>Robot con articulaciones soportadas con rodamientos magnéticos.</i>	1-2
<i>Fotografía 2.4</i>	<i>Articulación con rodamientos magnéticos</i>	1-2
<i>Fotografía 2.5</i>	<i>Zonas con diferentes sistemas de manejo de aire y niveles de limpieza.</i>	1-3
<i>Fotografía 2.6</i>	<i>Robot clase 10 marca GMF-E-310.</i>	1-3
<i>Fotografía 2.7</i>	<i>Fuelles en las articulaciones del robot clase 10 marca GMF.</i>	1-4
<i>Fotografía 2.8</i>	<i>Robot tipo SCARA introducido por GMF .</i>	1-4
<i>Fotografía 2.9</i>	<i>Robot para transportar discos de silicio</i>	1-5
<i>Fotografía 2.10</i>	<i>Brazo de 6 grados de libertad montado en un vehículo de guía automática (AGV).</i>	1-5
<i>Fotografía 2.11</i>	<i>Robot PUMA 5000 (Unimación, Inc.)</i>	1-6
<i>Fotografía 2.12</i>	<i>Robot para realizar transferencias.</i>	1-6
<i>Fotografía 2.13</i>	<i>Elemento terminal en un robot para cuartos limpios.</i>	1-7
<i>Fotografía 2.14</i>	<i>Robot "frog leg" de la empresa "Brooks Automation"</i>	1-7

FIGURAS

	<i>Pág.</i>
<i>Figura 2.1 Fuentes de contaminación de partículas.</i>	11
<i>Figura 2.2 Relación entre el diámetro de partículas y la clase.</i>	13
<i>Figura 2.3 Cuarto limpio en una industria.</i>	14
<i>Figura 3.1 Disposición de caseteras con respecto al robot.</i>	49
<i>Figura 3.2 Secuencia de movimientos del robot.</i>	49
<i>Figura 3.3 Funciones básicas.</i>	50
<i>Figura 3.4 Relaciones entre las funciones básicas y la secuencia de movimientos.</i>	51
<i>Figura 3.5 Movimiento del antebrazo.</i>	53
<i>Figura 3.6 Funcionamiento del movimiento del antebrazo.</i>	54
<i>Figura 3.7 Movimiento del brazo.</i>	55
<i>Figura 3.8 Funcionamiento del movimiento del brazo.</i>	56
<i>Figura 3.9 Movimiento de subida y bajada.</i>	57
<i>Figura 3.10 Funcionamiento del movimiento de subida y bajada.</i>	58
<i>Figura 3.11 Secuencia de movimientos.</i>	59
<i>Figura 3.12 Diagrama de flujo de la secuencia de fabricación.</i>	61
<i>Figura 3.13 Prototipo de robot para transportar discos de silicio.</i>	62
<i>Figura 4.1 Cuarto Limpio.</i>	63
<i>Figura 4.2 Unión de los paneles de plexiglass.</i>	64
<i>Figura 4.3 Cámara de control.</i>	66

	<i>Pág.</i>
<i>Figura 4.4 Arreglo de puntos de muestreo dentro de la zona de control.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 4.5 Cámara de control dentro del cuarto limpio.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 4.6 Dimensiones de la cámara de control con respecto al cuarto limpio.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.7 Recirculación de aire dentro de la cámara de control.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 4.8 Tabla de clasificación del nivel de limpieza.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 5.1 Componentes básicos de la Articulación rotacional de prueba.</i>	<i>80</i>
<i>Figura 5.2 Propuesta geométrica para evitar turbulencias.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 5.3 Componentes y banco de pruebas de la articulación rotacional.</i>	<i>82</i>
<i>Figura 5.4 Carga en la articulación rotacional de prueba.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 5.5 Colocación de la articulación de prueba dentro de la cámara de control.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 5.6 Colocación de la sonda captadora de partículas.</i>	<i>85</i>

TABLAS

	<i>Pág.</i>
<i>Tabla 2.1 Generación de partículas de componentes típicos.</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 4.1 Volumen mínimo por muestra en pies cúbicos.</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 4.2 Factor UCL.</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 4.3 Nivel de limpieza de la cámara de control.</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 4.3b Nivel de limpieza de la cámara de control (datos).</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 5.1 Conteo de partículas</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 5.2 Conteo de partículas de 2 localizaciones</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 5.3 Ciclos de deslizamiento</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 5.4^a Conteo de partículas para la localización L1</i>	<i>90</i>
<i>Tabla 5.4b Conteo de partículas para la localización L2</i>	<i>91</i>
<i>Tabla 5.5 Cantidad de partículas generadas por ciclos de deslizamiento</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 5.6 Resumen para cada rodamiento probado</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 6.1 Cantidad de partículas por pie cúbico del rodamiento No. 1</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 6.2 Cantidad de partículas por pie cúbico del rodamiento No. 2.</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 6.3 Cantidad de partículas por pie cúbico del rodamiento No. 3.</i>	<i>100</i>
<i>Tabla 6.4 Cantidad de partículas por pie cúbico del rodamiento No. 4.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 6.5 Cantidad de partículas por pie cúbico del rodamiento No. 5.</i>	<i>105</i>

GRÁFICAS

	<i>Pág.</i>
<i>Gráfica 6.1 Generación de partículas vs horas de trabajo del rodamiento No. 1</i>	95
<i>Gráfica 6.2 Nivel de limpieza del rodamiento No. 1</i>	96
<i>Gráfica 6.3 Generación de partículas vs horas de trabajo del rodamiento No. 2</i>	98
<i>Gráfica 6.4 Nivel de limpieza del rodamiento No. 2</i>	99
<i>Gráfica 6.5 Generación de partículas vs horas de trabajo del rodamiento No. 3</i>	101
<i>Gráfica 6.6 Nivel de limpieza del rodamiento No. 3.</i>	104
<i>Gráfica 6.7 Generación de partículas vs horas de trabajo del rodamiento No. 4.</i>	104
<i>Gráfica 6.8 Nivel de limpieza del rodamiento No. 4.</i>	104
<i>Gráfica 6.9 Generación de partículas vs horas de trabajo del rodamiento No. 5.</i>	106
<i>Gráfica 6.10 Nivel de limpieza del rodamiento No. 5.</i>	106

RESUMEN

La industria de los semiconductores y de la microelectrónica son de los sectores con mayores avances tecnológicos en la actualidad, día a día se generan nuevas tecnologías, por ejemplo, en la manufactura de circuitos integrados se están desarrollando nuevos procesos de ultra alta escala de integración, métodos con los cuales se han obtenido circuitos más complejos y de menores dimensiones.

Aunque los procesos de miniaturización tienen ventajas desde el punto de vista de ahorro de energía, también presentan inconvenientes como la vulnerabilidad a partículas contaminantes de dimensiones cada vez menores.

Como una respuesta al problema de la generación de partículas contaminantes, se han desarrollado robots llamados Cleanroom Robots para trabajar en ambientes libres de partículas, pero no se ha encontrado evidencia de por cuanto tiempo se puede mantener compatible el nivel de limpieza de un robot para cuartos limpios con los requerimientos actuales.

En la mayoría de los diseños de los robots para cuartos limpios, las articulaciones son la principal fuente de generación de partículas contaminantes y a pesar de ser un problema de trascendental importancia, no se han encontrado reportes en la literatura acerca del impacto que puede tener una articulación sin sellos que emplee rodamientos ultralimpios, ni información útil para el diseño de mecanismos, como sería conocer el nivel de emisión de partículas bajo ciertas condiciones de funcionamiento. Por lo que este trabajo de investigación propone estudiar el impacto que puede tener una articulación rotacional sin sellos que emplee rodamientos ultralimpios y determinar en que momento se rebasa el nivel de limpieza requerido para las condiciones de limpieza actuales.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

La industria de los semiconductores y de la microelectrónica son de los sectores con mayores avances tecnológicos en la actualidad, día a día se generan nuevas tecnologías, por ejemplo, en la manufactura de circuitos integrados desde hace algunos años se están desarrollando nuevos procesos de Ultra Alta Escala de Integración [Higuchi, 93], [N. Roth, 93], métodos con los cuales se han obtenido circuitos más complejos y de menores dimensiones.

Aunque los procesos de miniaturización tienen ventajas desde el punto de vista de ahorro de energía, también presentan inconvenientes como la vulnerabilidad de los circuitos a partículas contaminantes de tamaños del orden de décimas de micra [N. Roth, 93], [Kochan, 98], y por lo tanto, se ha hecho inaceptable involucrar operadores humanos en los procesos de manufactura de circuitos integrados, ya que éstos son considerados una de las principales fuentes de generación de partículas contaminantes [Wright, 84], [Nava, 85], [Kurihara K., 88], [N. Roth, 93].

Como una respuesta al problema de la contaminación por partículas generadas por operadores humanos, se han desarrollado Robots llamados "*Cleanroom Robots*", con características de limpieza para trabajar en ambientes libres de partículas, espacios requeridos en industrias limpias como la microelectrónica, de los semiconductores, espacial, estéril, médica y farmacéutica.

A pesar de que se ha demostrado que un robot puede generar una menor cantidad de partículas contaminantes comparado con un operador humano con la vestimenta adecuada [Ferris, 85], [PRI, 88], [N. Roth, 93], [Inoue, 96], no se puede asegurar por cuanto tiempo se puede mantener compatible el nivel de limpieza de un robot para cuartos limpios con los requerimientos actuales.

Las principales fuentes generadoras de partículas contaminantes en los Robots para Cuartos Limpios son: el continuo movimiento de cables, la evaporación de lubricantes, el desgaste y corrosión de materiales y el desgaste debido al contacto mecánico de rodamientos [Higuchi, 93]. Es por esto, que las zonas que principalmente se evalúan en los Robots para Cuartos Limpios son: las áreas cercanas a las articulaciones, sistemas que presentan movimientos relativos y sistemas motrices [Morgan, 85], [Kochan, 98].

En la mayoría de los diseños de Robots para Cuartos Limpios, los sistemas motrices y sistemas de transmisión se mantienen dentro de espacios cerrados, evitando así la salida de partículas generadas por los movimientos de los mecanismos que generan el accionamiento del robot. Pero debido a que un Robot requiere de articulaciones para realizar sus movimientos y que en la mayoría de los diseños de robots comerciales utilizan sellos para evitar la salida de partículas, no es suficiente para cumplir con los requerimientos de limpieza actuales, ya que se presenta contacto y movimiento relativo entre el sello y el componente en movimiento, y esto es considerado como una fuente de generación de partículas contaminantes en los Robots para Cuartos Limpios [Wright, 84], [Sekiguchi, 90], [N. Roth, 93].

Algunos diseñadores de Robots para Cuartos Limpios mencionan que la clave para el diseño de estos robots, es el material utilizado para la fabricación de los sellos, el cual debe ser capaz de resistir el funcionamiento sin desprender partículas ni degradarse al paso del tiempo, tal como lo menciona Rick Palmer diseñador de robots para cuartos limpios de la empresa Staubli [Kochan, 98].

Otros diseñadores han obtenido buenos resultados utilizando sellos con fluidos magnéticos en las articulaciones [Wu, 88], [Sekiguchi, 90], [N. Roth, 93], pero no han cuantificado su vida útil.

Otra línea de investigación, es el diseño de articulaciones con rodamientos de aire, con lo cual se evita el contacto mecánico, pero el flujo de aire utilizado para el funcionamiento del rodamiento provoca turbulencias en el espacio con ambiente controlado (cuarto limpio) [Higuchi, 93], factor que incide directamente en el nivel de limpieza de un cuarto limpio.

Se ha reportado el diseño de un robot que utiliza rodamientos magnéticos en las articulaciones [Higuchi, 93], evitando así el contacto mecánico y el problema de lubricación, el artículo no reporta ningún estudio sobre el nivel de limpieza de la articulación ni del robot en conjunto.

A pesar de ser un problema de trascendental importancia en la industria de la microelectrónica, no se han encontrado reportes en la literatura acerca ***del impacto que puede tener una articulación sin sellos que emplee rodamientos ultralimpios.***

En particular, no existe información útil para el diseño de mecanismos, como sería, el conocer el nivel de emisión de partículas de un rodamiento bajo ciertas condiciones de

funcionamiento, también el tiempo útil en las condiciones de limpieza requeridas en la actualidad.

Por lo anterior, la presente investigación se enfoca a cuantificar la emisión de partículas que puede generar una articulación rotacional que emplea un rodamiento ultralimpio mediante un trabajo experimental.

El trabajo experimental consiste en someter a una cierta cantidad de rodamientos ultralimpios colocados en una articulación rotacional de prueba (ARP) a ciertas condiciones de funcionamiento controladas y cuantificar en cada caso, la cantidad de partículas contaminantes generadas y establecer, si es posible, una relación entre condiciones de funcionamiento, nivel de emisión de partículas contaminantes y vida útil de la articulación rotacional.

El trabajo experimental se enfoca únicamente a trabajar con un par cinemático rotacional, ya que es preferible un movimiento rotacional a otro tipo de movimiento desde el punto de vista de menor emisión de partículas contaminantes [Wright, 84].

La información que se obtenga del trabajo experimental, podrá ser utilizada para el diseño de elementos integrantes de máquinas para industrias como la alimentaria, farmacéutica y médica que requieren que sus productos sean elaborados en condiciones ambientales libres de partículas contaminantes.

1.1 Antecedentes

La investigación científica y la vinculación con la industria a través de la realización de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, son actividades que se han promovido intensamente en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Lo anterior se demuestra con el número de proyectos patrocinados por programas institucionales como PAPIIT (Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica), PAPIME (Programa de Apoyo a Proyectos Institucionales para el Mejoramiento de la Enseñanza), CONACYT, y con el Sector Industrial.

Bajo este tenor, el Centro de Diseño y Manufactura (CDM) de la Facultad de ingeniería (FI) ha planeado trabajar con líneas de investigación definidas en el campo del diseño mecánico, entre estas, se tiene la línea de Investigación en Robótica, la cual se ha trabajado los últimos 10 años y en específico en relación con el diseño y fabricación de Robots Manipuladores para la Industria de la Microelectrónica y de los Semiconductores, cuya característica primordial es no contribuir a la generación de

partículas contaminantes ocasionadas por el desgaste de materiales y mecanismos durante su funcionamiento dentro de una cámara con control de partículas (Cuarto Limpio).

En 1994, el Dr. Marcelo López Parra concluyó con el diseño, fabricación, y pruebas de funcionamiento y limpieza de un primer prototipo de Robot para Cuartos Limpios para la empresa Inglesa Western Equipment Developments, Ltd.

En 1995, se presentó al CONACYT y al programa PAPIIT una propuesta de proyecto para obtener recursos para diseñar y fabricar un segundo prototipo de robot para manipular discos de silicio, con los siguientes objetivos: continuar con la línea de investigación iniciada en Inglaterra por el Dr. López Parra, satisfacer una necesidad potencial de un sector industrial nacional como lo son: la industria farmacéutica, médica y alimentaria que están demandando la utilización de robots con características de limpieza muy estrictas, además de contribuir a la formación de recursos humanos en el área de diseño mecánico de robots para cuartos limpios.

En 1998 con el apoyo económico obtenido de las dos instancias mencionadas anteriormente, se terminó el diseño y fabricación del segundo prototipo de robot para cuartos limpios para manipular discos de silicio, utilizando recomendaciones documentadas para el diseño de robots para aplicaciones de cuarto limpio propuestas por diferentes autores consultados y con lo aprendido en el primer prototipo.

Del proyecto realizado se obtuvieron como principales resultados:

- Un prototipo funcional de robot para cuartos limpios para manipular discos de silicio.
- Trabajos de tesis tanto a nivel de licenciatura como de maestría.
- Trabajos publicados en congresos nacionales e internacionales.
- Formación de recursos humanos en el campo del diseño mecánico.
- Elementos para continuar con esta línea de investigación.
- Obtención de conocimiento en el diseño de equipos para aplicaciones limpias.

Continuando con la línea de robots para cuartos limpios, se encontró información científica relacionada con el diseño y pruebas para evaluar el nivel de generación de partículas de robots para cuartos limpios, pero no se encontró información para

diseñar mecanismos y en específico pares cinemáticos con bajos niveles de emisión de partículas contaminantes.

Por lo anterior, en 1998 se presentó una nueva propuesta de proyecto al programa PAPIIT, cuyo objetivo principal fue obtener recursos para realizar una investigación referente a la evaluación del nivel de generación de partículas en articulaciones rotacionales, las cuales son consideradas como uno de los mayores factores de generación de partículas contaminantes en Robots para Cuartos Limpios, como parte de la línea de investigación en Robótica que se está impulsando en el CDM.

El proyecto propuesto fue aprobado por el programa por un periodo de 2 años, con los recursos obtenidos, se diseñaron y fabricaron modelos de prueba de articulaciones rotacionales, se construyó una cámara de pruebas con control de partículas con un nivel de limpieza Clase 1 y se adquirió un contador laser de partículas de 0.3 y 0.5 micras de diámetro con dos sondas captadores, con lo cual, se tuvo la infraestructura para realizar la investigación experimental sobre el nivel de emisión de partículas de diferentes mecanismos para determinar su factibilidad de ser utilizados en ambientes limpios.

La investigación doctoral que a continuación se presenta, fue dividida en dos etapas, una primera parte correspondiente a la investigación bibliográfica referente a Robots para Cuartos Limpios y el diseño y fabricación del segundo prototipo de robot para manipular discos de silicio, esta primera etapa se considera como parte fundamental para sustentar el trabajo experimental. La segunda etapa, consistió en la propuesta de experimentos, evaluación del nivel de emisión de partículas contaminantes producidas por diferentes rodamientos ultralimpios colocados en una articulación rotacional de prueba (ARP), análisis de datos, determinación del nivel de limpieza y vida útil de los rodamientos.

1.2 Objetivos de la Investigación

Establecer el estado del arte de los robots para cuartos limpios.

- Investigar el nivel de generación de partículas contaminantes en una articulación rotacional que emplea rodamientos de bolas ultralimpios bajo ciertas condiciones de funcionamiento.
- Identificar las causas que originan la generación de partículas contaminantes en los rodamientos.

- Generar información experimental útil para el diseño de articulaciones rotacionales limpias y el diseño de elementos integrantes de máquinas para industrias que requieren ambientes libres de partículas.
- Desarrollar una articulación rotacional que satisfaga condiciones de limpieza de un ambiente Clase 1*.

1.3 Aplicaciones industriales de este trabajo de investigación

Los objetivos particulares relacionados con la aplicación industrial de los robots para cuartos limpios:

- Estimar el periodo de tiempo durante el cual es confiable un robot para cuartos limpios en cuanto a la emisión de partículas contaminantes producidas por sus articulaciones rotacionales dentro de los niveles de limpieza exigidos actualmente.
- Realizar pruebas de contaminación en un prototipo de articulación rotacional para que los resultados puedan ser utilizados para el diseño de mecanismos, de máquinas y/o dispositivos que se emplean en industrias limpias como la alimentaria, médica y farmacéutica.

1.4 Hipótesis

Con base en lo expuesto anteriormente, se plantean dos hipótesis fundamentales en éste trabajo de investigación:

- La cuantificación y análisis riguroso del nivel de contaminación que producen los componentes típicos de articulaciones rotacionales, permite obtener suficiente información (datos) y relaciones entre las distintas variables para la síntesis exitosa de una articulación rotacional Clase 1*.
- Es posible diseñar o construir una articulación rotacional que utilice rodamientos mecánicos ultralimpios y que produzca un nivel de limpieza igual o mejor a Clase 1, con un periodo de vida determinado.

* De acuerdo a la Norma Americana FED-STD 209 indica que Clase 1 significa tener una partícula de 0.5 micrones de diámetro o menos en un volumen de un pie cúbico de aire.

1.5 Estructura de la Tesis

Como se mencionó anteriormente, el trabajo de investigación se dividió en dos etapas principales, la primera etapa consistió en el diseño, fabricación, pruebas de funcionamiento y pruebas de repetibilidad de un prototipo de un robot para transportar discos de silicio. La segunda etapa consistió en la realización de un trabajo experimental para determinar el nivel de emisión de partículas en un par cinemático rotacional.

Para realizar lo anterior, el trabajo se estructuró de la siguiente forma:

En el capítulo 2 se presentan algunos conceptos básicos relacionados con la emisión de partículas contaminantes, el concepto de cuartos limpios y una síntesis de los artículos más relevantes relacionados con robots para cuartos limpios, generación de partículas contaminantes y pruebas de desgaste en rodamientos mecánicos.

En el capítulo 3 se presenta el desarrollo de las etapas para llevar a cabo el diseño del segundo prototipo del robot para transportar discos de silicio, describiendo el funcionamiento de cada uno de los sistemas básicos y las especificaciones finales del prototipo. Así mismo se presentan en el anexo 2 los planos de fabricación y ensamble.

Una vez que se tuvo el prototipo del robot y de acuerdo a los objetivos de la investigación, fue necesario contar con un espacio de trabajo con un nivel de partículas conocido (referencia). En el capítulo 4 se presenta la metodología y aspectos a considerar para determinar la cantidad de partículas dentro de una cámara de control (nivel de limpieza), y así poder realizar los experimentos en forma confiable.

En el capítulo 5 se presenta la propuesta experimental, la cual consistió desde establecer los requerimientos a considerar para el diseño de la articulación rotacional de prueba, hasta la metodología para llevar a cabo los experimentos. En el anexo 3 se presentan las tablas de conteo de partículas.

En el capítulo 6 se presentan los resultados de conteo de partículas para cada uno de los experimentos realizados con los rodamientos ultralimpios, así como las gráficas con las cuales se puede apreciar en que momento se sobrepasa el nivel de limpieza requerido al paso de los ciclos recorridos. En el anexo 5 se presentan las tablas de conteo de partículas.

Finalmente se presenta un resumen de los resultados obtenidos del trabajo experimental y las conclusiones de este trabajo de investigación.

El impacto negativo ocasionado por la generación de partículas contaminantes en los rodamientos al nivel de limpieza global del manipulador se propone como la continuación del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ¿Por qué trabajar esta línea de investigación?

La microelectrónica es una industria con un crecimiento muy rápido, circuitos integrados (microchips) de menores tamaños y mayor densidad, mejoran la velocidad de respuesta en dispositivos (distancias recorridas más cortas), el consumo de energía es menor y tienen la versatilidad de ser utilizados en una gran cantidad de equipos y aparatos.

Entre más sofisticados son los circuitos integrados, la industria de la microelectrónica debe mejorar su tecnología tanto en la pureza de los materiales empleados, como en la maquinaria utilizada.

En los ochentas, la industria de la microelectrónica se enfocó a la sustitución de trabajadores humanos por sistemas de manipulación automáticos en las áreas de fabricación donde se requerían bajos niveles de emisión de partículas contaminantes (altos niveles de limpieza).

En la década de los noventas, la automatización para realizar la transferencia de discos de silicio entre varias máquinas, fue un aspecto al que se ha enfocado la industria de la microelectrónica [Peter Van Zant, 90] mediante el diseño de robots con bajos niveles de emisión de partículas contaminantes para ser utilizados dentro de cuartos limpios.

En la actualidad existe una gran variedad de diseños de Robots para Cuartos Limpios, indicando su nivel de limpieza de acuerdo a la norma FED-STD-209 (USA). En otros casos, se presenta la determinación del nivel de limpieza de zonas consideradas como críticas en cuanto a la generación de partículas contaminantes. Entre las zonas más críticas, se tienen las articulaciones de los robots y se tiene evidencia que es más conveniente utilizar pares cinemáticos rotacionales en las articulaciones de los robots que pares cinemáticos lineales, debido a que éstos últimos generan un mayor número de partículas contaminantes. Pero aunque algunos autores indican el nivel de limpieza de los robots para cuartos limpios, no indican por cuanto tiempo se mantienen dentro del nivel de limpieza especificado.

Debido a que un par cinemático es un mecanismo que debe permitir el movimiento relativo entre elementos para realizar su función, que no puede ser sellado herméticamente, y que es un componente esencial para un manipulador, en este trabajo de investigación se propone estudiar el impacto que puede tener una articulación rotacional sin sellos que emplee rodamientos ultralimpios y determinar en que momento y en que proporción se sobrepasa el nivel de limpieza (Clase 1').

A continuación se presentan algunos conceptos básicos y una serie de resúmenes de artículos científicos de diferentes autores como referencias para este trabajo de investigación.

2.2 Contaminación

La contaminación en un cuarto limpio es definida como cualquier cosa que interfiere con la producción de un producto y/o su funcionamiento y se puede presentar en forma de sólidos, líquidos, gases, y estos a su vez se pueden dividir en materia física, materia orgánica, inorgánica y microorganismos.

Cualquier cosa que está en contacto con un producto durante su manufactura es una fuente potencial de contaminación. Las mayores fuentes de contaminación en un cuarto limpio son: el aire, equipo de producción, personal, procesos químicos y carga estática.

Cada fuente produce un tipo específico de partículas y un nivel de contaminación y por lo tanto se requiere especial control para cada fuente.

2.2.1 Fuentes de generación de partículas contaminantes

Las partículas contaminantes usualmente se originan de diferentes fuentes pero todas se pueden depositar en superficies sensibles y generalmente el control es más efectivo y económico obtenerlo por la regulación de las fuentes de generación.

Las principales fuentes de generación de partículas en la industria de los semiconductores y de la microelectrónica son las siguientes:

Equipo de proceso. Por ejemplo, los movimientos relativos entre componentes mecánicos presentan desgaste y por lo tanto generan partículas.

Procesos. Por ejemplo, una operación de inmersión puede remover películas de la superficie de un producto y a la vez se pueden depositar otras partículas, las cuales fueron colectadas en el baño durante otra operación.

Personal. Los trabajadores son una de las más grandes fuentes de contaminación, un operador en un cuarto limpio, aún después de un baño de aire puede desprender entre 100,00 y 1,000,000 de partículas por minuto y este número se incrementa cuando la persona está en movimiento.

La respiración de los trabajadores produce una gran cantidad de partículas cada vez que se exhala, y la respiración de los fumadores puede arrojar millones de partículas después de que un cigarro es terminado. Además, si un trabajador presenta infecciones, se suman más partículas contaminantes. En algunas áreas de fabricación se restringe que personas con problemas de salud trabajen en cuartos limpios.

En la figura 2.1 se muestra el impacto que tienen las diferentes fuentes de generación de partículas contaminantes en la manufactura de discos de silicio [Kern, 90].

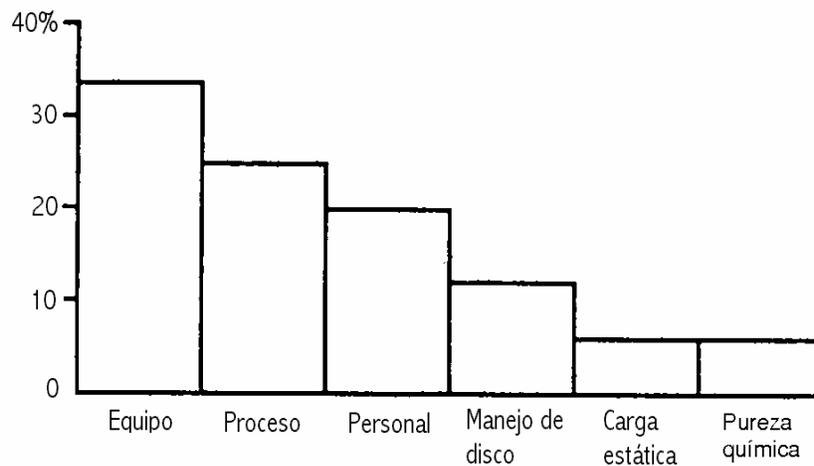


Figura 2.1. Fuentes de contaminación de partículas

2.2.2 Partículas contaminantes

Para ilustrar las características de las partículas contaminantes, J. Gilmore clasificó a los contaminantes en tres diferentes grupos de acuerdo a su tamaño [Kern, 90].

Partículas mayores a 0.5 micras

Estas partículas son generadas principalmente por la abrasión mecánica, ejemplos de estas partículas se pueden mencionar; restos de piel, cosméticos, saliva, desgaste mecánico.

Partículas menores a 0.1 micras

Estas partículas son generadas principalmente por la evaporación y posterior condensación, ejemplos de estos se tienen motores eléctricos, componentes calientes sobre tarjetas de circuitos, etc.

Partículas de 0.1 a 0.5 micras

Estas partículas provienen del rompimiento de partículas de 0.5 micras en menores tamaños.

2.3 Norma Federal Estándar 209E

La norma Americana Federal Estándar 209 es probablemente el documento más ampliamente utilizado para el control de contaminación en el mundo.

Investigadores en el área de robots para cuartos limpios establecen el nivel de limpieza de sus diseños mediante la comparación de las clases de limpieza definidos por la norma, basados en la concentración de partículas contaminantes.

El número de clase es definido como el número de partículas por encima de un diámetro específico en un volumen determinado de aire. En la figura 2.2 se muestra la relación entre el diámetro de las partículas y la cantidad de partículas permitidas para cada nivel de limpieza (Clase) definido por la norma Federal Standard 209. [Mielke,92].

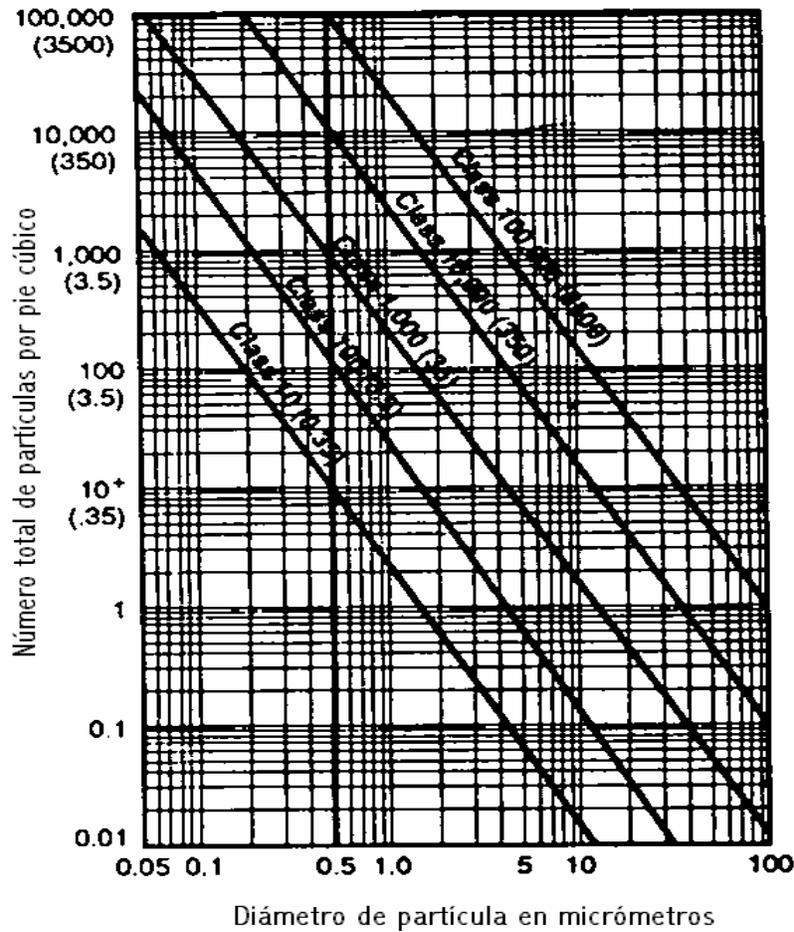


Figura 2.2 Relación entre el diámetro de partícula y número de Clase

2.4 Cuartos limpios (Cleanrooms)

Un cuarto limpio tiene una relación directa con la producción de discos de silicio libres de contaminación, la mayor consideración en el diseño de un cuarto limpio es mantener el aire limpio en las áreas de proceso.

La industria espacial fue la primera en necesitar áreas limpias, ya que se encontró que partículas de polvo podrían causar que un satélite fallara, consecuentemente la NASA y grupos de investigación comenzaron a construir cuartos armables con filtros en sus paredes y techos, y desarrollaron las bases para el control de la contaminación.

La industria de los semiconductores adoptó muchas técnicas, pero se tenía la incertidumbre de que los niveles de limpieza obtenidos en pequeños cuartos podría no mantenerse cuando el diseño fuera trasladado a grandes fábricas con más trabajadores.

La primer estrategia seguida por la industria de los semiconductores fue trabajar en estaciones de trabajo individuales (cuartos) realizando filtración en paredes y techos y cuando los discos de silicio tuvieran que ser trasladados, éstos eran guardados en cajas cerradas.

Los filtros utilizados en un cuarto limpio son del tipo HEPA (High Efficiency Particulate Attenuation), los cuales son construidos con fibras frágiles y proporcionan un flujo de aire con velocidades entre 90 y 100 ft³/min.

Debido al continuo desarrollo en el diseño de cuartos limpios y tecnología de filtrado, se han podido obtener áreas de fabricación de mayores dimensiones con niveles de limpieza Clase 10 o mejores [Newboe, 91] (ver figura 2.3).

Adicional al control de partículas dentro de un cuarto limpio, los parámetros de temperatura y humedad deben ser especificados y controlados, el control de temperatura es necesario para el confort del operador y en muchos casos para el control de procesos, y el control de humedad es un parámetro de proceso crítico, especialmente en áreas donde se realiza el depósito de películas sobre los discos de silicio.



Figura 2.3 Cuarto limpio

2.5 Revisión de artículos científicos

A continuación se presenta la síntesis de la revisión de artículos relacionados con el diseño de nuevos robots, adaptaciones a robots estándares, fabricación y pruebas de robots para aplicaciones de cuarto limpio y estudios de desgaste en rodamientos mecánicos de 1980 a la fecha, las referencias completas de estos artículos y de otros más se presentan en el apartado de referencias.

Fuentes de información consultadas:

Cambridge Scientific Abstracts
European Aerospace Database
Food Science
Compendex Plus
National Technology Information System
Computer Select
SwetScan
SwetSnet.

Entre los términos empleados para realizar la búsqueda se pueden mencionar los siguientes:

Cleanrooms Robots
Wafers
Semiconductors
Wear
Clean Joints
Particle Contamination
Electronics Industry
Ball bearings
Microelectronics Industry
Solid State.

2.5.1 Artículos relacionados con el diseño de robots para cuartos limpios

[Gyorki, 2000]

La densidad de los circuitos integrados en un disco de silicio, ha hecho que la eliminación de partículas en los cuartos limpios donde estos son procesados sea más crítica cada generación.

En ambientes para procesar discos de silicio, como los cuartos limpios, la operación de posicionamiento mecánico es uno de los principales contribuidores de contaminación. Por lo tanto, es requerido que los equipos sigan criterios especiales de diseño para asegurar la limpieza de los mecanismos y que estos estén de acuerdo a ciertas normas.

La norma FED-STD-209E, presenta una clasificación de los límites de partículas permitidas en cuartos limpios. En el artículo se menciona que la generación de partículas se puede clasificar en generación activa y pasiva.

La generación activa incluye los mecanismos para lograr el posicionamiento, superficies de deslizamiento, tales como sellos sobre bloques de deslizamiento lineal y tornillos de bolas.

Los sellos de carbono son fuentes de contaminación, pero los sellos hechos de teflón o uretanos son resistentes a la abrasión y producen pocas partículas.

Algunos fabricantes ofrecen sellos que tienen un pequeño claro entre el riel, la flecha y el sello, esto elimina la generación de partículas provocada por deslizamiento del sello, además puede retener lubricante.

En el caso de utilizar rodamientos y tornillos de bolas que trabajan sin sellos, presentan el peligro de contaminarse con partículas extrañas.

Por otro lado, los cables externos y sus cubiertas no están exentos de problemas y su movimiento de deslizamiento genera partículas.

Todas las superficies de contacto deben ser tan lisas como sea posible y deben evitar formas filosas para minimizar la fricción.

Otros generadores de partículas, los cuales no son tan obvios, se pueden incluir el vapor de aceite y gotas dispersas en el aire debido al lubricante utilizado en los rodamientos y otros componentes mecánicos.

Aceites y grasas aplicados a los rodamientos y tornillos de bolas producen partículas debido al movimiento de la pista y la acción de las bolas.

Para rodamientos y tornillos de bolas que son empleados en vacío, se recomienda utilizar lubricante de baja presión de vaporización como el Aroshell 5 y Kritov.

Otra forma de evitar que los sistemas de sellado por si mismos contaminen, algunos diseñadores proponen aislar los rodamientos con fuelles, pero de cualquier modo es impráctico porque generan partículas cuando estas se expanden y contraen, pero además la diferencia de presiones dentro del manipulador causa que el fuelle sople aire junto con partículas contaminantes.

Las superficies utilizadas en cuartos limpios deben ser lisas y suaves y nunca deben estar recubiertas, ya que las superficies irregulares pueden captar y mantener partículas.

Los cuartos limpios más modernos contienen sistemas de filtración con flujo de aire laminar (unidireccional)

En el artículo se mencionan las siguientes recomendaciones para el diseño de mecanismos para aplicaciones de cuarto limpio.

- No poner componentes sobre áreas de trabajo críticas porque producen partículas o turbulencias.
- Los sistemas mecánicos no deben ser movidos sobre superficies críticas.
- Los componentes activos deben ser encapsulados y mantenidos fuera de la ruta de flujo de aire laminar.
- Los grippers deben tener una forma en la cual el flujo alrededor de ellos sea muy suave.
- Aplicar presión negativa (vacío) en las áreas de generación de partículas contaminantes es otro camino para remover partículas.

[Kochan, 98]

El autor revisa la aplicación de robots industriales en Cuartos Limpios, resume como las tendencias en diseño electrónico aumentan las demandas de robots para cuartos limpios, los cuales pueden ser empleados en la producción de semiconductores. También señala como los Robots para Cuartos Limpios son necesarios en la industria farmacéutica.

[Inoue, 96]

El crecimiento drástico en la industria de la computación y de las comunicaciones, representada por equipos de Multimedia, tomó un gran incremento en producción de semiconductores y dispositivos de cristal líquido (LCD). La automatización utilizando robots ha sido introducida para obtener alta productividad y reducir partículas extrañas. Recientemente, la capacidad de carga útil más alta y el rango de operación más amplio, son requeridos para un robot usado en ambientes limpios. Esto es principalmente para incrementar el tamaño de los discos de silicio y LCD's. Desde el primer uso de robots para manejar discos de silicio en la manufactura de semiconductores, Mitsubishi Electric Corporation ha suministrado robots para Cuartos Limpios de alta confiabilidad a compañías nacionales e internacionales. La pericia obtenida de la experiencia en la producción de Robots para Cuartos Limpios en los últimos años, combinada con la tecnología probada de robots de tipo industrial estándar, resultó en robots para Cuartos Limpios de alta calidad. En este documento, las especificaciones y principales características del último robot del autor y sus típicas aplicaciones son discutidas. 1) Tipo "TRE" robot de transferencia capaz de transferir 8 discos de silicio dobles dentro de un espacio limitado. 2) Robot tipo "RH-L" y "RV-K", versión modificada del robot estándar industrial usando alta tecnología limpia incubada en el desarrollo del robot tipo "TRE".

[Sekiguchi, 96]

El mercado de paneles de LCD (liquid Crystal Display) ha crecido rápidamente en los últimos años. Además, la demanda de alta productividad es muy fuerte para los fabricantes de paneles. Por eso, los Robots para el manejo de paneles en Cuartos Limpios están creciendo rápida y fuertemente. En este documento, se presenta un Robot para cuarto limpios que maneja paneles de LCD. Las características del robot son: 1) Capaz de manejar a gran escala substratos de vidrio LCD, 2) Distribución libre de caseteras, 3) Fácil instalación, 4) Alta confiabilidad, 5) Fácil operación, 6) Bajo

precio. El robot puede manejar también sustratos de vidrio como panel de display de plasma. Además, existe una gran demanda para robots de alta velocidad los cuales pueden acortar el tiempo de manejo de sustratos de vidrio mas grandes. De ahí, se intenta desarrollar más robots con gran confiabilidad para satisfacer las demandas actuales.

[Nishikawa, 96]

La necesidad de automatizar el manejo de materiales en Cuartos Limpios está creciendo en la industria para la manufactura de semiconductores, discos ópticos/magnéticos y LCD's.

La alta demanda, especialmente en la industria de los semiconductores, debido al incremento en la integración de circuitos integrados y al crecimiento del diámetro de los discos de silicio. Shinko Electric Co., ha desarrollado y puesto en uso un robot autónomo móvil "SEL-CARRY ACE" System para transportación en un Cuarto Limpio. El Sistema estándar consiste en un robot equipado con un brazo articulado de 6 grados, estación de control, cargador automático, etc. La estación de control tiene la función de monitoreo gráfico, datos de Logging y estadística. El robot puede ser usado en Cuartos Limpios Clase 1.

[Journal: Solid State Technology, 94]

Mientras la automatización se ha incrementado dentro del proceso de fabricación de semiconductores, al mismo tiempo nuevos requerimientos para sistemas automatizados y robots buscan ser compatibles con las tecnologías actuales.

Algunos robots deben operar en vacío, obligando a los diseñadores a buscar nuevos mecanismos para manipular discos de silicio, rodamientos y coples están siendo rediseñados para estar acordes con las restricciones en cuanto a la cantidad de partículas permitidas.

Sistemas flexibles, así como robots con hasta seis grados de libertad, son necesarios para trabajar en este tipo de industria.

La transición a una gran automatización es inevitable, siempre pensando que esto no es fácil, por las variadas tendencias dentro de la industria. Lo principal de esto es el impulso hacia el proceso ultralimpio.

Los dispositivos se hacen más pequeños y los chips se vuelven más complejos y costosos, por lo tanto, el control de la contaminación está siendo llevado a nuevos niveles para reducir defectos potenciales. Usando una regla 10:1, discos de silicio con medidas características de $0.3\mu\text{m}$, requieren que las partículas sean menores a $0.03\mu\text{m}$. Una forma de evitar partículas, es aislar a los operadores del proceso de carga y transferencia de discos de silicio, así que los humanos están siendo reemplazados por manipuladores automatizados y robots para transferencia de discos de silicio.

Los discos de silicio deben ser manipulados en ambientes Clase 1, mientras que la gente trabaja en ambientes Clase 1000.

Para muchos procesos, se requieren de robots que operen en vacío.

En la fotografía 2.1 (ver anexo 1) se muestra un robot para transferir discos de silicio que trabaja dentro de una cámara de vacío.

La tecnología de robots para vacío y sellos varían de acuerdo al proceso. Los primeros sistemas tienen engranes para controlar el brazo, pero el desempeño no es bueno.

Se han desarrollado coples magnéticos para reemplazar los sellos de ferrofluidos usados en los brazos de robots.

Utilizando el acoplamiento magnético, los robots evitan cualquier clase de sello dinámico que pueda comprometer la integridad del vacío.

[Roth, 93]

En este artículo se indica que robots industriales pueden ser usados en cuartos limpios, pero tienen que ser diseñados o modificados para alcanzar los requerimientos de limpieza exigidos.

Una de las principales desventajas que tiene un robot estándar para trabajar en ambientes limpios, es que son diseñados para un funcionamiento dinámico máximo, en cambio un robot para cuartos limpios, debe moverse suavemente sin vibraciones y con bajas aceleraciones para evitar la producción de partículas, además la estructura de un robot estándar afecta el flujo de aire dentro de un cuarto limpio. Se debe tener

especial cuidado en el elemento terminal (gripper) ya que en la mayoría de los casos, éste es el peor contaminador ya que no puede ser cubierto herméticamente.

Por otro lado, si el robot tiene juntas no selladas, se permite la salida de partículas de los mecanismos internos.

La primera modificación del robot presentado en este artículo se refiere a las juntas, mencionando que se utilizaron rodamientos de rodillos, diferentes sellos se investigaron y los mejores resultados se obtuvieron con los sellos ferromagnéticos.

Las pruebas de limpieza a las que se sometió el robot diseñado, se efectuaron bajo la norma FED-STD-209E, las mediciones se hicieron en un cuarto limpio clase 1, moviendo cada eje separadamente y en forma conjunta.

La sonda para captar partículas se colocó lo más cerca posible a las juntas y los resultados mostraron que se alcanzó un nivel de limpieza mejor a clase 10.

En la fotografía 2.2 (ver anexo 1) se muestra un robot trabajando en la producción de semiconductores.

El trabajo muestra que es posible rediseñar robots estándares para trabajar en condiciones de cuarto limpio, utilizando algunas recomendaciones de diseño, pero en muchos casos; para lograr la manipulación, se necesitan mecanismos que no pueden ser sellados herméticamente y que además realizan movimientos por encima de los discos de silicio, como se muestra en la fotografía 2, con lo cual no se puede asegurar que las partículas que se generen no se depositen sobre la superficie de los discos.

[Hosobuchi, 92]

El autor presentó el desarrollo de un robot móvil autónomo que no requiere de guías.

El robot móvil busca la ruta óptima comparando su mapa interno con la información medida que obtiene con sensores ultrasónicos para alcanzar su destino final. Está equipado con un brazo articulado de seis ejes y tiene un error a ± 0.5 mm en el manejo por compensación visual. Los robots móviles autónomos se están haciendo limpios con base en el uso de motores DD (Direct Drive) y ahora también empiezan a ser usados como robots de transferencia en Cuartos Limpios.

[Seta, 92]

Ratón Limpio, un robot limpio para uso experimental ha sido desarrollado como una versión en 3D para el sensor de medición el cuál consiste de una unidad de elevación del sensor de medición y un vehículo; está diseñado para medir automáticamente la limpieza del aire y la distribución de aire limpio en el Cuarto Limpio. El robot, de 280 mm de altura está diseñado tan bajo como fue posible y solo carga tres tubos y un plato de soporte así el robot no perturba la corriente de aire.

[Omomo, 92]

El autor presenta un robot desarrollado para medir automáticamente el patrón de flujo de aire, limpieza, temperatura, humedad y el escape de partículas (desde el filtro de aire) en cualquier lugar dentro de un Cuarto Limpio. El robot es un brazo articulado el cual va montado en un vehículo. Una computadora personal y el cableado se encuentran fuera del Cuarto Limpio. Un sensor de medición o una probeta de muestreo es puesta en el elemento terminal del manipulador. El vehículo, con el equipo de medición, navega por guías de reflexión óptica. Los datos de medición son comunicados por cable de fibra óptica y son desplegados en forma gráfica en la computadora. Usando el Robot, se ahorra mucho tiempo y se recauda mayor número de datos medidos.

[Nishioka, 92]

En este artículo se realizó la investigación de Cuartos Limpios y monitoreo de un robot denominado "CRIMRO". EL robot básicamente consiste en un AGV (vehículo de guía automático), un manipulador o brazo en el cual está montado un contador de partículas. El robot hace dos trabajos de inspección, los cuales son requeridos en el Cuarto Limpio. Uno es la prueba de limpieza a los filtros HEPA puestos en el techo del Cuarto Limpio y la segunda una inspección regular, que consiste en tomar datos de pruebas de limpieza del aire del cuarto limpio en condiciones de servicio.

[Higuchi, 91]

Un nuevo tipo de robot con articulaciones soportadas con rodamientos magnéticos es propuesto.

Las juntas del robot son soportadas sin contacto mecánico, esto evita la generación de polvo y la utilización de lubricante, factores que frecuentemente crean problemas cuando los robots son utilizados en cuartos limpios, cámaras de vacío o en el espacio.

Los rodamientos magnéticos presentan otras ventajas como: la micromanipulación, control de fuerza y control de vibración activa. En la fotografía 2.3 se muestran los pares cinemáticos soportados con rodamientos magnéticos y en la fotografía 2.4 (ver anexo 1) los componentes principales de un rodamiento magnético.

En este artículo no se presenta la evaluación del nivel de limpieza, es correcto afirmar que eliminando el contacto mecánico en las articulaciones se elimina una fuente de contaminación, pero existen artículos que afirman que otra fuente potencial de contaminación es el continuo movimiento de cables como se aprecia en la fotografía 2.4 (ver anexo 1).

[Newboe, 91]

En este artículo se indican soluciones propuestas por tres diferentes empresas que utilizan cuartos limpios.

Primero, Delco's, ejemplifica como el uso extensivo de vidrio puede ayudar a hacer productos más limpios, segundo, el Centro de Tecnología Avanzada en Semiconductores de IBM, indica que sus cuartos limpios Clase 1 son el resultado de exigencias en las especificaciones operacionales y de construcción. Por último, Western Digital's Spectrum hace modificaciones a sus procesos con un mínimo costo.

Delco Electronics es la tercera empresa más grande en la manufactura de circuitos integrados. Sus instalaciones tienen sistemas de atenuación de vibraciones. Los equipos de aire y ductos se encapsulan y nunca tocan el piso y en las paredes de los cuartos se utiliza neopreno, al igual que en las uniones entre equipos y paredes.

En el artículo se recalca en forma explícita eliminar las fuentes de vibración, para evitar generación de partículas adicionales por el equipo utilizado en cuartos limpios.

[Murata, 91]

Debido a la creciente necesidad de automatización en Cuartos Limpios en la industria, para la manufactura de artículos semiconductores, discos ópticos/magnéticos y LCD's.

La empresa Shinko Electric Co. Ltd., ha desarrollado y puesto en uso un robot móvil autónomo llamado SEL-CARRY ACE para transporte en un Cuarto Limpio. Este robot guarda un mapa de su ruta y viaja a su destino cuidándose de los objetos que estén en su ruta por medio de sensores ultrasónicos. El robot está equipado con un brazo articulado y toma la carga de una estación específica. La operación continua es posible en términos de un sistema automático de cambio de batería. La batería es cargada rápidamente mientras la carga está siendo manipulada, así que no es necesario parar para cargar y los usuarios tienen un sistema de transporte altamente eficiente.

[Kern, 90]

La importancia de la identificación de las fuentes de contaminación es tan importante como la identificación de los contaminantes.

Las técnicas tradicionales utilizan el análisis de superficie de un disco de silicio para determinar los tipos de contaminación, determinando por conjeturas sus fuentes. Lo primero presenta resultados definitivos mientras que lo segundo es muy subjetivo.

Actualmente la tecnología de conteo de partículas puede coleccionar datos continuamente en diferentes localizaciones dentro de cuartos limpios, pero éstos no tienen ningún valor sin una metodología para reducir la incertidumbre si las partículas son generadas por el cuarto o la calidad del equipo.

En la investigación se determinó la influencia negativa que tiene el incremento de la velocidad del flujo del aire en un cuarto limpio debido a que se induce turbulencia o se reduce la presión diferencial, por lo tanto estudios aerodinámicos del cuarto y del equipo son requeridos.

Los resultados de realizar trabajo experimental sobre las fuentes de generación de partículas, en dos espacios de trabajo divididos en varias zonas con diferentes sistemas de manejo de aire y niveles de limpieza, como se muestra en la fotografía 2.5 (ver anexo 1) resultaron equivalentes en el conteo de partículas durante una operación.

Para partículas menores a 0.2 micras, el aislamiento físico entre el ambiente cercano al disco de silicio y el aire del cuarto en general es la única técnica que garantiza que el polvo del cuarto no contamine la superficie del disco.

Con lo anterior, se puede concluir que si se eliminan fuentes de generación de partículas en las articulaciones, estas partículas no van a estar en el ambiente del cuarto limpio y por lo tanto, tampoco se van a depositar en la superficie de los discos de silicio.

[Yasunori, 89]

En este artículo, el autor muestra las principales características y especificaciones del robot SSR-C903-CL, las cuales son: Compacto, alta flexibilidad, limpio, alta velocidad, de fácil instalación y alta repetibilidad.

En lo que respecta a las características de limpieza del robot, solo recomiendan tomar las siguientes precauciones para trabajar en un ambiente limpio.

- Cualquier fuente de generación de polvo es colocada por debajo del nivel de operación del elemento terminal.
- Todos los tubos y cables son acomodados dentro del cuerpo del robot.
- Todas las unidades motrices son equipadas con cubiertas.
- El ambiente interior del robot es extraído.
- Se utiliza grasa especial, la cual no se evapora ni genera polvo.
- Se emplean superficies pintadas y recubiertas.

Como resultado de la aplicación de las recomendaciones, el nivel de limpieza de robot es clase 100 para partículas de 0.3 micras.

En el artículo no se explica como se determina el nivel de limpieza del robot, tampoco como se realizaron las pruebas ni en que zonas.

[Centro de Sistemas Robóticos en Microelectrónica de la Universidad de California, 88]

En el Centro de Sistemas Robóticos en Microelectrónica de la Universidad de California, diseñaron y construyeron un robot de coordenadas cilíndricas compatible con el vacío.

El diseño consistió en modificar un robot clase 10 marca GMF-E-310.

La modificación del robot consistió en aislar la parte inferior del robot en la cual se tienen los mecanismos internos del robot del ambiente de vacío como se muestra en la fotografía 2.6 (ver anexo 1).

Las pruebas realizadas al robot modificado fueron de repetibilidad y backlash y mostraron que la suavidad de movimientos en vacío requiere de encoders de alta resolución y actuadores de alta precisión, también se mostró en las pruebas, que la rotación incrementa la fricción del sistema y degrada el funcionamiento del robot. La fricción es causada por los tres fuelles de teflón que están comprimidos entre las articulaciones y los cuales son utilizados para sellar los componentes internos del ambiente de vacío como se muestra en la fotografía 2.7 (ver anexo 1).

El rango de pérdidas en este tipo de fuelles está en función inversa a la carga de compresión, ya que se incrementa la fricción y por lo tanto hay una mayor degradación.

Finalmente los autores indican que el robot diseñado a partir de uno ya existente, resultó una alternativa, pero la condición de trabajo en vacío se ve grandemente afectada debido a la degradación de los materiales utilizados en los fuelles, los cuales son necesarios para aislar el ambiente de vacío del ambiente al que se encuentran sometidos los mecanismos internos del robot (presión atmosférica).

[Nagaraj, 87]

En este artículo se manifiesta que la contaminación generada por dispositivos tales como robots y grippers usados en la industria de los semiconductores y de la microelectrónica están recibiendo una gran atención debido al efecto negativo que tienen sobre la productividad.

El objeto de este artículo es resumir la caracterización de dos dispositivos en cuanto a la generación de partículas durante su operación, para así determinar la influencia del diseño sobre rangos de generación de partículas.

El primer dispositivo caracterizado es un transportador de cadena utilizado para transportar pallets de discos. El segundo es un posicionador de precisión.

Las pruebas fueron realizadas en un ambiente limpio clase 10 y las partículas fueron contadas y medidas en muestras tomadas en un espectrómetro de aerosol capaz de detectar partículas hasta de 0.2 micras de diámetro.

En la investigación se encontró que el transportador de cadena genera hasta 6×10^6 partículas por pie cúbico de aire. El posicionador de precisión fue compatible con un nivel de limpieza Clase 10.

Las conclusiones del trabajo fueron, que el desgaste de componentes en movimiento es una de las principales fuentes de generación de partículas contaminantes y que el diseño de mecanismos puede afectar grandemente los rangos de generación de partículas.

El manejo de variables como la carga y velocidad tienen una influencia significativa sobre la generación de partículas.

[Mechanical Engineering, "Clean Machine", June/1987.]

El artículo muestra un robot tipo SCARA introducido por GMF (General Motors and Fanuc Limited of Japan) disponible en la versión clase 10, el cual es mostrado en la fotografía 2.8 (ver anexo 1).

Las modificaciones de diseño permitieron obtener el nivel de limpieza sin una reducción en la repetibilidad, precisión y capacidad de carga.

El robot es utilizado en el ensamble de "disk drivers" de computadora, en la fabricación de circuitos en la industria de los semiconductores y en la industria del empaquetado estéril de dispositivos médicos y farmacéuticos.

La principal fuente de contaminación del robot está en el eje vertical, pero las partículas que se pueden escapar siempre están debajo de las piezas de trabajo. De cualquier modo el acabado epóxico, sellado de rodamientos en los ejes rotacionales, utilización de tornillos de acero inoxidable y cableado interno, hacen improbable la emisión de partículas.

Pruebas mostraron que el robot produce solamente 3 partículas de 0.5 micras por pie cúbico.

[Elhauge, 86]

El autor indica la conveniencia de que un robot utilizado para transportar discos de silicio sea confiable desde los puntos de vista de precisión y repetibilidad.

El robot que se presenta en el artículo tiene 6 grados de libertad y se utiliza para retirar y colocar discos de silicio de una casetera a otra, tal como se muestra en la fotografía 2.9 (ver anexo 1).

En el artículo se presentan algunas técnicas para obtener una alta repetibilidad en el robot de seis grados de libertad pero no muy buena precisión.

[Nava, 85]

En este artículo se menciona que las tres fuentes de generación de partículas que causan pérdidas en la productividad en el trabajo realizado dentro de cuartos limpios son: equipo de proceso, materiales y personas. Además el incremento en el tamaño de los discos de silicio trae consigo mayores áreas susceptibles de ser contaminadas. Nuevos conceptos como la utilización de ferrofluidos han ayudado.

En este artículo se presenta un brazo de 6 grados de libertad montado en un vehículo de guía automática (AGV). El robot es utilizado para cargar y descargar contenedores, en la fotografía 2.10 (ver anexo 1). se muestra una fotografía del robot.

El diseño aerodinámico del robot reduce la turbulencia en el aire cuando está en movimiento, además se utilizan materiales de baja generación de partículas.

[Ferris, 85]

La pregunta básica al utilizar un robot en aplicaciones de cuarto limpio, es que nivel de limpieza se puede esperar como resultado de su uso dentro de un cuarto limpio. Este artículo describe los experimentos que se realizaron para encontrar la respuesta a la pregunta.

El objetivo de los experimentos es determinar el nivel de limpieza de un robot en un cuarto limpio clase 100 y compararlo con el nivel de limpieza de un operador humano, lo anterior se realizó midiendo el número de partículas depositadas sobre la superficie de un disco durante su manejo, tanto por un robot como por un operador humano.

El robot utilizado es un robot PUMA 5000 (Unimation, Inc.) como el mostrado en la fotografía 2.11 (ver anexo 1), cada una de las juntas fueron rotadas individualmente y simultáneamente a varias velocidades.

El nivel de limpieza del robot fue clase 100 generando en un orden de 1 a 2 órdenes de magnitud menos partículas que el operador humano, por lo tanto, la superficie de los discos manejados por el robot presentaron menos partículas que los manejados por el operador humano.

[Wright, 84]

Este artículo discute el uso de los robots en ambientes limpios para la producción de dispositivos electrónicos, con lo cual se espera obtener una mayor productividad.

Una de las consideraciones para el uso de robots, es que se tiene un predecible y consistente nivel de generación de partículas y por lo tanto se tiene la posibilidad de minimizar dicho efecto.

Las áreas importantes cuando se evalúa el nivel de limpieza en un robot son: áreas selladas, componentes con movimiento relativo, motores y cables.

Áreas con movimiento rotacional y lineal, son la primera causa de generación de partículas en la mayoría de los sistemas robóticos.

El modo de operación normal de un sello es estar montado en contacto con una superficie en movimiento, por lo tanto, el material del sello debe ser duro para minimizar el rompimiento y posterior desgaste y evitar un alto nivel de contaminación.

El sistema de cableado es un área de problema potencial en los robots, cuando el robot se mueve, los cables son flexionados considerablemente y el movimiento relativo entre los cables genera niveles moderados de partículas.

Los materiales recomendados para trabajar en ambientes limpios son los aceros inoxidable. Los componentes de teflón no son recomendados por el alto nivel de generación de partículas durante el contacto con otras partes que están en movimiento.

En el artículo, el autor concluye que aún cuando se evite la salida de partículas en las articulaciones, el uso de sellos, son una fuente de contaminación, ya que están en contacto con superficies en movimiento.

El teflón no se recomienda cuando está en contacto con otros materiales en movimiento.

[Wyman, 84]

El autor menciona que existen investigaciones en las cuales se reporta que en compañías del Reino Unido se ha invertido una gran cantidad de recursos para la construcción de cuartos limpios debido a la creciente demanda en la industria de la microelectrónica.

Las especificaciones de un cuarto limpio cubren, temperatura, humedad, número y tamaño de partículas en el ambiente de trabajo.

Los filtros son la clave para la eficiencia del cuarto y la dirección del flujo de aire laminar vertical de la parte superior al piso del cuarto limpio también.

[Dorf, 82]

El artículo presenta la utilización de un robot para cuartos limpios en el control de procesos.

El robot es utilizado para transferir contenedores de discos de silicio en un proceso de baño en ácidos, esta operación no puede ser realizada por un operador, ya que si un primer contenedor de discos de silicio se mantiene por un cierto período de tiempo en un baño de ácido, y el segundo contenedor se mantiene por un período de tiempo diferente y mayor al primero, es inaceptable en la calidad del producto.

El uso de un robot para realizar la operación con la misma precisión para todos los contenedores permite tener control en el proceso.

En la fotografía 2.12 (ver anexo 1) se presenta el robot para realizar la transferencia substituyendo el brazo de un operador, con lo anterior se tiene un mejor control en el proceso, reflejando una mayor productividad y por lo tanto, el desperdicio es casi nulo.

Además, el sistema no para a tomar café, puede trabajar tiempos extras y por lo tanto se incrementa la relación costo-beneficio.

El autor menciona que los robots para cuartos limpios tienen requerimientos de diseño específicos como: súper niveles de limpieza, habilidad de comunicación, confiabilidad de trabajo, facilidad de reparación, lenguajes de programación para tomar decisiones y capacidad de sensado para proveer de una retroalimentación inteligente.

Existen diferentes áreas críticas en el diseño de un robot para cuartos limpios que tienen efecto directo con el nivel de limpieza.

La mayor fuente de contaminación de un robot que maneja discos de silicio y contenedores son las juntas cercanas al elemento terminal (ver fotografía 2.13 en el anexo 1)

Las articulaciones rotacionales tienden a producir menos contaminación que las articulaciones lineales, debido principalmente al uso de sellos.

Un ejemplo de sello de laberinto ultralimpio, son los sellos de ferro-fluidos, los cuales entrapan las partículas generadas en el interior del brazo.

Los mecanismos del gripper tienen un efecto de generación de partículas (se utilizan sellos para evitar la salida).

En este artículo se aprecia la conveniencia de tener un control de los procesos mediante la automatización para incrementar la relación costo-beneficio, mayores niveles de limpieza, control de procesos y flexibilidad de procesos son mucho más fácilmente obtenidos por la automatización, utilizando robots y equipo automático.

El artículo no presenta la evaluación del nivel de limpieza de la articulación ni del robot.

[Morgan, 80]

El autor explica el procedimiento para la fabricación de circuitos integrados, resaltando que el proceso llamado "Pattering" el cual, es altamente sensible al daño por partículas contaminantes.

El autor indica que para tener control de partículas, es a través del uso de cuartos limpios, en los cuales, se tiene aire filtrado como medio de limpieza. Y aún cuando los trabajadores utilicen el vestuario adecuado, aproximadamente generan 50 partículas de 2 micras de diámetro por pie cúbico de aire por minuto y esto, está por encima de los requerimientos actuales.

El autor propone como medio para eliminar las partículas contaminantes el uso de robots industriales compatibles.

Menciona que la clave para permitir una exitosa automatización, es la existencia de robots industriales ultralimpios capaces de reemplazar a todos los operadores humanos.

El autor presenta un robot diseñado por GMF, cuyas principales especificaciones son: un robot servocontrolado, sus movimientos son electromecánicos, de coordenadas cilíndricas, y utiliza un controlador "Karel".

En el artículo, el autor propuso la siguiente clasificación en cuanto a materiales y mecanismos que generan partículas.

- Materiales y mecanismos de bajos rangos de emisión de partículas contaminantes.

- Materiales y mecanismos que emiten partículas pero pueden ser modificados para producir menos.
- Materiales y mecanismos que emiten un alto rango y no pueden ser modificados.

El autor expuso entre las principales causas mecánicas de generación de partículas las siguientes:

- Desgaste mecánico de los componentes que están en contacto o tienen movimientos relativos.
- Partículas generadas por lubricación de componentes.
- Erosión química de superficies.
- Erosión mecánica de superficies.

En el artículo se presentan valores de emisión de partículas de algunos componentes mecánicos, se indica que las pruebas se realizaron en un cuarto con filtros HEPA, el personal utilizó vestimenta apropiada y los tiempos de prueba oscilaron entre los 30 min. y 2 hrs.

El autor concluyó lo siguiente, respecto a la disminución de partículas contaminantes:

- Eliminar los generadores de partículas conocidos.
- Todos los mecanismos se sellan con sellos de laberinto, algunos rodamientos se fabrican de teflón, se emplea lubricante, algunos rodamientos son sellados y las bandas son de uretano.
- Se empleo un sistema de extracción de aire que descarga fuera del cuarto limpio.
- El diseño de la carcaza contempló aspectos aerodinámicos.
- En la tabla 2.1 se presentan algunos valores de la cantidad de partículas emitidas por componentes utilizados en el robot presentado.

Componente	Velocidad de prueba	Partículas/minuto (0.3-1.5 micras)
Motores de DC	@ 2000 rpm	28,000
Servomotores de AC	@ 2000 rpm	1,800
Motores de paso	@ 1000 rpm	1, 200
Rodamiento de bolas (lineal sobre flecha endurecida)	@ 60 ft/min	1,100

Tabla 2.1 Generación de partículas de algunos componentes típicos.

En el artículo se recomiendan materiales, acabados y componentes que presentan compatibilidad con los requerimientos de limpieza exigidos por la industria de los semiconductores y de la microelectrónica.

El robot GMF E-310 excedió el nivel de limpieza clase 10, las regiones monitoreadas fueron dentro del volumen donde el robot manipula los discos de silicio.

La aportación de este trabajo es que fueron desarrolladas algunas reglas de diseño basadas en la investigación de numerosas pruebas que se realizaron a varios materiales, componentes y superficies tratadas. Además un robot para aplicaciones limpias debe ser muy preciso, de fácil limpieza y sus movimientos deben estar libres de vibración.

[Brooks Automation, 80]

La empresa "Brooks Automation" reconoce el valor de aislar, integrar y automatizar los procesos en ambientes de vacío.

Minimizar la generación de partículas requiere de innovaciones en los elementos mecánicos y sistemas de control. Por ejemplo, en el diseño de eslabones se deben eliminar los contragolpes, evitar movimientos indeseables en los discos de silicio mediante un preciso perfil de velocidades y eliminar los movimientos relativos de los componentes principalmente en el brazo y elemento terminal.

En la fotografía 2.14 (ver anexo 1) se muestra el robot llamado "frog leg" diseñado para manejar discos de silicio, cuenta con un simple brazo mecánico que retira el disco de una casetera y lo coloca en el área de trabajo. Una vez que el disco ha sido

transferido se regresa dejando el área de proceso o inspección libre, el robot tiene 3 movimientos, se extiende/retrae, se levanta/baja y rota.

2.5.2 Artículos relacionados con el Desgaste en Rodamientos.

[Shima, 97]

El artículo propone una alternativa en el diseño de rodamientos de bolas para reducir desgaste tipo fretting basado en los resultados obtenidos de la realización de análisis numéricos y análisis experimentales. La propuesta consiste en incrementar una pequeña proporción el radio interno de curvatura de las pistas internas y externas. Los resultados obtenidos en relación a la reducción de desgaste, es confirmada experimentalmente incrementando el radio de curvatura en la pista interna de 4.02 a 4.21 mm. para una bola de radio de 3.97 mm.

[Wang, 97]

Este artículo presenta una investigación de los micromecanismos que se producen durante el desgaste de deslizamiento en diferentes microestructuras del acero al carbono a través del estudio de la relación entre la resistencia al desgaste y el consumo de energía durante el deslizamiento seco.

Este artículo presenta la composición química del material, los parámetros de prueba fueron; carga, velocidad de deslizamiento y distancia de deslizamiento.

El volumen de desgaste fue calculado por la pérdida de peso y el desgaste de la superficie se examinó con un microscopio electrónico de barrido.

Los resultados mostraron que el volumen de desgaste se incrementa rápidamente con el incremento de la carga y velocidad.

También se investigó la relación entre el volumen de desgaste y la dureza Vickers del acero cuando se aplican diferentes cargas.

En el caso de trabajo suave, la resistencia al desgaste se incrementó con la dureza. Sin embargo, en el caso de trabajo severo, la resistencia al desgaste decrece cuando la dureza se incrementa. Esto puede parecer que mayor dureza no necesariamente significa mejor resistencia al desgaste.

Esto significa que el considerar en la mayoría de las ecuaciones de desgaste la dureza del material como un parámetro principal, es inadecuado.

[Ohta, 96]

Rodamientos con bolas cerámicas y anillos de acero son ampliamente utilizados en husillos de máquinas herramienta (operación de alta velocidad), en lugar de rodamientos de acero convencionales. Lo anterior debido a que la generación de calor es menor que en los rodamientos de bolas de acero además de mejorar el funcionamiento.

Este artículo estudia el efecto de las vibraciones de un rodamiento cerámico comparado con su similar rodamiento de bolas de acero convencional.

[Prater, 95]

En el artículo se presenta una matriz experimental para determinar como los parámetros de diseño de rodamientos afectan el desgaste y generación de partículas. La matriz tiene 15 celdas (3x5), donde las variables son: la curvatura de la pista del rodamiento y el juego radial. Los rodamientos también tienen dos parámetros dimensionales medidos que describen la habilidad de acomodar errores de manufactura conocidos como ángulos toe y camber, ellos representan el juego axial y ángulo libre respectivamente. Un análisis fue hecho con los parámetros con respecto al desgaste y conteo de partículas. Se encontró que el desgaste tiene una fuerte correlación con el ángulo y el juego axial. El conteo de partículas tiene una fuerte correlación con el ángulo libre, ángulo toe y el ancho de la huella de desgaste.

[Seki, 95]

En el artículo se presentan pruebas realizadas a tres rodamientos de bolas fabricados con polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) a temperaturas por arriba de los 500 °C y velocidades de 600 rpm bajo una carga axial de 50 [N] en vacío.

Se observó que la vida se decrementó cuando se incrementa la temperatura, se propuso el uso de lubricante sólido sobre las bolas y pistas como una opción de mejora de la resistencia al desgaste.

Al realizar las pruebas, se observaron pequeñas muestras de desgaste alrededor de las 1400 hrs. de operación de los rodamientos.

[Fisher, 94]

El efecto de las diferentes velocidades de deslizamiento en la fricción y desgaste del polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) ha sido investigado en un aparato eje sobre disco usando suero bovino como lubricante. Los ejes de UHMWPE fueron deslizados a velocidades de 35 y 240 mm/s y una rugosidad superficial de 0.014-0.078 micras. Se encontró que el coeficiente de fricción estaba entre 0.07-0.2 y no es dependiente de la velocidad de deslizamiento. Los valores más altos de fricción fueron encontrados con una rugosidad de 0.042 micras. La velocidad de deslizamiento tiene poco efecto en el desgaste. Un incremento en la rugosidad incrementó el factor de desgaste más de 20 veces. Los resultados muestran claramente que la variación en la velocidad de deslizamiento tiene solo pequeños efectos en el desgaste de los ejes de UHMWPE comparado con los cambios en la topografía de las superficies. Los resultados indican que es razonable acelerar las pruebas de desgaste de disco, incrementando la velocidad de desgaste dentro de un rango específico, pero es esencial controlar la topografía de la superficie.

[Hoge, 94]

Las experiencias de pérdidas económicas en la industria a consecuencia directa de los procesos relacionados con el desgaste, es una razón importante para poner atención al problema de la cuantificación del desgaste y comparación entre materiales.

La abrasión es un fenómeno que resulta del desgaste de materiales en contacto. El desgaste depende de factores como: coeficiente de fricción, dureza, condiciones abrasivas, temperatura, tiempo, ambiente y carga principalmente.

Uno de los métodos más utilizados para determinar desgaste, es midiendo la diferencia de peso.

En el trabajo se muestra una tabla comparativa de resistencia a la abrasión de una cierta cantidad de materiales metálicos.

[Ogawa, 93]

En este artículo se describen los resultados de experimentos en cuanto a la duración de rodamientos de bolas lubricados, bajo condiciones de alto vacío (10^{-4} Pa.), alta temperatura (300 °C) y alta velocidad (9000 rpm).

Los rodamientos fueron recubiertos tanto en sus pistas como las bolas, la durabilidad de los rodamientos aumentó a 300 hrs.

La transferencia de la película de lubricación y compuestos de material, mejoran el torque y las propiedades de desgaste.

Cuando se tienen rodamientos con bolas de silicón y pistas de acero, el desgaste ocurre sobre el anillo interno. Todos los rodamientos cerámicos tienen mejores propiedades de resistencia al desgaste.

Los rodamientos de bolas utilizados en equipo especial y en la industria de los semiconductores son lubricados con lubricantes sólidos, pero esto acorta la vida útil.

[Chase, 92]

Extensivos experimentos se han realizado en rodamientos utilizados en turbobombas de naves espaciales para determinar los modos de desgaste dominante y causas.

Los rodamientos presentan excesivo desgaste debido a las condiciones de trabajo que son temperaturas criogénicas, altos gradientes térmicos y cargas elevadas, además influyen la instalación y técnicas de mantenimiento.

No existen bases de datos disponibles sobre el rango de vida de estos rodamientos, excepto guías generales.

Los rodamientos para esta aplicación son hechos de acero inoxidable 440.

Entre los resultados más importantes se encontró que las bolas presentan una gran variedad de patrones de desgaste. Desgaste sobre los anillos y separadores no fueron muy variables, las bolas presentaron una pérdida diametral de 0.0025 mm y otras tuvieron pérdida diametral de hasta 0.0125 mm, lo anterior se atribuyó al desbalanceo dinámico que se tiene.

El mayor desgaste se presentó en un rodamiento que se sometió a ciertas condiciones de prueba durante 132 minutos en la turbobomba.

El modo de desgaste que se identificó que produjo mayor desgaste fue el desgaste adhesivo en las capas superiores de las bolas y pistas.

La contaminación de partículas sólidas que entran al rodamiento, también contribuyen significativamente al desgaste.

[Seiki, 92]

El artículo muestra 3 experimentos para evaluar el funcionamiento en vacío de un rodamiento de bolas lubricado con aceite sintético y grasa.

Los rodamientos se sometieron a 2000 rpm, a una carga axial de 50 N y a un vacío de 10^{-4} Pa. Cerca del 10% del peso de la grasa se perdió durante la prueba, debido a la evaporación del lubricante.

El rodamiento corrió exitosamente en un período de 24,400 hrs., lo que correspondió a 3×10^9 revoluciones.

Otro rodamiento de bolas de contacto angular cubierto con una película de PFPPE tuvo una vida de 280 hrs. (5.0×10^6 rev) en el aire y 25 hrs. en vacío (4.5×10^5).

En el artículo se menciona que aún utilizando lubricantes sólidos como un excelente lubricante en rodamientos para ser usados en ambientes de vacío, los rodamientos mecánicos presentan vida finita, en el artículo se indica una duración de 24,400 hrs. de trabajo correspondiente a 3×10^9 ciclos de trabajo. Un rodamiento de contacto angular dura mucho menos ciclos trabajando. Además durante los experimentos se presentó evaporación del lubricante aproximadamente un 10% del peso.

[Orlow, 91]

El estudio presenta que variando los parámetros dimensionales en las pistas y guías de un rodamiento de bolas, es posible obtener una distribución de carga sobre una zona de contacto más deseable, con lo cual se ofrece la oportunidad de incrementar la

capacidad de carga disminuyendo la presión de contacto. La fuerza de rodadura puede ser disminuida entre 30% y 40%.

En la investigación se encontró que una relación entre el radio de curvatura y diámetro de la bola de 0.505 incrementa considerablemente la durabilidad, pero aún así existen cambios en el claro radial como resultado del desgaste.

[Bunting, 90]

Los componentes de "Nitruro de Silicio" en rodamientos, ofrecen una potencial aplicación a altas temperaturas comparados con los rodamientos de acero, debido a que mantienen su dureza más allá de los 1100 °C, pero a estas temperaturas se deben utilizar lubricantes sólidos para mantener el desgaste en valores aceptables.

Generalmente los lubricantes sólidos son mezclas de óxidos y en muchos casos no realizan una separación completa entre las superficies, lo que hace que se presenten interacciones, con lo cual se presenta desgaste abrasivo o adhesivo en las superficies.

Una manifestación de desgaste en un rodamiento se puede apreciar como un cambio en la conformidad de la banda de contacto. El desgaste se puede cuantificar por el cambio en el radio de curvatura, pérdida de volumen total o cambio de peso.

Con el estudio, se demostró que es apropiado utilizar rodamientos de "Nitruro de Silicio" para trabajar en condiciones extremas de velocidad y temperatura, debido principalmente a lo que se ha hecho en nuevos materiales, lubricantes, diseño de rodamientos y procesos de manufactura.

Pero el desgaste en la pista y cambios en la geometría se presentaron. El desgaste puede ser evaluado con un equipo llamado perfilómetro de superficies digital, con el cual se puede determinar la profundidad de desgaste, localización del desgaste y cambios en la forma.

Por ejemplo, el monto de desgaste en el anillo del rodamiento fue de 0.0095 gr., pero esto fue suficiente para alterar la forma de la pista de 0.54 a 0.51 mm.

Aún con nuevos materiales, mejoras en el diseño de rodamientos, uso de lubricantes, el factor de desgaste se presenta y debido al cambio en el peso, se deben generar partículas que afecten los procesos en la industria de los semiconductores.

[Pathak, 90]

En este artículo se mencionan algunos requerimientos y pasos en el diseño de rodamientos de bolas, las principales características que debe tener un rodamiento de bolas son: baja fricción durante su operación, habilidad para soportar cargas, baja sensibilidad a las interrupciones de lubricación.

Por otro lado, uno de los componentes mas importantes en un rodamiento, es el separador el cual previene el contacto entre las bolas y reduce la fricción, desgaste y ruido en las regiones donde el deslizamiento puede ocurrir.

La manufactura de las pistas debe ser cuidadosamente pulida, para reducir la fricción y el material debe resistir esfuerzos de compresión y fatiga.

[Ioannides, 90]

En el artículo se menciona que una fuente común de daño en los rodamientos son los desechos de lubricantes que están en contacto entre los elementos rodantes y las pistas.

Existen estudios que se han concentrado en dos principales aspectos: a) Los mecanismos y predicción del daño por partículas en las pistas y elementos rodantes y b) Confirmación teórica de cómo daños localizados pueden reducir la vida de rodamientos.

Entendiendo lo complejo de tal predicción, se introdujo un método simplificado con una ecuación que utiliza un factor de ajuste que está en función de un factor de contaminación " ηc ", ya que los daños potenciales de contaminantes presentes en el sistema no solamente están en función del tamaño del rodamiento y partícula, sino también de las propiedades de la partícula, así como la probabilidad de que estas partículas estén en contacto.

El autor presenta una serie de experimentos para medir la vida útil de rodamientos cuando éstos son afectados por la contaminación de partículas introducidas.

2.6 Resumen de la información recopilada

La revisión de los artículos discutidos en la sección 2.5 cubrieron los siguientes aspectos:

- Fuentes de contaminación
- Criterios para el diseño de robots para cuartos limpios
- Aplicaciones industriales de robots para cuartos limpios
- Materiales
- Desgaste en rodamientos

Fuentes de contaminación

Diferentes autores mencionan que entre las principales causas mecánicas de generación de partículas contaminantes que se presentan en los robots para cuartos limpios son: el desgaste mecánico de los componentes que están en contacto o tienen movimiento relativo, la lubricación de componentes y la erosión de superficies [Morgan, 80].

Un buen número de autores coinciden en que los pares cinemáticos o juntas y el elemento terminal de los robots, son mecanismos altamente contaminantes ya que no pueden ser sellados herméticamente, y por lo tanto, no se puede asegurar que las partículas que se generan, no salgan al ambiente de trabajo y puedan depositarse en superficies sensibles.

El uso de sellos en las articulaciones, es otra fuente de contaminación debido al deslizamiento entre superficies, es por esto que algunos diseñadores de robots están trabajando en el diseño de nuevos materiales, diseño de articulaciones magnéticas y articulaciones de aire como alternativas al problema de la generación de partículas ocasionadas por el contacto mecánico [Higuchi, 91]

Otras fuentes de contaminación identificadas son: la evaporación de aceite y el continuo movimiento de cables.

Criterios de diseño

Uno de los principales criterios para el diseño de robots para cuartos limpios, es mantener todos los sistemas y componentes que están en movimiento dentro de espacios cerrados (encapsulados si es posible) para tener control sobre las partículas que se generan y mediante sistemas de extracción retirarlas fuera del ambiente de trabajo limpio [Gyorki, 2000].

El diseño de las carcasas debe contemplar aspectos aerodinámicos para perturbar lo menos posible el flujo de aire unidireccional que se utiliza en los cuartos limpios como medio de limpieza.

Por otro lado, las superficies deben ser lisas y nunca recubiertas para evitar puntos donde se puedan acumular partículas contaminantes.

Otro criterio de suma importancia es que los robots para cuartos limpios deben trabajar con movimientos suaves [Roth, 93], libres de vibraciones [Newboe, 91] y con bajas aceleraciones, ya que estos son factores que inciden directamente con la producción de partículas.

Se recomienda que para los sistemas motrices se utilicen servomotores sin escobillas.

Algunos autores presentan como una alternativa, la utilización de sellos dejando un pequeño claro entre el sello y el elemento en movimiento para disminuir el contacto de deslizamiento.

Para el diseño de robots para cuartos limpios es preferible la utilización de pares cinemáticos rotacionales que pares cinemáticos prismáticos [Dorf, 82].

Aplicaciones industriales

En la actualidad industrias como la microelectrónica, de los semiconductores, espacial, farmacéutica, médica y alimentaria, son industrias que requieren de robots que realicen operaciones con el menor riesgo de contaminar los productos que están manipulando. Además, la utilización de robots para cuartos limpios es para reducir los requerimientos de personal, mejoramiento de la productividad, reducir el potencial de contaminación y bajar los costos.

Materiales

El acero inoxidable y el aluminio anodizado son los materiales más recomendados para el diseño de robots para cuartos limpios [Wright, 94]

Los sellos de teflón y uretano empleados en las articulaciones producen pocas partículas pero algunos autores coinciden en que el teflón no es recomendado cuando se presenta contacto con otros elementos que están en movimiento debido a que al paso del tiempo se generan hojuelas de teflón [Wright, 94].

El neopreno es recomendado para ser utilizado como elemento para absorber vibraciones.

Bandas de uretano y poleas dentadas de aluminio son clasificados como elementos de baja emisión de partículas.

Desgaste en rodamientos

Primeramente es importante mencionar que se encontró evidencia de cómo modificando algunos parámetros de diseño de rodamientos de bolas afectan el desgaste y por lo tanto la generación de partículas, por ejemplo, incrementando el radio de curvatura de la pista interna con respecto al radio de la bola se disminuye el desgaste [Shima, 97].

Los principales parámetros considerados para evaluar la resistencia al desgaste que ocurre entre los componentes de un rodamiento mecánico son; la carga, la velocidad de deslizamiento y la distancia de deslizamiento [Wang, 97], [Prater, 95]

Se encontró que la velocidad de deslizamiento tiene poco efecto en el desgaste [Fisher, 94] y un incremento en la rugosidad incrementa el factor de desgaste.

Pero el volumen de desgaste se incrementa rápidamente con el incremento de la carga [Wang, 97].

Otro factor que contribuye significativamente al desgaste de los rodamientos mecánicos, es la entrada de partículas sólidas extrañas, las cuales pueden entrar en contacto con los elementos en movimiento y acelerar el proceso de desgaste y por consiguiente la rápida generación de partículas contaminantes.

Pero aunque se utilicen nuevos materiales para la fabricación de rodamientos, se propongan mejoras en el diseño de rodamientos, se utilicen lubricantes especiales, el factor desgaste se presenta con la consecuente generación de partículas contaminantes en procesos limpios siempre que exista movimiento [Ogawa, 93].

La búsqueda y análisis de información relacionada con la utilización de rodamientos y su nivel de generación de partículas permite concluir que es necesario realizar una más intensa investigación experimental que permita obtener mediciones confiables sobre la producción de partículas contaminantes.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN ROBOT PARA TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO

En este capítulo se presentan los resultados de las actividades más relevantes que se llevaron a cabo para realizar el diseño y fabricación del prototipo de robot para transportar discos de silicio.

La fabricación del robot se considera como una parte fundamental de la investigación doctoral para sustentar el trabajo experimental, y también para futuros trabajos relacionados con la línea de investigación de robótica (Cleanroom Robots) del CDM.

3.1 Necesidad

En la actualidad, la industria de la microelectrónica requiere de sistemas automáticos más sofisticados para transportar, manipular e inspeccionar sus productos. La principal característica que deben tener los sistemas automáticos, es que éstos no deben generar partículas contaminantes, o si las generan, puedan ser controladas para no contaminar principalmente discos de silicio, los cuales son utilizados como base para la manufactura de circuitos integrados.

Por esta razón, surge la necesidad de diseñar sistemas automáticos que puedan manipular, transportar e inspeccionar discos de silicio sin generar partículas contaminantes, para lo cual, primeramente se propone "*Diseñar un sistema automático capaz de transportar discos de silicio en un ambiente limpio Clase 1*", y posteriormente, "*Cuantificar el nivel de emisión de partículas contaminantes de diferentes mecanismos utilizados en el robot*".

3.2 Especificaciones y requerimientos generales

- ✓ **Automático** El sistema debe ser capaz de transportar discos de silicio sin la intervención de algún operador humano, siguiendo una secuencia predeterminada.

- ✓ **Limpio** El sistema debe trabajar dentro de un cuarto limpio Clase 1 con flujo de aire unidireccional.
- ✓ **Tamaño de los discos** El sistema debe ser capaz de transportar discos de silicio de 50 a 100 mm. de diámetro.

3.3 Especificaciones de diseño

Después de la revisión bibliográfica realizada principalmente en artículos científicos, revistas, catálogos, manuales, (ver capítulo 2)., relacionados con el diseño de robots para trabajar en cuartos limpios (Cleanroom Robots), se presentan las siguientes especificaciones iniciales de diseño para el segundo prototipo:

Volumen de trabajo: El volumen de trabajo que debe cubrir el robot, es un espacio cilíndrico de 900 mm. de diámetro y una altura mínima de 150 mm.

Rango de movimiento: El sistema debe transportar los discos en forma radial de una casetera a otra, debe rotar 360° en cualquier dirección y tener un desplazamiento vertical.

Discos de silicio a manejar: El robot debe ser capaz de manejar discos de silicio de 50 mm. a 100 mm. de diámetro.

Componentes: Todos los componentes y sistemas mecánicos del robot deben estar siempre por debajo de los discos de silicio.

Movimiento de los discos: Los discos de silicio siempre deben estar en posición horizontal y por encima de los mecanismos del robot.

Capacidad de carga: 1 [N]

Fuerzas sobre los discos: Los discos de silicio son extremadamente frágiles y no deben estar sujetos a movimientos de flexión ni a fuerzas de impacto.

Nivel de limpieza: Clase 1 o mejor (FED-STD-209E,[GSA, 1992]).

Repetibilidad: La repetibilidad requerida en los tres ejes de movimiento del robot deben ser iguales o mejores a ± 0.1 [mm]

Capacidad de trabajo: 800 discos / hora (transportar un disco a la vez).

3.4 Secuencia propuesta de movimientos del robot

La secuencia propuesta de movimientos del robot para realizar el transporte de los discos de silicio es la siguiente:

- Posicionamiento del brazo del robot frente a una primera casetera.
- Colocación del elemento terminal por debajo del nivel del disco que va a ser transportado.
- Introducción del elemento terminal en la primera casetera.
- Desplazamiento hacia arriba hasta tocar la superficie inferior del disco.
- El brazo se retira de la primera casetera con el disco sujeto.
- Desplazamiento rotacional del brazo para posicionarse frente a una segunda casetera.
- Desplazamiento hacia arriba o hacia abajo (según se requiera).
- Introducción del disco en el nivel correspondiente dentro de la segunda casetera.
- El disco es bajado en el nivel correspondiente.
- Desplazamiento del brazo para salir de la segunda casetera.
- Colocación del brazo en el centro del volumen de trabajo.

En la figura 3.1 se presenta la disposición de las caseteras con respecto al robot y en la figura 3.2 se presenta el diagrama de bloques de la secuencia de movimientos para facilitar la determinación de los sistemas básicos funcionales que debe tener el robot.

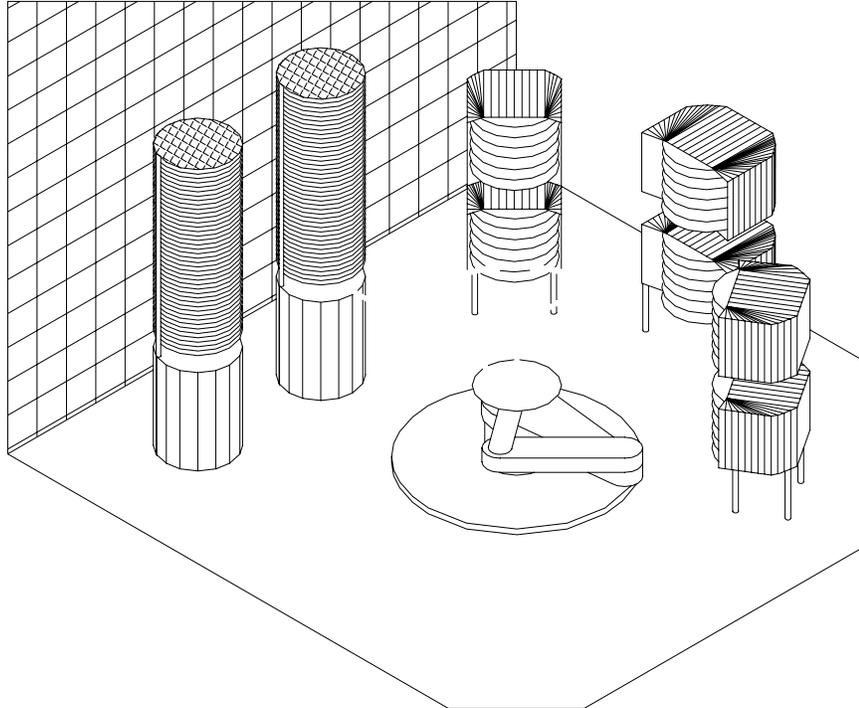


Figura 3.1 Disposición de caseteras con respecto al robot

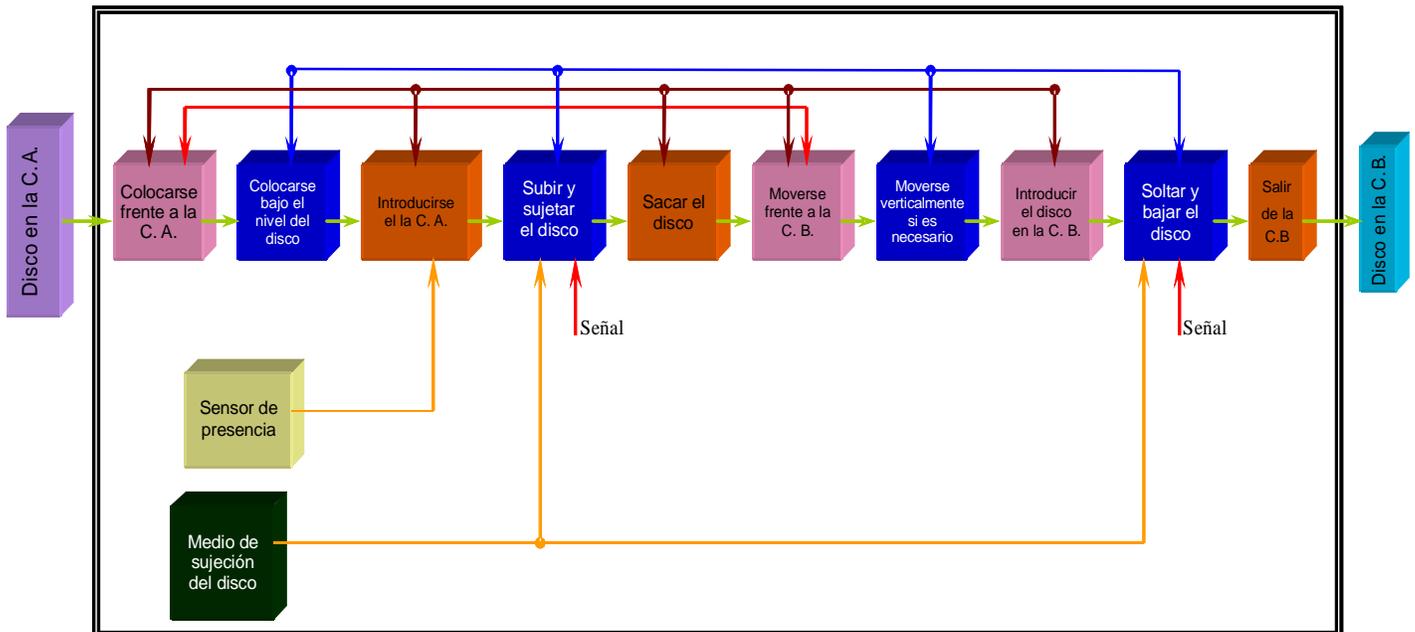


Figura 3.2 Secuencia de movimientos del robot

3.5 Propuesta de diseño

Es importante indicar que en esta sección solo se presentan los resultados de las actividades de diseño, fabricación y pruebas de funcionamiento del robot para transportar discos de silicio, la información detallada se encuentra documentada en dos trabajos de tesis de alumnos de licenciatura que han participado en el proyecto.

Con base en la secuencia de movimientos que debe realizar el robot, se propuso contar con tres movimientos independientes (funciones) para lograr el transporte de los discos de silicio de una casetera a otra casetera.

En la figura 3.3 se presentan los sistemas básicos funcionales para lograr la secuencia de movimientos que debe realizar el robot y en la figura 3.4 se presentan las relaciones entre la secuencia de movimientos y los sistemas básicos funcionales.

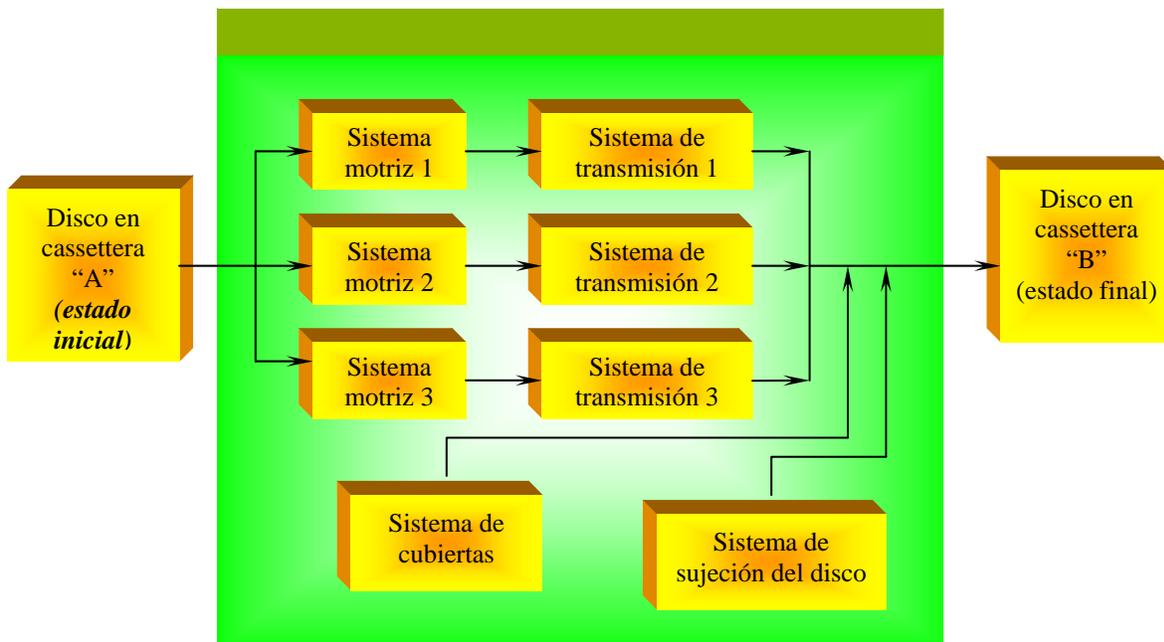


Figura 3.3 Estructura básica

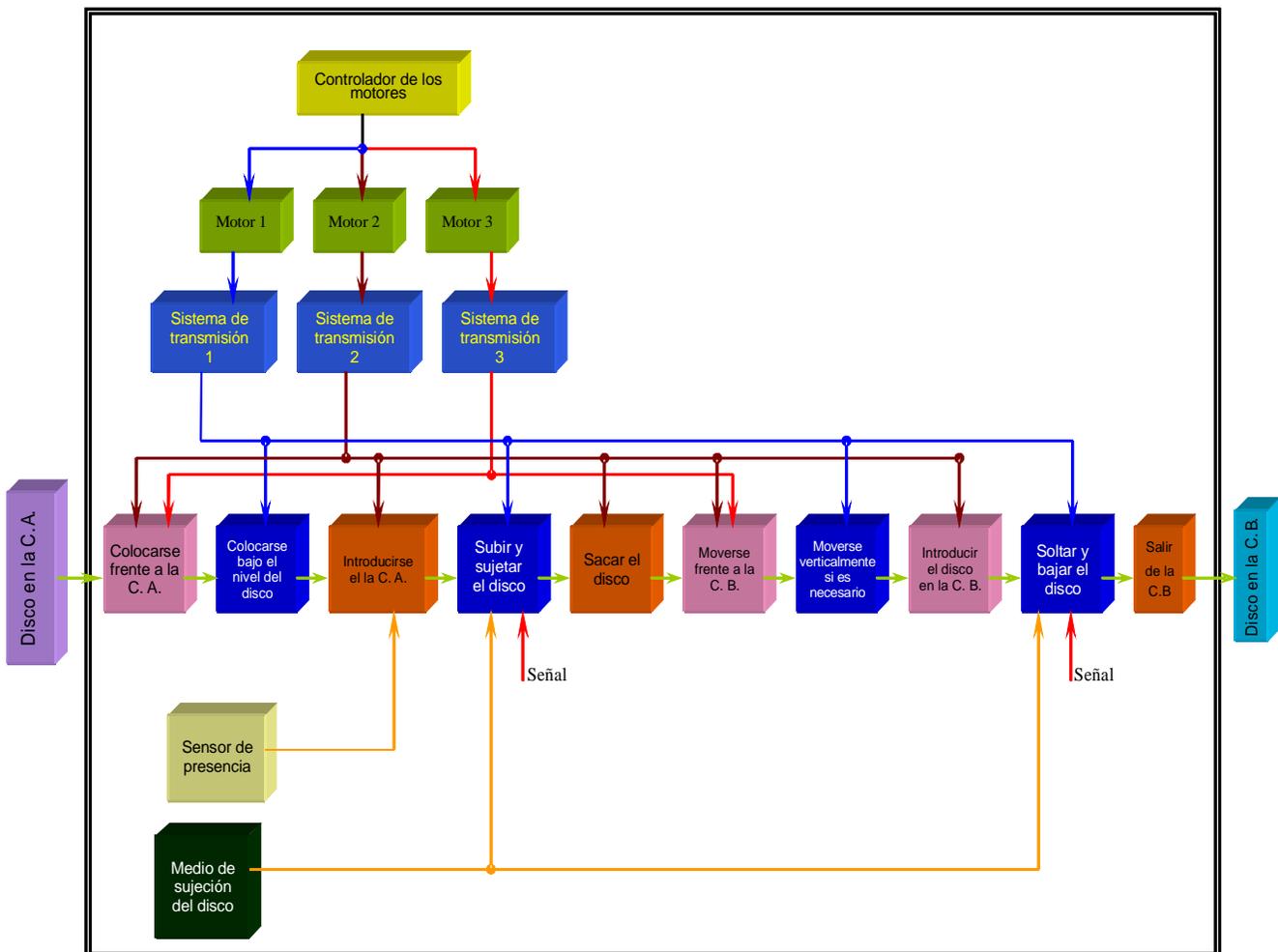


Figura 3.4 Relaciones entre los sistemas básicos y la secuencia de movimientos

3.5.1 Medios para realizar las funciones

El diseño del robot para transportar discos de silicio se basa principalmente en tres sistemas motrices con sus respectivos sistemas de transmisión, el sistema de sujeción de discos y el sistema de cubiertas.

El sistema motriz y de transmisión 1 proporciona el movimiento vertical de subida y bajada para posicionar los discos de silicio a diferentes alturas o niveles de las caseteras.

El sistema motriz y de transmisión 2 proporciona el movimiento tanto para retirar como para introducir los discos de silicio a las caseteras. Una condición importante de este sistema es que debe mantener en línea recta el elemento terminal con respecto a la casetera.

El sistema motriz y de transmisión 3 proporciona el movimiento rotacional para cambiar la posición angular el brazo del robot.

El sistema de cubiertas tiene la función de evitar la salida de partículas contaminantes generadas en el interior del cuerpo del robot. Las partículas son generadas principalmente por los diferentes mecanismos internos.

El sistema de sujeción es el encargado de mantener siempre el disco de silicio en el elemento terminal sin ejercer ningún tipo de carga para posteriormente colocarlo dentro de una casetera.

Configuración del robot

Para lograr el movimiento vertical de subida y bajada, se determinó utilizar un tornillo de bolas recirculantes de alta precisión [Morgan, 80]. Para obtener los dos movimientos rotacionales, tanto el de colocación de los discos de silicio como el de cambio de posición radial, se decidió por la alternativa del brazo articulado.

Para sujetar los discos de silicio se optó por la alternativa de montar el disco sobre el elemento terminal y mantenerlo mediante vacío.

Para el sistema de cubiertas se determinó utilizar cubiertas fabricadas con materiales pulidos grado espejo y esquinas redondeadas, además se determinó realizar la mayoría de los ensambles mediante ajustes de apriete de deslizamiento. En los casos donde se requirió sujeción con tornillos, éstos quedaron dentro de cajas y la caja se selló con silicón para evitar puntos donde se pudieran acumular partículas contaminantes [Morgan, 80]

3.6 Diseño de detalle

A continuación se presenta la descripción del funcionamiento de cada uno de los sistemas básicos funcionales propuestos para realizar el transporte de los discos de silicio de una casetera a otra.

3.6.1 Movimiento de cambio de posición angular del antebrazo.

Este sistema es el encargado de proporcionar el movimiento rotacional del antebrazo, obteniéndose el cambio en la posición angular como se muestra en la fig. 3.5

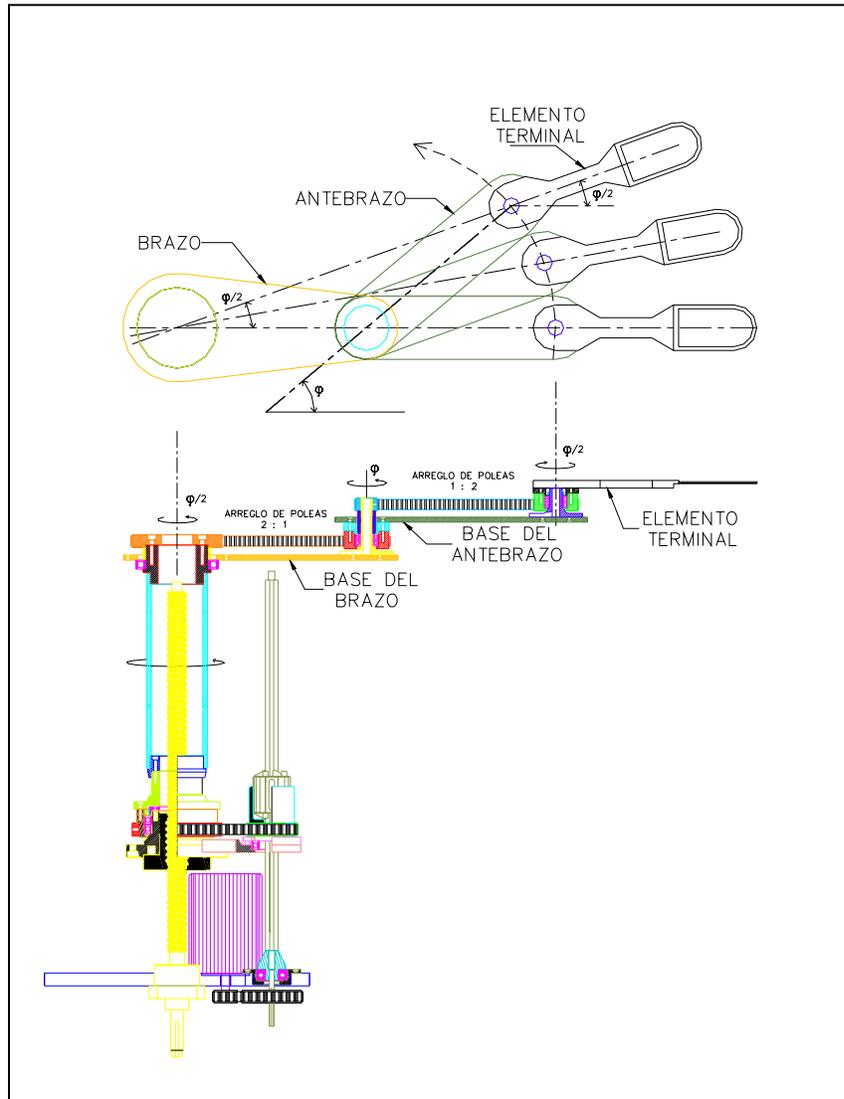


Figura 3.5 Movimiento del antebrazo

Funcionamiento del sistema:

En la fig. 3.6 se puede apreciar cada uno de los componentes que a continuación se mencionan.

El servomotor 1.1 se conecta al eje 1.3 a través de un arreglo de poleas y bandas dentadas 1.2. El movimiento rotacional del eje 1.3 se transmite a la polea 1.4 que se encuentra sujeta a la copa del spline (elemento rotacional). La polea 1.4 transmite el movimiento a través de una banda dentada a la polea inferior 1.5 del cilindro concéntrico interno 1.7. A través del sistema de coples 1.6 del cilindro concéntrico interno 1.7 se transmite el movimiento giratorio a la polea dentada 1.8 que se encuentra acoplada en la parte superior del cilindro, concéntrico interno 1.7. La polea dentada 1.8 se conecta a la polea 1.10 del sistema llamado codo mediante la banda dentada 1.9. La banda dentada 1.9 mueve el antebrazo 1.11 y a través de la relación de poleas 1.12, 1.14 y de la banda 1.13 se obtiene el movimiento del elemento terminal (ET).

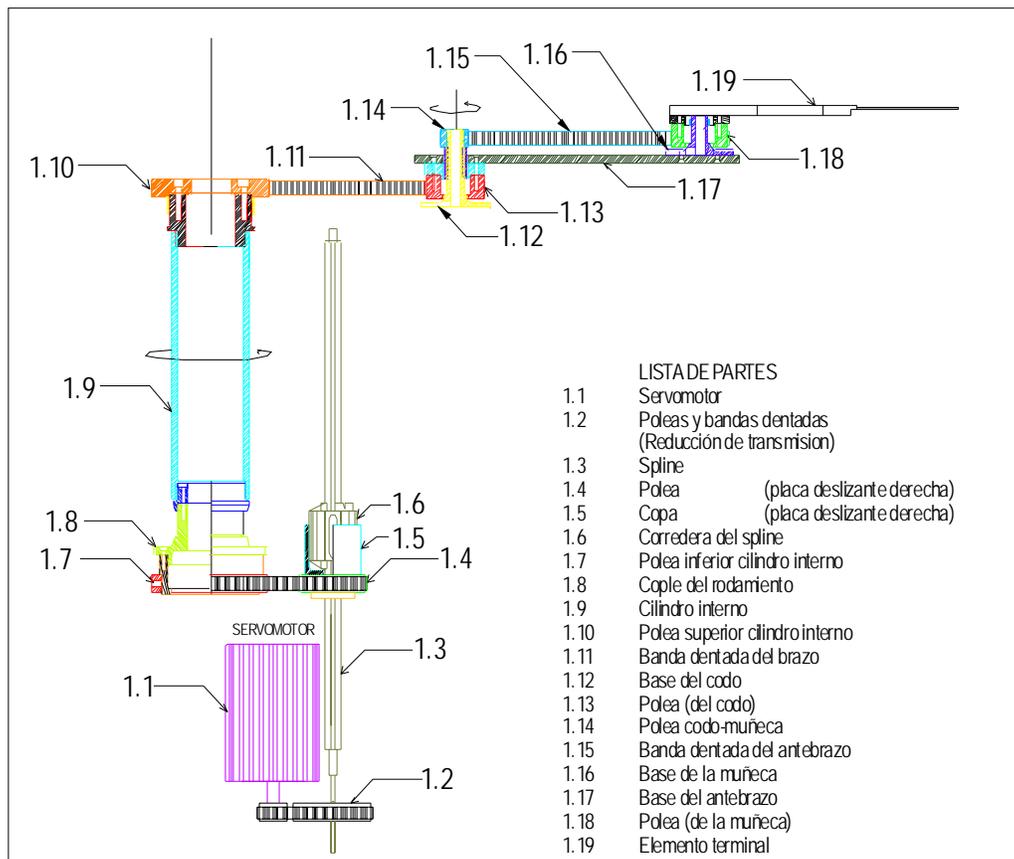


Figura 3.6 Funcionamiento del movimiento del antebrazo

3.6.2 Movimiento de retiro y colocación de los discos de silicio

Este sistema es el encargado de proporcionar el movimiento rotacional del brazo del robot, con el cual, se obtiene el desplazamiento lineal del elemento terminal como se muestra en la figura 3.7.

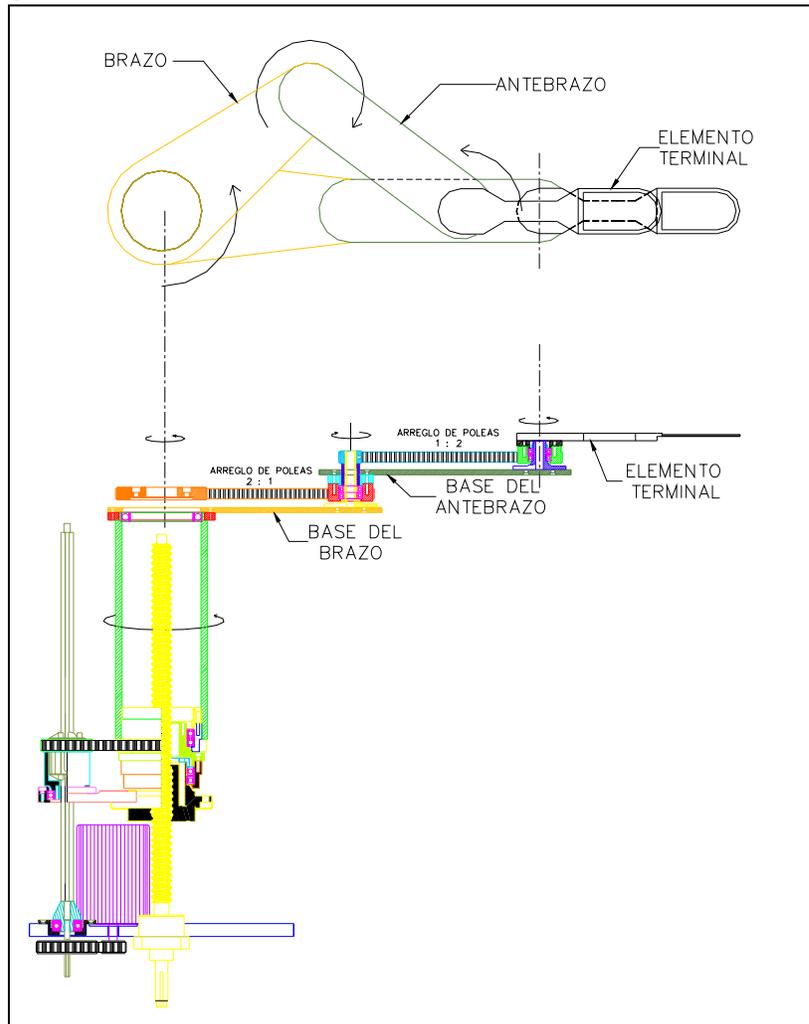


Figura 3.7 Movimiento del brazo

Funcionamiento del sistema:

En la fig. 3.8 se puede apreciar cada uno de los componentes que a continuación se mencionan.

El servomotor 2.1 se conecta al eje 2.3 a través de un arreglo de poleas y bandas dentadas 2.2. El movimiento rotacional del eje 2.3 se transmite a la polea 2.4 que se encuentra sujeta a la copa. La polea 2.4 transmite el movimiento a través de una banda dentada a la polea 2.5 colocada en la parte inferior del cilindro concéntrico exterior 2.7. A través del sistema de coples 2.6 se transmite el movimiento giratorio al

cople 2.8 en la parte superior del cilindro concéntrico exterior 2.7. El brazo se encuentra sujeto al cople 2.8, con lo que se logra su movimiento angular. Con el arreglo y relación de bandas y poleas 2.9 se logra el movimiento lineal del elemento terminal.

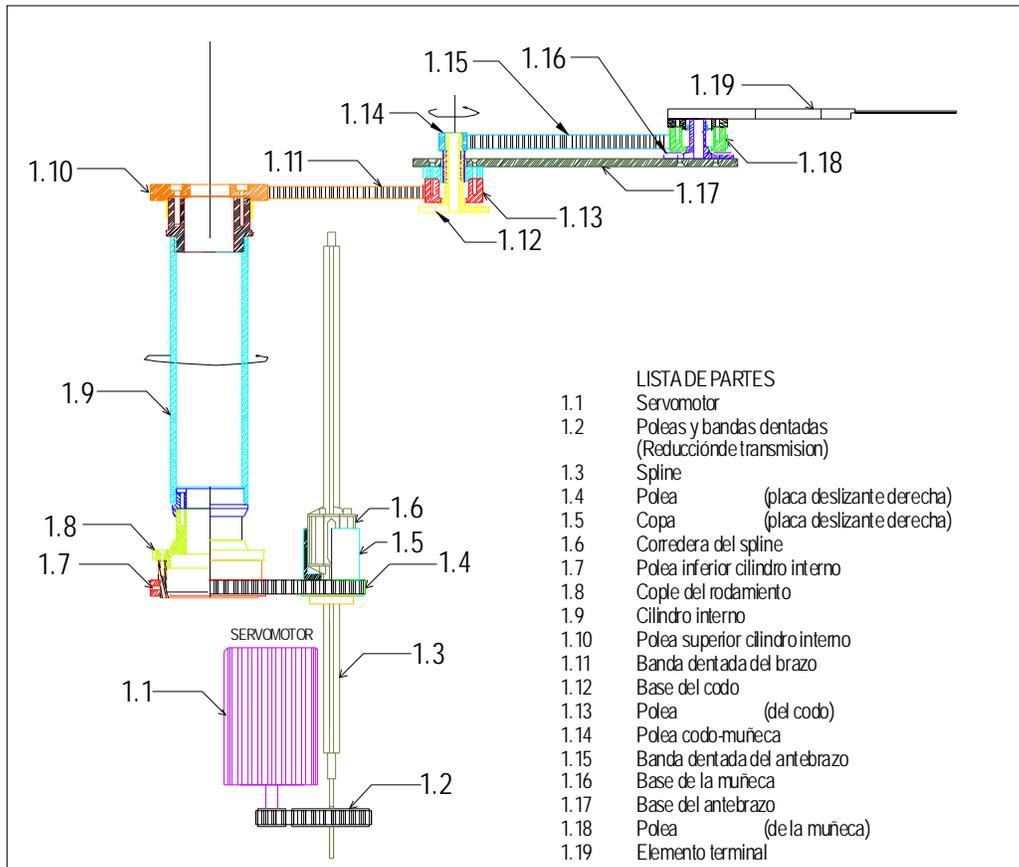


Figura 3.8 Funcionamiento del movimiento del brazo

3.6.3 Movimiento vertical de subida y bajada

Este sistema es el encargado de desplazar verticalmente el conjunto brazo-antebrazo-elemento terminal para cubrir cada uno de los niveles de las caseteras como se muestra en la figura 3.9.

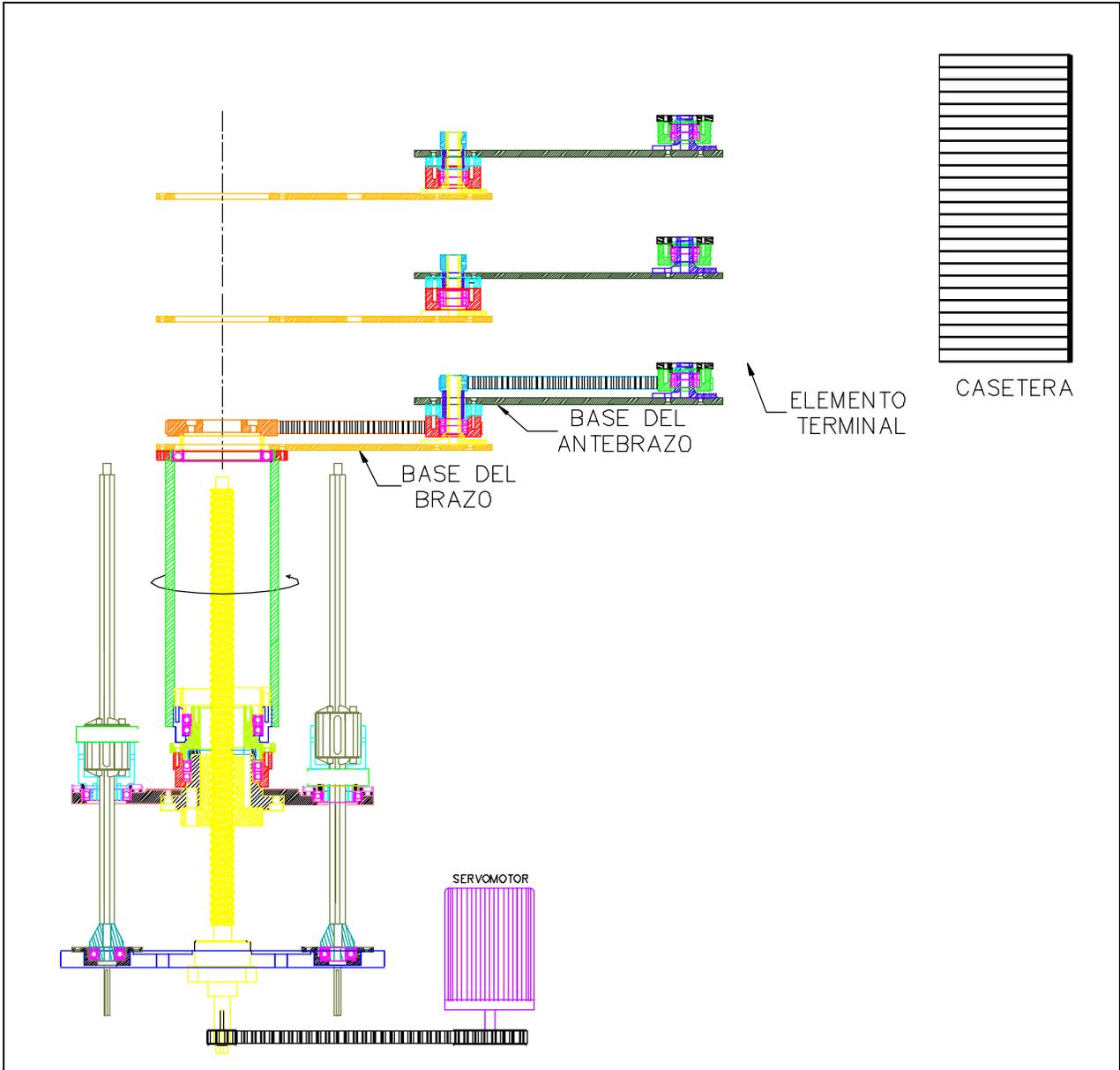


Figura 3.9 Movimiento de subida y bajada

Funcionamiento del sistema:

En la fig. 3.10 se puede observar cada uno de los componentes que a continuación se mencionan.

El servomotor 3.1 se conecta al tornillo de bolas recirculantes (TBR) 3.4 mediante un arreglo de bandas y poleas dentadas 3.2, el TBR esta sujeto en su extremo inferior

por una caja de rodamientos 3.3, obteniéndose solamente el movimiento rotacional del tornillo.

A1 hacer girar el TBR 3.4 en un sentido o en otro, hace que los cilindros concéntricos (interior y exterior) que están sujetos por un cople a la tuerca del tornillo 3.5, se desplacen hacia arriba o hacia abajo dependiendo del sentido de rotación del TBR.

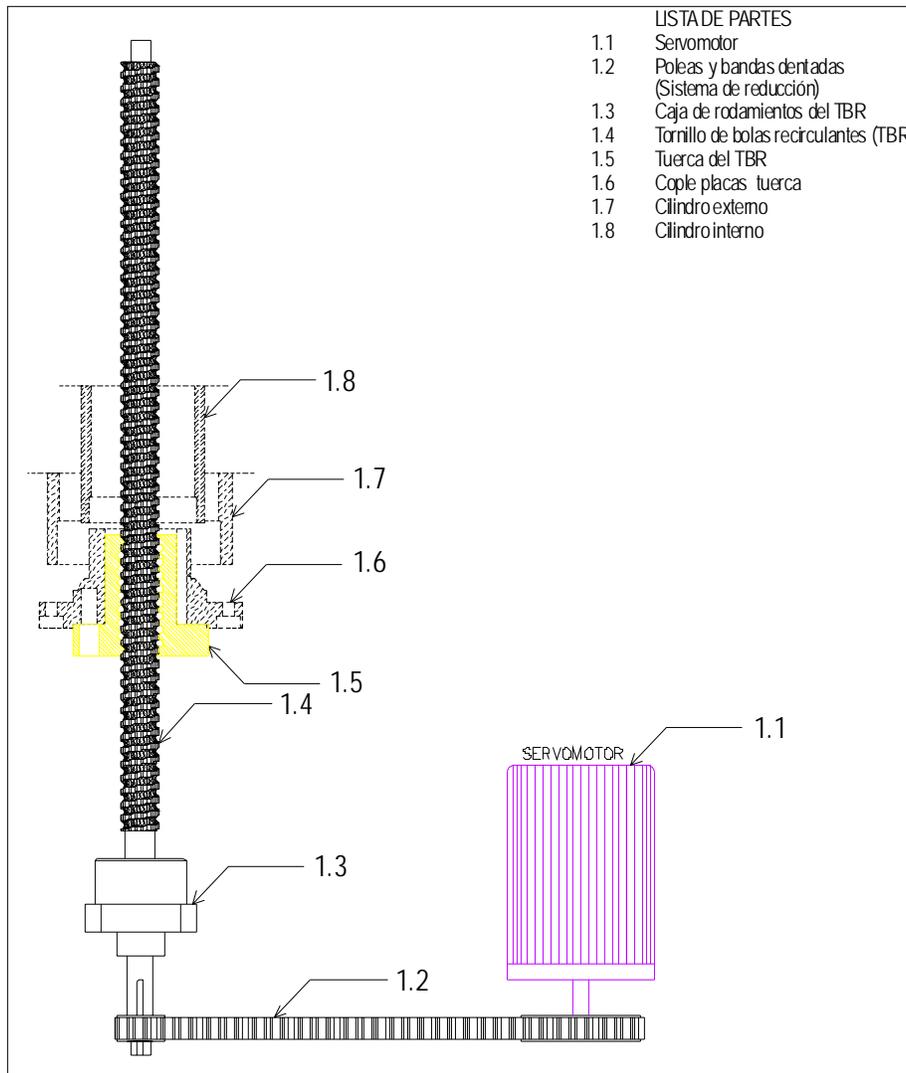


Figura 3.10 Funcionamiento del movimiento de subida y bajada

3.6.4 Secuencia de movimientos para tomar y colocar un disco de silicio en un arreglo radial de caseteras.

Se inicia el movimiento del robot desde la posición a) de la fig. 3.11, el brazo se extiende justo frente a la casetera pasando por las posiciones b) y c) hasta llegar a la

posición d), el brazo sube hasta hacer contacto con el disco, posición e), a continuación se toma el disco aplicando vacío y se traslada hasta la posición h) pasando por las posiciones f) y g).

Estando el disco en la posición h) , la extremidad del robot gira 180° colocando el disco en el extremo contrario, los movimientos j) y k) son similares a los movimientos b) y c) hasta llegar a la posición l) . En la posición l) se desconecta la presión de vacío del elemento terminal y el brazo baja hasta que el disco descansa en su lugar dentro de la casetera, quedando el brazo en la posición m), se repiten los movimientos b) y c) hasta llegar a la posición p). En la posición p) el robot gira 180° y regresa a la posición inicial a). La secuencia anterior se repite hasta llenar todos los niveles de un juego de caseteras.

Realizando una evaluación de tiempos, se obtuvo que para los movimientos indicados en la fig. 3.9 y considerando un desplazamiento vertical de 120 mm y una posición entre caseteras de 180°, se pueden transportar 790 discos/hora (4.55 seg/disco).

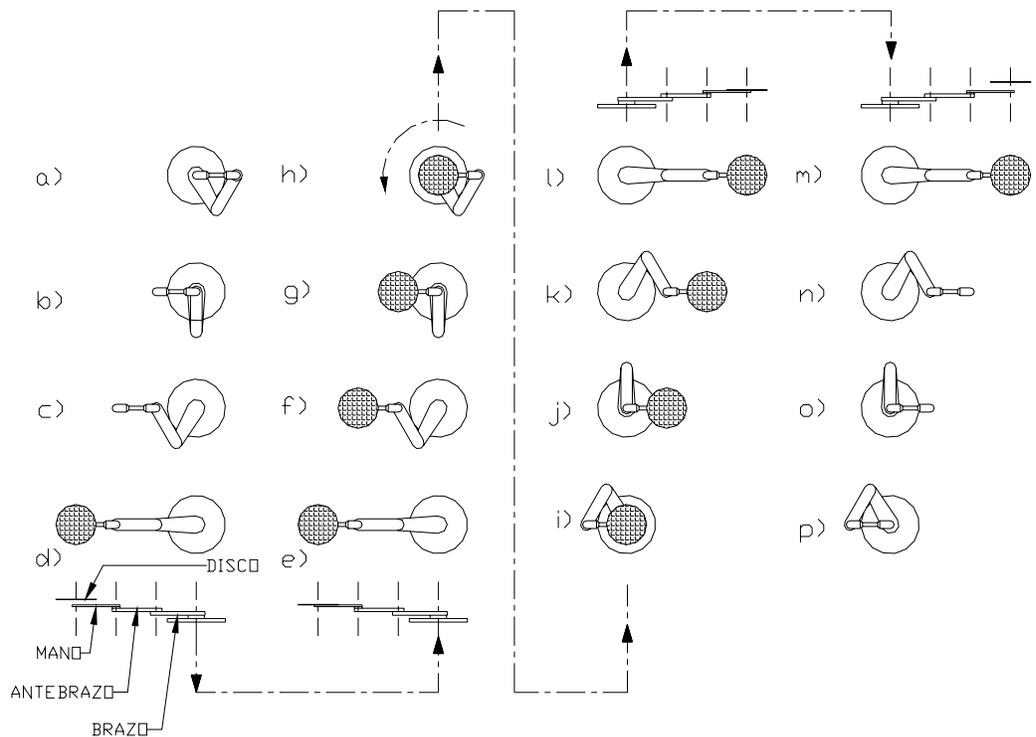


Figura 3.11 Secuencia de movimientos

3.7 Especificaciones finales del robot diseñado

Configuración: Tipo SCARA

Dimensiones:

Altura eje vertical "Z" = de 482 [mm] mínima a 667.0 [mm] máxima.

Longitud del centro del cuerpo del robot al centro del disco = 450 [mm]

Peso = 147.5 [N] (15.0 Kg)

Capacidad de carga = hasta 10 [N]

Tamaño de los discos que puede transportar = 100 [mm]

Alcance:

Vertical (eje Z) = 185 [mm]

Horizontal = 450 [mm]

Angular = $\pm 360^\circ$ (en cualquier dirección)

Máximas velocidades:

Mov. Vertical (eje Z) = 12 mm por c/rev. del motor

Mov. Ang. 1 = 1/50 de vuelta por c/rev. del motor.

Mov. Ang. 2 = 1/25 de vuelta por c/rev. del motor.

Sistema motriz: 3 servomotores de CD sin escobillas.

Sistemas de transmisión:

Mov. Vertical (eje Z) = Tornillo de bolas recirculantes.

Mov. Ang. 1 y 2 = Transmisión con poleas y bandas dentadas.

Sistema de sujeción de discos:

Elemento terminal plano y sujeción por vacío

3.8 Fabricación y Ensamble

Debido al nivel de precisión y geometría de algunos elementos que integran el diseño del robot, se tomó la decisión de realizar la manufactura de componentes en Máquinas de Control Numérico del Laboratorio de Manufactura Avanzada del Centro de Diseño y Manufactura. Las actividades generales para realizar el proceso de manufactura se muestran en el diagrama de la figura 3.12.

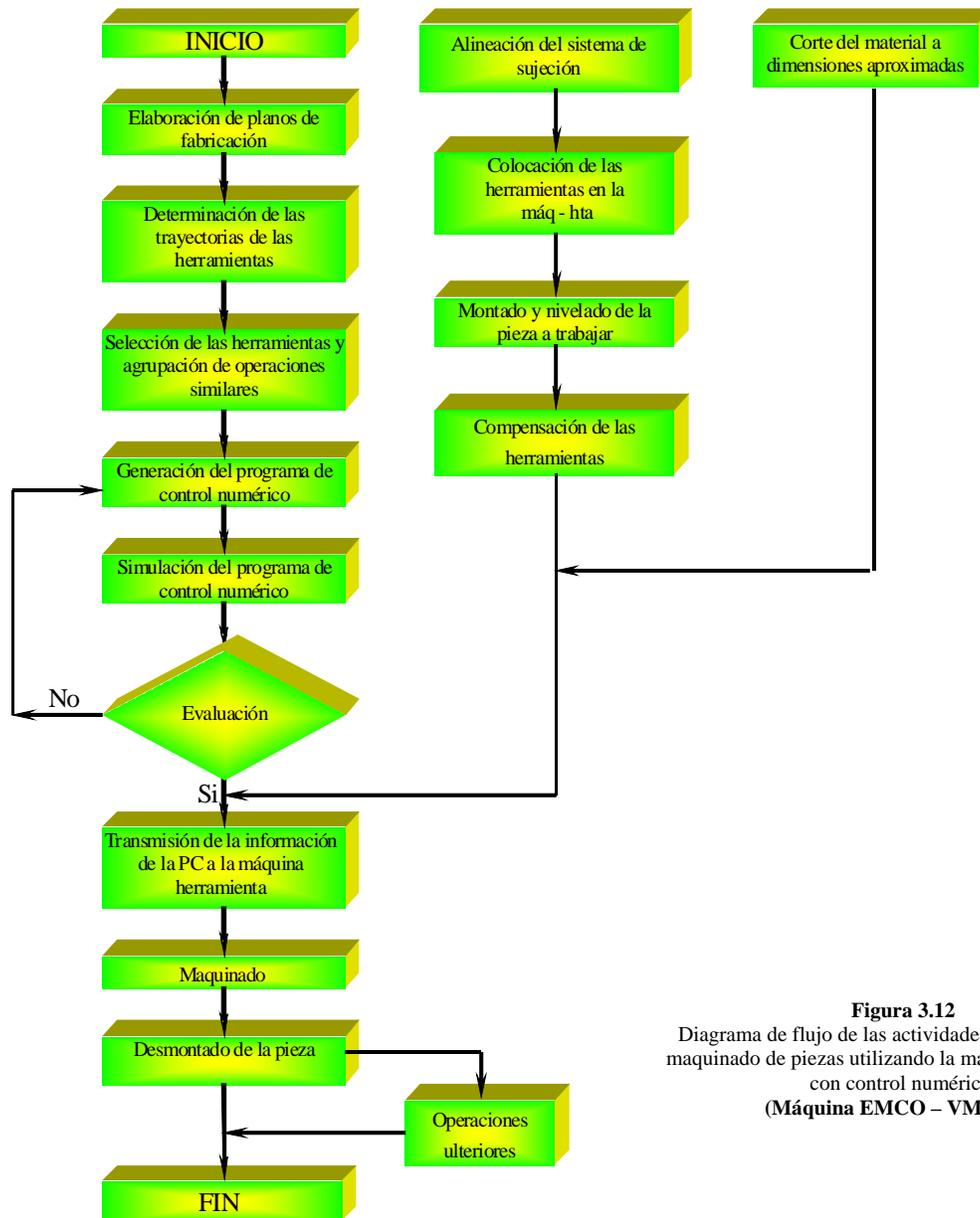


Figura 3.12
 Diagrama de flujo de las actividades seguidas para el maquinado de piezas utilizando la máquina herramienta con control numérico.
 (Máquina EMCO – VMC 100)

Los planos de fabricación del robot para transportar discos de silicio se presentan en el anexo 2. En la figura 3.13 se muestran algunas fotografías del robot fabricado.

Figura 3.13 Prototipo de robot para transportar discos de silicio



CAPÍTULO 4

CUARTO LIMPIO Y CÁMARA DE CONTROL

Una vez terminado el proceso de diseño y fabricación del robot para transportar discos de silicio, se inició la preparación del espacio físico necesario para realizar de manera confiable las pruebas de conteo de partículas generadas por el robot, por lo que en este capítulo, se presentan las consideraciones tomadas en cuenta para el armado e integración de un cuarto limpio.

También se presenta la metodología para validar el nivel de limpieza dentro de una cámara de control tomando como referencia la Norma FED-STD-209E, con lo cual, se pueda asegurar que los resultados de las pruebas de conteo que se lleven a cabo dentro de la cámara de control sean confiables.

4.1 Armado e integración del Cuarto Limpio

Armado

En la figura 4.1 se muestra un esquema del cuarto limpio de 3.6 x 2.4 m armado en el Centro de Diseño y Manufactura (CDM), el cual está integrado por; paneles de plexiglass transparente (material antiestático) unidos con perfiles recubiertos, piso recubierto con pintura epóxica para áreas estériles (evitar en lo posible hendiduras en donde el polvo se pueda acumular), 2 unidades Filtro-Soplador tipo ULPA.

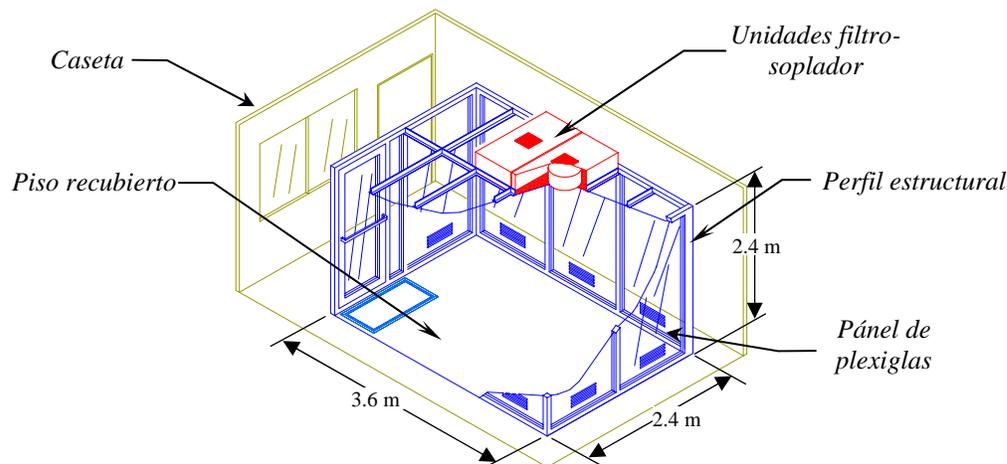


Figura 4.1 Cuarto limpio

Los paneles de plexiglass están unidos a tope por medio de tiras de PVC, mediante un tornillo de plástico y una tira de PVC se mantienen los paneles sujetos a los perfiles estructurales del cuarto limpio como se muestra en la figura 4.2. La idea fundamental de este sistema de unión, es que se evitan zonas susceptibles de acumulación de polvo por la parte interior del cuarto limpio y también sirve como barrera para evitar la entrada de partículas provenientes del exterior hacia el cuarto limpio.

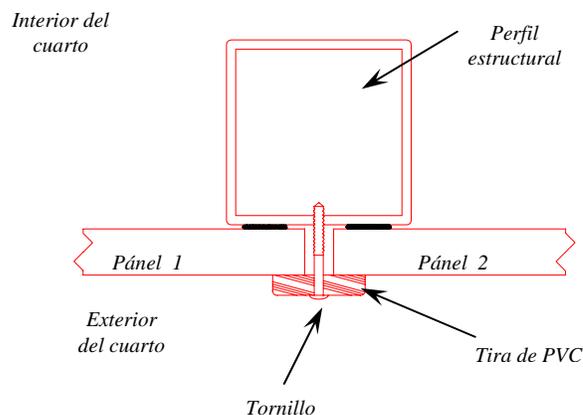


Figura 4.2 Unión de los paneles de plexiglass (vista de planta)

Integración

Para llevar a cabo el conteo de partículas dentro del cuarto limpio se adquirió el siguiente equipo de monitoreo:

➤ *Contador Láser*

Se adquirió un contador láser portátil de 2 canales para captar partículas de 0.3 y 0.5 micras de diámetro, con un gasto de captación de aire de 0.1 ft³/min. El contador cuenta con sistema de programación de ciclos de captación y tiempos por ciclo.

➤ ***Sonda Captadora de partículas***

Se adquirieron 2 sondas de aluminio anodizado con acabado espejo, una para captar partículas en posición vertical y la otra para captar en posición horizontal y en zonas de difícil acceso.

➤ ***Software de adquisición de datos***

Software para trabajar en ambiente windows con programación en basic.

Una vez habilitado el cuarto limpio y teniendo el equipo de monitoreo, se procede a realizar una evaluación preliminar del nivel de limpieza (cantidad de partículas) existente dentro del cuarto limpio, para lo cual se propone lo siguiente:

Evaluación Preliminar

Se realiza un monitoreo colocando la sonda (de posición vertical) captadora de partículas en diferentes puntos del cuarto limpio a diferentes alturas, para así tener una primera aproximación de la cantidad de partículas en el ambiente dentro del cuarto.

De las pruebas preliminares, se obtuvo que el conteo de partículas dentro del cuarto limpio correspondía a un nivel de limpieza entre Clase 10,000 y Clase 100,000, pero en zonas justamente por debajo de los filtros-soplador ULPA a una altura aproximadamente de 20 cm., se obtuvieron niveles de limpieza Clase 100.

Observando lo anterior y tomando en cuenta las condiciones actuales de las zonas aledañas (talleres del CDM) al lugar donde se encuentra el cuarto limpio, se podría esperar no contar con un cuarto limpio con el nivel de limpieza requerido (Clase 1), por lo tanto, se decidió armar una cámara de control dentro del cuarto limpio con un área de techo igual al área del filtro-soplador y barreras laterales de plexiglass como se muestra en la figura 4.3, para así tratar de obtener un nivel de limpieza mejor a Clase 100.

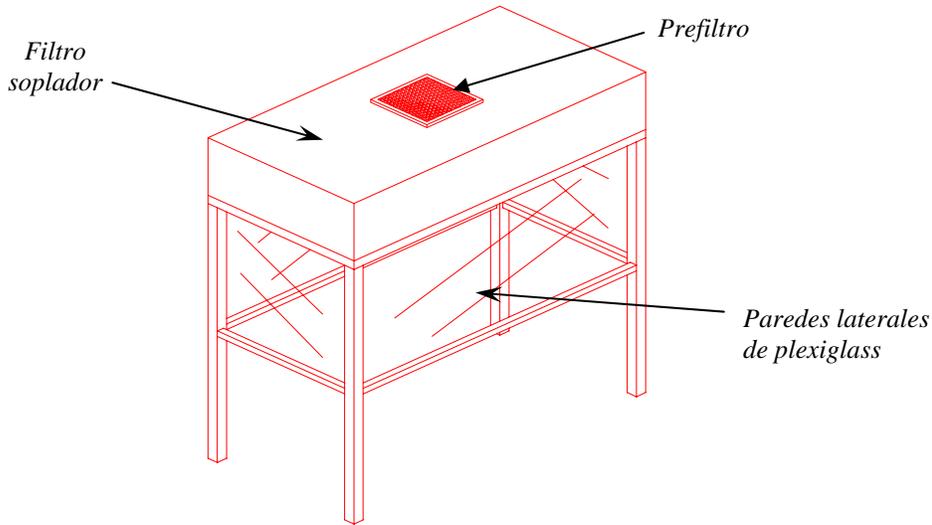


Figura 4.3 Cámara de control

Una vez terminada la fabricación y ensamble de la cámara de control, se procedió a realizar algunas pruebas de monitoreo preliminares en diferentes zonas en un arreglo de distancias entre puntos de muestreo como se muestra en la figura 4.4.

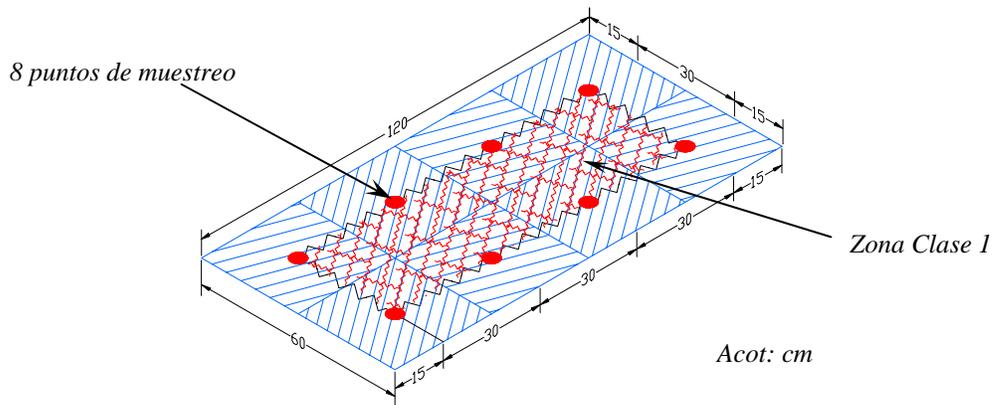


Figura 4.4 Arreglo de puntos de muestreo dentro de la zona de control (vista de planta)

El tamaño (área) de las diferentes zonas de monitoreo fueron determinadas con base en la recomendación de la Norma FED-STD-209, la cual indica que el área para un punto de muestreo no debe ser mayor que la raíz cuadrada del nivel de limpieza requerido.

En el caso de esta investigación, el nivel de limpieza requerido debe ser Clase 1 o mejor, por lo tanto, para Clase 1 se tiene que el área mínima de muestreo debe ser de; $1^{1/2} = 1 \text{ ft}^2 = (0.09 \text{ m}^2)$.

De la figura 4.4, se tiene que las zonas propuestas de muestreo tienen un área igual a; $0.30 \times 0.30 \text{ m} = 0.09 \text{ m}^2$, por lo tanto, las áreas de las zonas de muestreo están dentro de la recomendación de la Norma.

Los resultados de las pruebas de muestreo preliminares indicaron que la cantidad de partículas contadas por el contador láser dentro del área de prueba, es equivalente a un nivel de limpieza mejor a Clase 1 en la zona central de la cámara de control mostrada en la figura 4.4.

Con base en estos primeros resultados, se consideró como una primera recomendación, colocar los diferentes modelos de prueba (articulaciones) en la zona marcada de la figura 4.4, y preferentemente en la parte central a una altura entre 10 y 30 cm. con respecto al plano horizontal del filtro-soplador, con lo cual se puede asegurar que las mediciones de partículas que se registren dentro de la cámara de control, son producidas exclusivamente por el funcionamiento de los mecanismos a probar.

Después de las pruebas de monitoreo preliminares, en los siguientes apartados se presenta la metodología para determinar el nivel de limpieza de la cámara de control que se encuentra dentro del cuarto limpio como se muestra en las figuras 4.5 y 4.6.

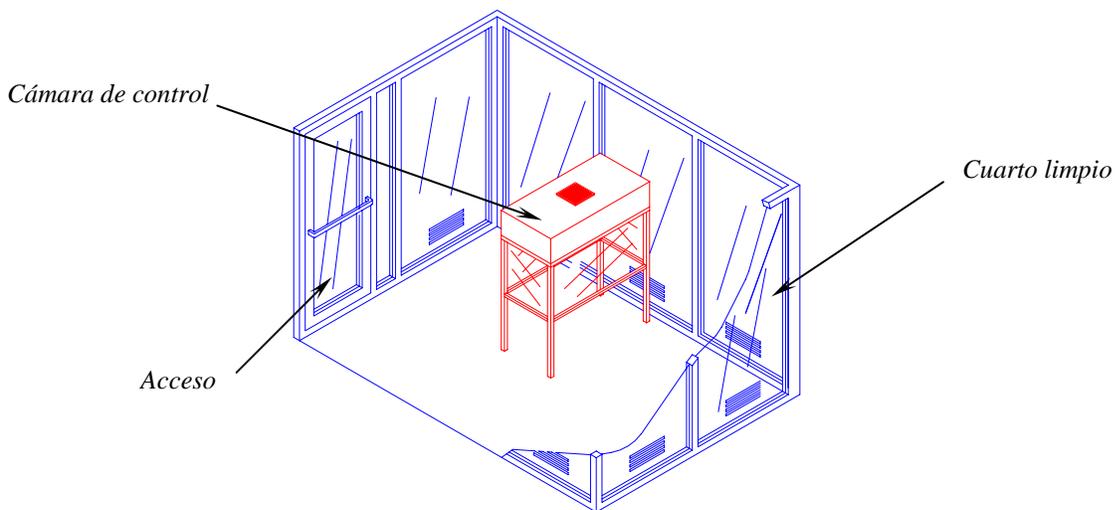


Figura 4.5 Cámara de control dentro del cuarto limpio.

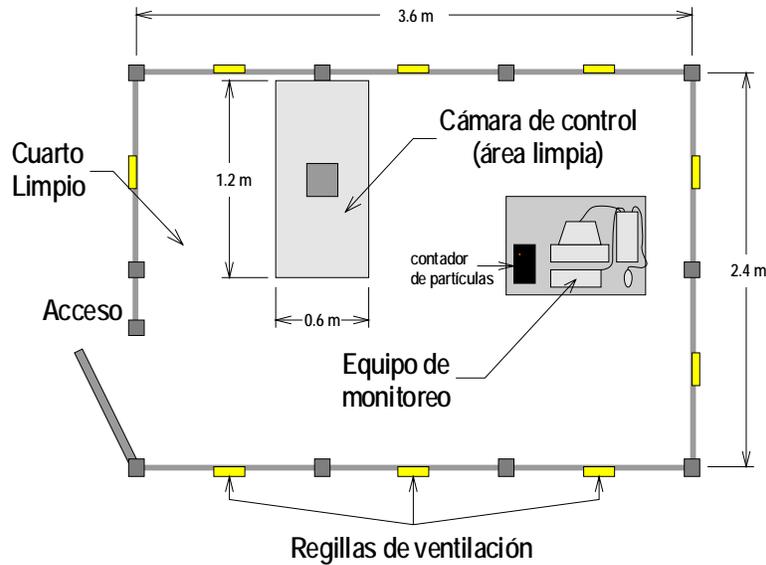


Figura 4.6 Dimensiones de la cámara de control con respecto al cuarto limpio (vista de planta)

4.2 Validación del nivel de limpieza de la cámara de control (área limpia)

La cámara de control es el espacio donde se realizan las pruebas de medición de la cantidad de partículas generadas por las diferentes articulaciones rotacionales de prueba (ARP), cuenta con un filtro tipo ULPA con una eficiencia de 99.997 % @ 0.12 micras y un soplador que suministra un flujo de aire unidireccional.

El arreglo presenta una recirculación de aire del 100% dentro del cuarto limpio como se muestra en la fig. 4.7.

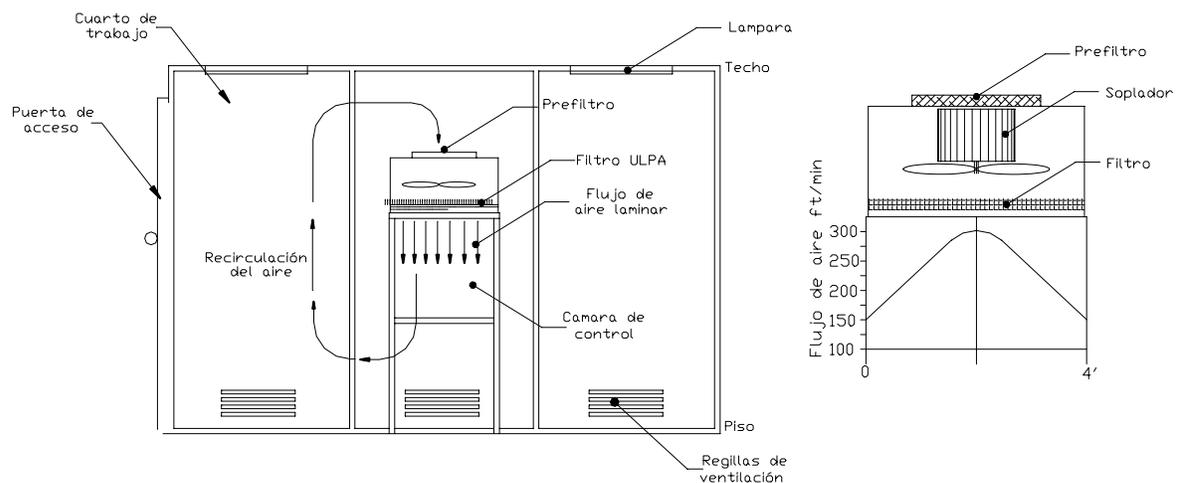


Figura 4.7 Recirculación de aire dentro de la cámara de control (vista de corte lateral)

4.2.1 Determinación del nivel de limpieza de la Cámara de Control

Antes de iniciar las pruebas de conteo de partículas de los mecanismos a probar, se requiere establecer el nivel de limpieza de la cámara de control para eliminar la incertidumbre de que existan otras fuentes de emisión de partículas diferentes a las que se estudiarán y asegurar que el sistema este siempre bajo control.

Para tal caso, a continuación se presentan las condiciones preparatorias que se proponen deben realizarse antes de evaluar el nivel de limpieza de la cámara de control y las ecuaciones a seguir para realizar el análisis estadístico.

4.2.1.1 Condiciones preparatorias

Limpieza de paredes y piso

Se debe realizar una limpieza previa de las paredes y piso con una tela que presente nulo desprendimiento de partículas, y la aplicación de una solución en las paredes para disminuir la carga estática del material. (Alpha 10 MR, es una tela fabricada con filamento continuo de poliéster y sellada térmicamente por las orillas).

Colocación de la sonda

La sonda se debe colocar en posición paralela a la dirección del flujo de aire y todos los puntos de muestreo deben estar en un mismo plano.

Tiempo de estabilización

Antes de iniciar cualquier prueba de conteo, se recomienda un tiempo mínimo de estabilización de 30 segundos para que las partículas que se encuentran flotando en el aire dentro de la cámara de control, puedan ser barridas por el flujo de aire entregado por el filtro-soplador.

Cantidad de puntos de muestreo

El número de puntos de muestreo (número de localizaciones) es de suma importancia determinarlo antes de iniciar las pruebas. El número de localizaciones está en función del nivel de limpieza requerido y del área de piso de la cámara de control.

Volumen de la muestra

Entre mayor sea el volumen de la muestra captado, se tiende a mejorar el cálculo de la concentración de partículas, disminuyendo el valor de la variación que se podría tener entre las muestras, sin embargo, el volumen de la muestra no debe ser tan grande que haga impráctico el tiempo de muestreo.

La concentración de partículas debe ser reportada en términos de partículas por pie cúbico de aire sin importar el tamaño del volumen de la muestra. En la tabla 4.1 se presentan los volúmenes mínimos recomendados para cada nivel de limpieza.

Nivel de Limpieza	Tamaño de partícula [micras]				
	0.1	0.2	0.3	0.5	5.0
1	0.6	3.0	7.0	20.0	NA
10	0.1	0.3	0.7	2.0	NA
100	NA	0.1	0.1	0.2	NA
1000	NA	NA	NA	0.1	3.0
10000	NA	NA	NA	0.1	0.3
100000	NA	NA	NA	0.1	0.3

Tabla 4.1 Volumen mínimo por muestra en pies cúbicos

Tiempo de muestreo

El tiempo de muestreo es la relación entre el volumen de la muestra y el gasto de flujo que capta el contador de partículas láser (0.1 cfm). Este parámetro está directamente involucrado con el volumen de la muestra.

4.2.1.2 Análisis estadístico

Localización y número de puntos de muestreo "L"

Para un flujo de aire unidireccional, la localización de los puntos de muestra debe ser uniformemente espaciada en un plano horizontal.

El mínimo número de puntos de muestreo (número de localizaciones), es igual al área del piso de la cámara de control en ft² dividido por la raíz cuadrada del nivel de limpieza requerido para llevar a cabo los experimentos, tal como se muestra en la ecuación 4.1.

$$L = \text{Área} / (\text{Número de partículas permitidas para la clase requerida})^{1/2} \quad (4.1)$$

Concentración de partículas promedio

La concentración de partículas promedio (A) de una localización, es la suma de la concentración de partículas de cada muestra individual (C) dividida por el número de muestras tomadas en la localización (N) como se muestra en la ecuación 4.2.

$$A = (C_1 + C_2 + \dots + C_n) / N \quad (4.2)$$

Media del promedio

La media del promedio (M) es la suma del promedio individual (A_L), dividido por el número de localizaciones (L) como se muestra en la ecuación 4.3. Todas las localizaciones tienen el mismo peso, a pesar del número de muestras tomadas.

$$M = (A_1 + A_2 + \dots + A_L) / L \quad (4.3)$$

Desviación estándar

La desviación estándar (SD) es la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de la diferencia entre cada promedio individual y la media del promedio $(A_L - M)^2$ dividida entre el número de localizaciones (L) menos uno como se muestra en la ecuación 4.4.

$$SD = \sqrt{\frac{(A_1 - M)^2 + (A_2 - M)^2 + \dots + (A_L - M)^2}{L - 1}} \quad (4.4)$$

Error estándar

El error estándar (SE) de la media del promedio (M), es determinada dividiendo la desviación estándar (SD) por la raíz cuadrada del número de localizaciones (L), como se muestra en la ecuación 4.5.

$$SE = SD / L^{1/2} \tag{4.5}$$

Cantidad de partículas

El límite de confianza superior (UCL) de la media del promedio (M), es determinado por la suma de la media (M) más el producto del factor UCL apropiado (ver tabla 4.2) por el error estándar (SE) como se muestra en la ecuación 4.6.

$$UCL = M + (\text{factor UCL} \times SE) \tag{4.6}$$

No. de Localizaciones (L)	2	3	4	5	6	7	8	9	> 9
95% UCL factor	6,31	2,92	2,35	2,13	2,02	1,94	1,9	1,86	NA

Tabla 4.2 Factor UCL (FED-STD-209E)

Cuando el número de localizaciones es mayor a 9, el cálculo de UCL no es requerido.

4.2.1.3 Cálculo del nivel de limpieza de la cámara de control

A continuación se presenta la memoria de cálculo para determinar el nivel de limpieza de la cámara de control, siguiendo lo indicado en los apartados 4.2.1.1 y 4.2.1.2.

Número de puntos de muestreo

La cámara de control tiene las siguientes dimensiones: 0.6 m de ancho y 1.2 m de largo (ver fig. 4.6), por lo tanto, el área de piso de la cámara de control es igual a:

$$\text{Área} = (0.6) (1.2) = 0.72 \text{ [m}^2\text{]} = 8 \text{ [ft}^2\text{]}$$

Considerando que se requiere un nivel de limpieza clase 1 para la cámara de control y haciendo uso de la ecuación 4.1, se tiene que el número de localizaciones es igual a:

$$L_{@0.5} = 8 \text{ [ft}^2\text{]} / 1^{1/2}$$

$$L_{@0.5} = 8 \text{ puntos de muestreo}$$

Tiempo de muestreo

Con base en la tabla 4.1, para un nivel de limpieza Clase 1, corresponde captar un volumen mínimo de aire de 20 ft³ por muestra, si el gasto de flujo que capta el contador láser es de 0.1 cfm, el tiempo de muestreo es igual a 200 min. por muestra.

Considerando lo impráctico que es tomar una muestra de 200 minutos, y sabiendo que para realizar un correcto análisis estadístico es requerido de cuando menos 30 lecturas [ref], se propone lo siguiente:

Tomar una muestra de 200 minutos (equivalente al volumen mínimo) en forma continua en un solo punto al inicio de cada día de experimentación.

En el caso de que el conteo de partículas sea equivalente a un nivel Clase 1 con la muestra de aire de 200 minutos, se considera que mantener un nivel de limpieza Clase 1 por un periodo tan largo, se puede inferir que una muestra de 10 minutos en el mismo punto y con las mismas condiciones de operación, será también clase 1, por lo tanto, se propone tomar 30 lecturas de 10 minutos cada una, para así captar un volumen de muestreo de 30 ft³, con lo cual se cumple con el volumen de muestra recomendado en la tabla 4.1, además de contar con 30 lecturas para realizar el análisis estadístico.

Concentración de partículas

Una vez determinado el tiempo de muestreo (10 min.), se procede al conteo de partículas en cada uno de los ocho puntos en que fue dividida el área de control. En el anexo 3 se muestran las tablas con el conteo de partículas captadas en las 30

muestras para cada uno de los ocho puntos de muestreo, posteriormente se obtiene la concentración promedio de partículas para cada localización A_L .

Utilizando la ecuación 4.3, se calcula el valor de la concentración promedio de partículas para cada localización (A_L), en la tabla 4.3 se muestran los resultados de la concentración promedio de cada localización (A_L).

Tabla 4.3 Nivel de limpieza de la cámara de control

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_1	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización (A_L)	
			0,3	0,5
L 1	Ver tabla AP1	30	0	0
L2	Ver tabla AP2	30	0	0
L3	Ver tabla AP3	30	0	0
L4	Ver tabla AP4	30	0.1	0
L5	Ver tabla AP5	30	0	0
L6	Ver tabla AP6	30	0	0
L7	Ver tabla AP7	30	0	0
L8	Ver tabla AP8	30	0	0
	Media		?	?
		M		
	Desviación Estándar	DS	?	?
	Error Estándar	ES	?	?
	Límite de Confianza Superior	UCL	?	?

Las tablas de concentración de partículas para cada una de las ocho localizaciones (AP1, AP2, AP3, AP4, AP5, AP6, AP7 Y AP8) se presentan en el anexo 3

Con los valores de concentración promedio para cada localización, se procede a realizar los siguientes cálculos.

Media del promedio

Utilizando la ecuación 4.3 y los datos de la tabla 4.3 (L1-L8) se tiene que la media es:

$$M = (0+0+0+0.1+0+0+0+0)/8$$

$$M = 0.0125$$

Desviación estándar

Utilizando la ecuación 4.4, se tiene:

$$SD = \sqrt{\frac{(0 - 0.0125)^2 + (0 - 0.0125)^2 + (0 - 0.0125)^2 + (0 - 0.0125)^2 + \dots + (0 - 0.0125)^2 + (0 - 0.0125)^2}{8 - 1}}$$

$$SD = 0.035$$

Error estándar

Utilizando la ecuación 4.5 y sustituyendo valores, se tiene:

$$SE = 0.035 / \sqrt{8}$$

$$SE = 0.0125$$

Límite de confianza superior

Utilizando la ecuación 4.6 y el factor UCL correspondiente a 8 puntos de muestreo (ver tabla 4.2), sustituyendo valores se tiene:

$$UCL = 0.0125 + (1.9 \times 0.0125)$$

$$UCL = 0.036$$

Con los resultados obtenidos se procedió a completar la tabla 4.3, quedando la tabla 4.3 bis:

Tabla 4.3bis Nivel de limpieza de la cámara de control

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_1	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización (A_L)	
			0.3	0,5
L 1	Ver tabla AP1	30	0	0
L2	Ver tabla AP2	30	0	0
L3	Ver tabla AP3	30	0	0
L4	Ver tabla AP4	30	0.1	0
L5	Ver tabla AP5	30	0	0
L6	Ver tabla AP6	30	0	0
L7	Ver tabla AP7	30	0	0
L8	Ver tabla AP8	30	0	0
			0.0125	0
		Media M		
	Desviación Estándar	DS	0.035	0
	Error Estandar	ES	0.0125	0
	Límite de Confianza Superior	UCL	0.036	0

El resultado obtenido indica que se tienen 0.036 partículas por pie cúbico dentro de la cámara de control, lo que significa que el nivel de limpieza en la cámara es mejor a un nivel clase 1 tanto para partículas de 0.3 como para partículas de 0.5 micras. Este resultado se muestra gráficamente en la figura 4.8.

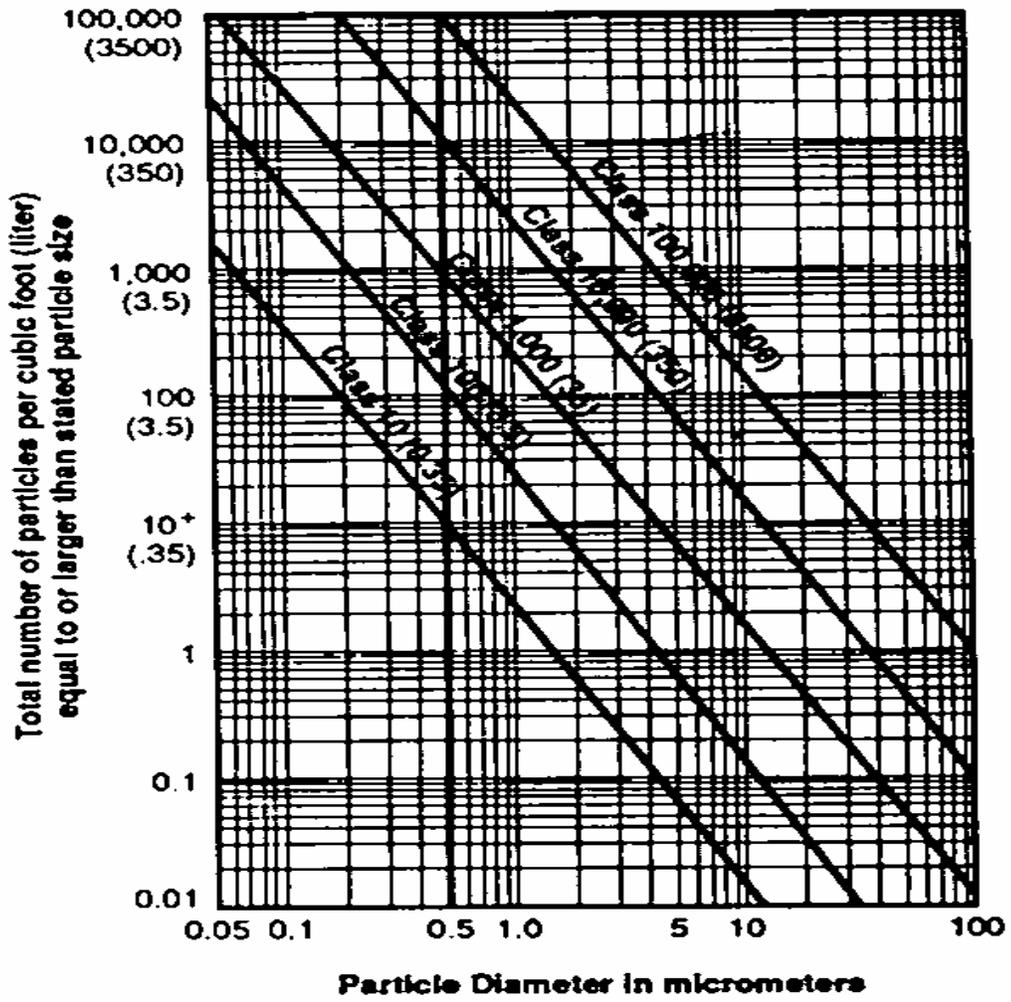


Figura 4.8 Tabla de clasificación del nivel de limpieza [Mielke, 92]

CAPITULO 5

PROPUESTA EXPERIMENTAL

El trabajo experimental consiste en realizar el monitoreo de partículas emitidas por los diferentes rodamientos de bolas ultralimpios, los cuales son ensamblados en la articulación rotacional de prueba (ARP) sometida a condiciones de carga.

De la revisión bibliográfica, se determinó que **la carga y el tiempo de deslizamiento** son los principales factores que están relacionados con los mecanismos de desgaste que se pueden presentar en un par cinemático rotacional [Hoge, 94]. Además, si se evita la entrada de partículas extrañas al rodamiento, se puede considerar que la principal causa de falla en la articulación rotacional de prueba, es la fatiga del material ocasionada por la carga y el tiempo de deslizamiento (ciclos recorridos del rodamiento).

Para iniciar el trabajo experimental se propone considerar lo siguiente:

- *Requerimientos del modelo de articulación rotacional de prueba:*

*Requerimientos de diseño
Requerimientos de manufactura
Requerimientos de ensamble*

- *Propuesta de diseño del modelo de articulación rotacional de prueba.*
- *Propuesta de la metodología para realizar los experimentos.*
- *Determinación de los ciclos de deslizamiento.*
- *Determinación de la carga de prueba.*
- *Consideraciones para la colocación de la ARP dentro de la cámara de control.*
- *Consideraciones para la colocación de la sonda captadora de partículas*
- *Acondicionamiento de la cámara de control*

- *Arranque*
- *Análisis de datos y resultados*
- *Análisis estadístico*
- *Determinación del nivel de limpieza para cada prueba*

5.1 Requerimientos del modelo de articulación rotacional de prueba

5.1.1 Requerimientos de diseño

El modelo debe cumplir con la configuración básica de una articulación rotacional.

El modelo debe emplear materiales recomendados para aplicaciones de cuarto limpio.

La configuración del modelo debe evitar generar turbulencias que puedan afectar en forma significativa el flujo de aire laminar en el interior de la cámara de control.

El modelo debe permitir monitorear en forma independiente cada uno de los elementos que se desean probar.

El modelo debe asegurar que no se induzcan otras fuentes de generación de partículas como desalineamientos, vibraciones, zonas de acumulación, etc.

El modelo debe permitir variar las condiciones de prueba.

El modelo debe permitir el intercambio de elementos a probar.

5.1.2 Requerimientos de manufactura y ensamble

Los procesos de manufactura deben ser seleccionados de acuerdo a las tolerancias dimensionales requeridas de acuerdo a la función de cada componente a ensamblar.

Las superficies del modelo que tienen contacto directo con el flujo de aire laminar deben tener un acabado superficial espejo con una rugosidad máxima de 2 a 4 micras.

Los procesos de manufactura deben asegurar la perpendicularidad y paralelismo de los elementos para realizar su correcto funcionamiento.

El ensamble de componentes debe ser en un ambiente controlado (control de partículas).

Se debe evitar inducir precargas durante el ensamble.

5.2 Propuesta de diseño del modelo de articulación rotacional de prueba (ARP)

La configuración básica de una articulación rotacional está integrada por: un elemento que permita la rotación, un elemento de fijación y un elemento de rotación, para realizar el movimiento, es necesario adicionar el sistema de transmisión, cuya configuración propuesta es un sistema motriz conectado directamente al eje de rotación como se muestra en la figura 5.1.

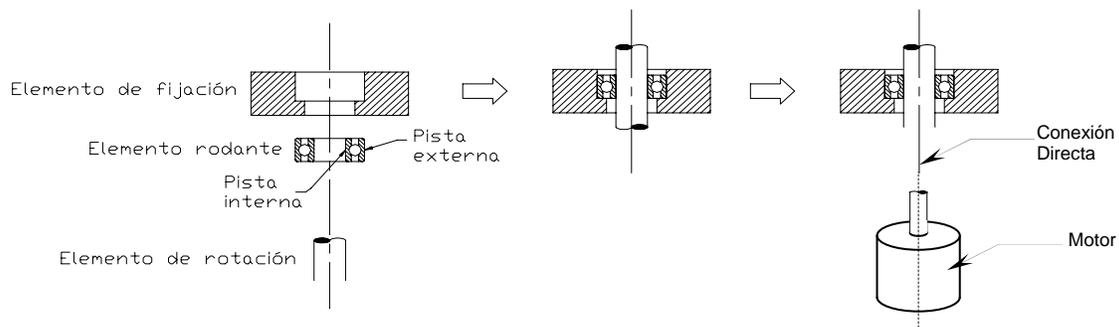


Figura 5.1 Componentes básicos de la ARP

En cuanto a los materiales; se encontró evidencia que el acero inoxidable y aluminio anodizado son materiales con bajos niveles de desprendimiento de partículas, mientras que para los elementos flexibles como bandas, se recomienda que sean de uretano y en otros casos también pueden ser de teflón.

Para evitar generar turbulencias, se propuso que el elemento de fijación, el cual está en contacto directo con el flujo de aire unidireccional sea con aristas redondeadas y

con la menor superficie posible en la zona cercana al rodamiento a probar, así como evitar cualquier cambio de sección. La configuración debe permitir que la sonda sea colocada justo por debajo de la fuente de generación de partículas como se muestra en la figura 5.2.

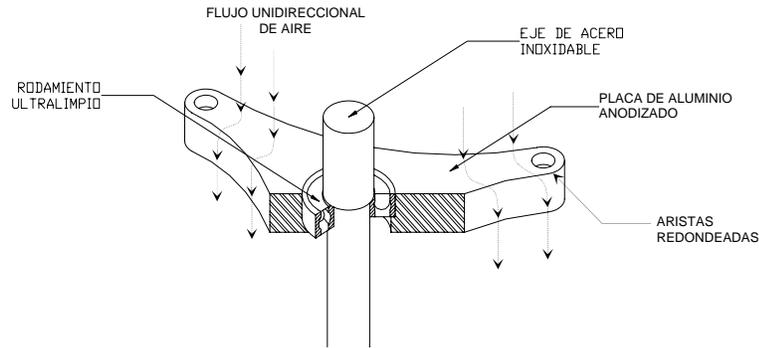


Fig. 5.2 Propuesta para evitar turbulencias

Para evitar el desalineamiento y vibraciones durante el funcionamiento del modelo, se propuso la manufactura de cada uno de los componentes con tolerancias máximas de 2 a 4 micras, manteniendo principalmente las características de paralelismo y perpendicularidad, además de utilizar un cople con capacidad para absorber vibraciones, las cuales se pueden producir por el acoplamiento entre el eje motriz del motor y el elemento de rotación del modelo de pruebas. En el anexo 4 se presentan los planos de fabricación de cada uno de los componentes indicando las tolerancias recomendadas. En la fig. 5.3 se muestra el banco de pruebas de la articulación rotacional.

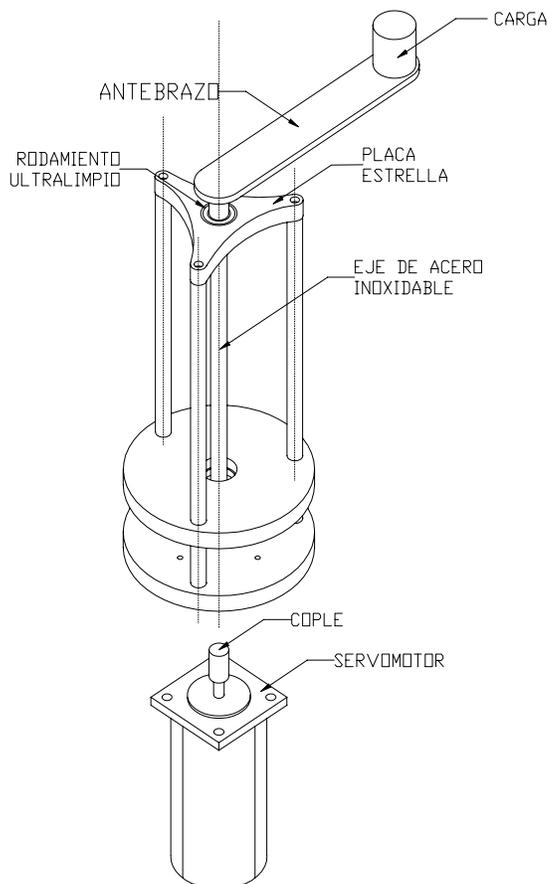


Figura 5.3 Componentes y banco de pruebas de la articulación rotacional

5.3 Propuesta de la metodología de prueba

Para iniciar las pruebas de conteo de partículas es necesario determinar el valor de las dos variables que inciden directamente en la generación de partículas, las cuales son;

- Ciclos de deslizamiento.
- Carga aplicada.

5.3.1 Determinación de los ciclos de deslizamiento

Para contar con un parámetro de comparación de ciclos recorridos a los que puede trabajar una articulación rotacional, se tiene que una carga de trabajo típica para un robot para transportar discos de silicio es de aproximadamente 800 discos por hora de trabajo (mínimo).

En la primera etapa del proyecto, se determinó que el par cinemático rotacional del robot, correspondiente a la articulación rotacional de prueba, realiza 4 ciclos por disco transportado, considerando lo anterior, se tiene que:

$$(4 \text{ ciclos/disco}) (800 \text{ discos/hr}) = 3200 \text{ ciclos/hr}$$

El resultado indica la cantidad de ciclos que debe realizar la articulación rotacional de prueba por cada hora de trabajo.

Si se considera que un robot para cuartos limpios en una línea de producción, trabaja 24 horas al día, se tiene que los ciclos que debe desarrollar la articulación por día son:

$$(3200 \text{ ciclos/hr}) (24 \text{ hrs/día}) = 76,800 \text{ ciclos/día}$$

El resultado anterior se toma como referencia para comparar los ciclos de trabajo de un robot con los ciclos de prueba de la articulación, y así determinar la cantidad de ciclos y en consecuencia, el tiempo que el rodamiento esta dentro de los límites de limpieza requeridos.

5.3.2 Determinación de la carga de prueba

Tomando como referencia las especificaciones de diseño del robot, se puede considerar que una carga de prueba de 1 [N] es un valor representativo.

Para simular la carga de 1 [N], la articulación de prueba se carga como se muestra en la figura 5.4.

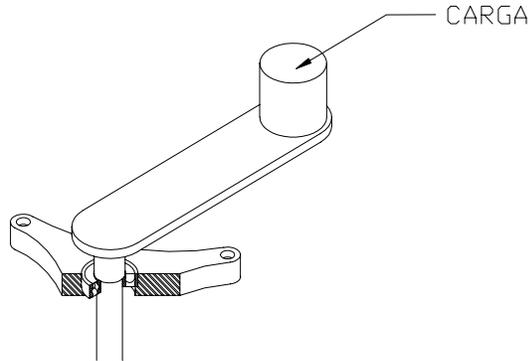


Figura 5.4 Carga en la articulación rotacional de prueba

5.3.3 Colocación del modelo de prueba dentro de la cámara de control

De acuerdo a las pruebas de limpieza preeliminares, se puede considerar que el mejor lugar para realizar las pruebas dentro de la cámara de control, es la parte central tanto en dirección longitudinal como transversal de la cámara y a una altura con respecto al filtro de entre 10 y 30 centímetros como se muestra en la figura 5.5.

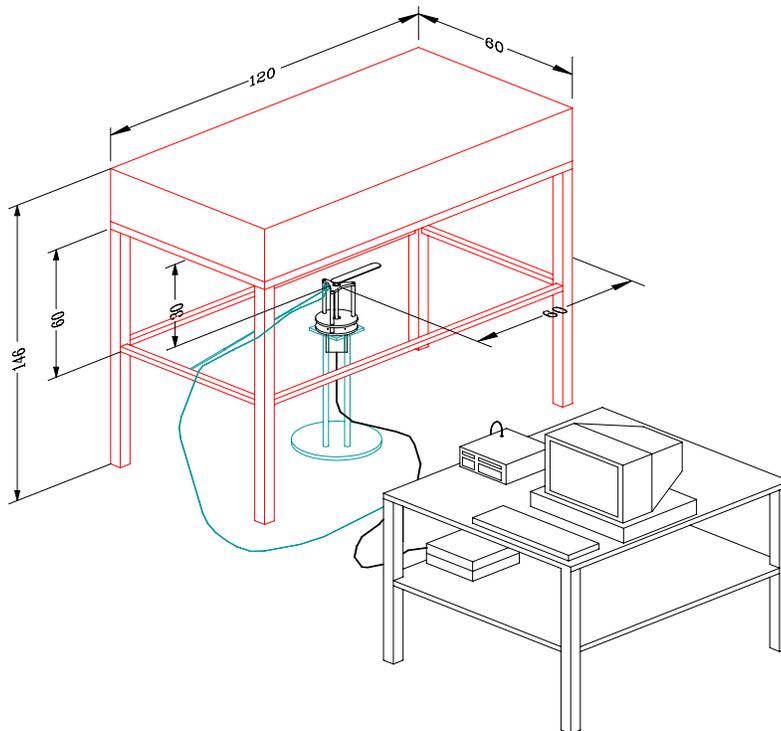


Figura 5.5 Colocación de la articulación de prueba dentro de la cámara de control

5.3.4 Colocación de la sonda captadora de partículas

La sonda captadora de partículas se propone colocarla justamente debajo del rodamiento ultralimpio como se muestra en la figura 5.6, además se propone monitorear en 2 puntos diferentes, cantidad de puntos que está por encima de lo recomendado por la norma en cuanto a la cantidad de puntos de muestreo.

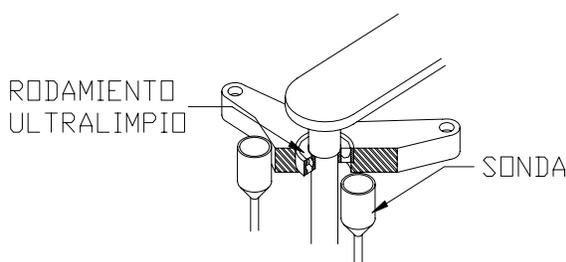


Fig. 5.6 Colocación de la sonda

Una vez que se tiene colocado tanto el modelo de la articulación rotacional y la sonda captadora de partículas dentro del espacio de prueba, se procede a verificar el nivel de limpieza (cantidad de partículas existentes) dentro de la cámara de control antes de iniciar un conteo de partículas, para lo cual se propone realizar lo siguiente:

- Tomar una muestra de 200 min., sin ningún tipo de movimiento dentro de la cámara de control.
- Contar el número de partículas existentes en la cámara de control.
- Determinar el nivel de limpieza.

Si el número de partículas monitoreadas está dentro del rango de limpieza requerido, se procede a iniciar el monitoreo del rodamiento ultralimpio, si no está dentro del rango de limpieza, se procede como se indica en el apartado 4.2.1.1.

5.4 Análisis de datos

Los datos que se van a obtener del trabajo experimental, corresponde a la cantidad de partículas captadas por el contador láser en un periodo de tiempo programado para cada una de las dos localizaciones de muestreo propuestas, esto en 30 ocasiones. Al final se va a obtener la concentración promedio de partículas captadas tanto para un tamaño de 0.3 como para 0.5 micras de diámetro como se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Conteo de partículas

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1 N		Prueba C1L1R5a		
		Velocidad: 100 rpm				
No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de Trabajo
				0,3	0,5	
1	2000-07-11 18.12.49	1 ó 2	10,00	0	0	
2	2000-07-11 18.30.46	1 ó 2	10,00	1	0	
3	2000-07-11 18.40.49	1 ó 2	10,00	1	0	
.	"	"	"	"	"	
30	"	"	"	"	"	
<i>Concentración Promedio de la Localización A_L</i>						

Concentración promedio

de partículas "A_L"



Con los valores de Concentración Promedio de partículas A_L para cada una de las 2 localizaciones de muestreo, se llena la tabla 5.2.

Tabla 5.2 Conteo de partículas de las 2 localizaciones

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA				
Recopilación de Datos				
"Nombre de la prueba"				
Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0,3	0,5
L1	Ver tabla_pante19febL1	30	A_{L1}	A_{L1}
L2	Ver tabla_pante19febL2	30	A_{L2}	A_{L2}
			Media M	
			DS	
			ES	
			UCL	
	Desviación Estándar			
	Error Estandar			
	Límite de Confianza Superior			

La cantidad de ciclos de deslizamiento a los que se somete el rodamiento se obtiene multiplicando la velocidad de rotación del eje por el periodo de tiempo en que se toma cada una de las muestras ($100 \text{ rev/min} * 10 \text{ min.} = 1000 \text{ rev.}$), como se muestra en la columna sombreada de la tabla 5.3.

Tabla 5.3 Ciclos de deslizamiento

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1 N		Prueba C1L1R5a		
		Velocidad: 100 rpm				
No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de Trabajo
				0,3	0,5	
1	2000-07-11 18.12.49	1 ó 2	10,00			1000
2	2000-07-11 18.30.46	1 ó 2	10,00			1000
3	2000-07-11 18.40.49	1 ó 2	10,00			1000
.	"	"	"			"
30	"	"	"			"
Concentración Promedio de la Localización A_L						total de ciclos de deslizamiento

Con la información de las tablas 5.2 y 5.3 se puede determinar el nivel de limpieza de la articulación rotacional de prueba al paso de los ciclos de deslizamiento y determinar en que momento se sobrepasa el nivel de limpieza Clase 1, que es el nivel especificado para las pruebas propuestas en este trabajo de investigación.

5.5 Experimentos realizados

Los experimentos realizados consistieron en contar la cantidad de partículas contaminantes generadas por cuatro rodamientos ultralimpios marca NTN, los cuales fueron ensamblados en el modelo de articulación rotacional (ver apartado 5.2), y posteriormente colocado dentro de la cámara de control con un nivel de limpieza conocido.

El modelo de articulación representa el par cinemático rotacional correspondiente al codo del robot para transportar discos de silicio presentado en el capítulo 3.

5.5.1 Condiciones de prueba

Las variables de prueba a las que se sometieron los rodamientos ultralimpios son; la carga y el tiempo de deslizamiento, principales factores que inciden directamente en la generación de partículas contaminantes.

Basado en las condiciones de trabajo de robots comerciales y en las especificaciones del robot para transportar discos de silicio presentado en el capítulo 3, se tiene que los valores de las condiciones de prueba son:

- Carga de prueba = 1 [N]
- Velocidad de rotación = 100 [rpm]
- Tiempo de monitoreo = 10 [min]
- Ciclos recorridos = Con el tiempo de monitoreo de 10 min y la velocidad de rotación de 100 rpm, se obtiene los ciclos de deslizamiento recorridos para cada uno de los periodos de monitoreo.
- Puntos de muestreo = 2 puntos
- Lecturas por cada punto de muestreo = 30 lecturas

5.5.2 Pasos a seguir para realizar el trabajo experimental

- Colocación de la carga en el modelo de prueba (ver apartado 5.3.2)
- Colocación del modelo de prueba dentro de la cámara de control (ver apartado 5.3.3)
- Determinación del nivel de limpieza de la cámara de control (ver apartado 4.2.1)
- Preparación de los equipos de monitoreo.
- Colocación de la sonda captadora en una zona lo más cercana al rodamiento ultralimpio (ver apartado 5.3.4).
- Arranque de la prueba

Una vez que se arranca la prueba, el contador de partículas láser empieza a captar aire con la sonda mediante el funcionamiento de una bomba.

El contador láser trabaja en forma continua durante el periodo de muestreo programado, contando así las partículas.

El número de partículas registrado en el display del contador láser para cada uno de los 30 periodos de muestreo, se anota en las tablas 5.4a y 5.4b, las cuales corresponden a cada una de las dos posiciones de muestreo determinadas.

En las tablas 5.4a y 5.4b se observa el registro de 30 lecturas, la hora en que se realizó la prueba, el periodo (tiempo) de muestreo, el número de partículas captadas y los ciclos de deslizamiento acumulados.

Tabla 5.4a *Conteo de partículas para la localización L1*

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1 N		Prueba C1L1R5a		
		Velocidad: 100 rpm				
No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de Trabajo
				0,3	0,5	
1	2000-07-11 18.12.49	1	10,00	0	0	1000
2	2000-07-11 18.30.46	1	10,00	1	0	1000
3	2000-07-11 18.40.49	1	10,00	1	0	1000
4	2000-07-11 18.50.52	1	10,00	0	0	1000
5	2000-07-11 19.00.55	1	10,00	1	0	1000
6	2000-07-11 19.10.58	1	10,00	0	0	1000
7	2000-07-11 19.21.01	1	10,00	1	0	1000
8	2000-07-11 19.31.04	1	10,00	1	1	1000
"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"
29	2000-07-11 23.02.07	1	10,00	0	0	1000
30	2000-07-11 23.12.10	1	10,00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0,33	0,0	Ciclos Acum= 30000

Tabla 5.4b *Conteo de partículas para la localización L2*

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1 N		Prueba C1L2R5aa		
		Velocidad: 100 rpm				
No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de Trabajo
				0,3	0,5	
1	2000-07-11 23.22.13	2	10,00	1	0	1000
2	2000-07-11 23.32.16	2	10,00	0	0	1000
3	2000-07-11 23.42.19	2	10,00	0	0	1000
4	2000-07-11 23.52.22	2	10,00	0	0	1000
5	2000-08-11 00.02.25	2	10,00	0	0	1000
6	2000-08-11 00.12.28	2	10,00	0	0	1000
7	2000-08-11 00.22.31	2	10,00	0	0	1000
8	2000-08-11 00.32.34	2	10,00	1	0	1000
9	2000-08-11 00.42.37	2	10,00	0	0	1000
10	2000-08-11 00.52.40	2	10,00	0	0	1000
11	2000-08-11 01.02.43	2	10,00	0	0	1000
12	2000-08-11 01.12.46	2	10,00	0	0	1000
"	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	"	"	"
28	2000-08-11 03.53.34	2	10,00	0	0	1000
29	2000-08-11 04.03.37	2	10,00	0	0	1000
30	2000-08-11 04.13.40	2	10,00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.06	0,00	Ciclos Acum= 30000

Con la información de las tablas 5.4.a y 5.4.b se procede a realizar el análisis estadístico indicado en el apartado 4.2.1.2 para así determinar la cantidad de partículas generadas al paso de los ciclos de deslizamiento. Esta información se escribe en la tabla 5.5, obteniéndose una tabla similar para cada par de pruebas de monitoreo (L1 y L2) que se realicen.

Tabla 5.5 Cantidad de partículas generadas por ciclos de deslizamiento

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA				
<i>Recopilación de Datos</i>				
C1R5-a				
<i>Ciclos acumulados: 60000</i>				
			Concentración Promedio	
	Concentración de partículas	No. de muestras para	para cada localización A_L	
Loc.	para cada muestra C_1	cada localización N	0,3	0,5
L 1	Ver tabla C1L1R5a	30	0,33	0,0
L2	Ver tabla C1L2R5a	30	0,06	0,00
			Media M	
			Desviación Estándar	
			Error Estandar	
			UCL	

Este procedimiento se realiza hasta que el nivel de generación de partículas es mayor al indicado para Clase 1, en este momento es cuando el rodamiento ultralimpio se encuentra fuera de especificaciones y se puede obtener la duración en horas del rodamiento en condiciones de limpieza Clase 1.

Para cada par de pruebas de monitoreo (L1 y L2) se obtiene la tabla 5.6, la cual, corresponde al resumen de todas las pruebas, indicando la cantidad de partículas por pie cúbico, las horas de trabajo y los ciclos acumulados.

Tabla 5.6 Tabla resumen para cada rodamiento probado

CANTIDAD DE PARTICULAS POR PIE CUBICO					
RODAMIENTO No.					
Condiciones: Vel = 100 rpm Carga = 1 N					
Nombre	Nombre de la	U C L		Hrs	Ciclos Acumulados
Archivo	Prueba	0,3	0,5	Trabajo	
C1R5I	C1R4a	0,75	0,000	10	60000
C1R5II	C1R4b	0,47	0,000	10	120000
C1R5III	C1R4c	0,33	0,000	10	180000
“	“	“	“	“	“
	C1R4l	684,10	286,59	10	720000
C1R5XIII	C1R4m	1979,29	757,97	10	780000

Toda la información obtenida en el trabajo experimental para cada rodamiento probado, se presenta en forma gráfica en el capítulo de resultados, en donde se puede observar el nivel de limpieza de los rodamientos.

En el anexo 5 se presenta todas las tablas de conteo de partículas.

CAPITULO 6

RESULTADOS

A continuación se presentan las tablas de resultados con la cantidad de partículas por pie cúbico para cada rodamiento probado, así como sus gráficas correspondientes para observar el comportamiento de los rodamientos ultralimpios al paso de los ciclos de deslizamiento.

6.1 Rodamiento No. 1

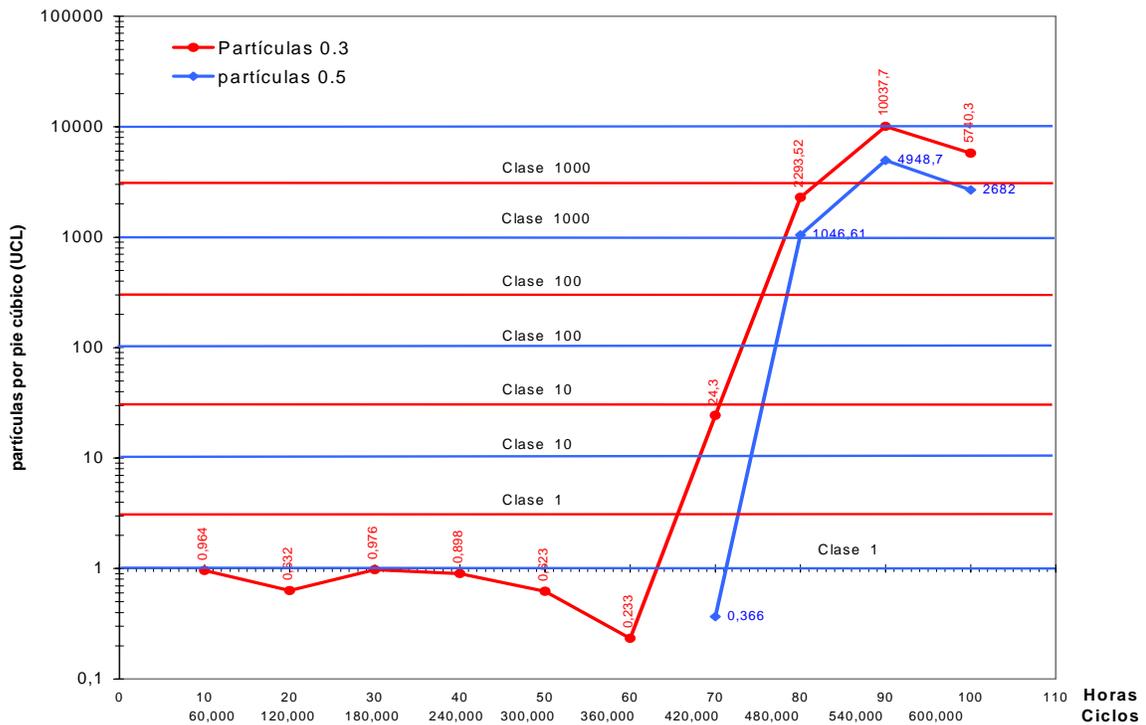
Tomando en cuenta las condiciones indicadas en el apartado 5.5.1 y realizando las pruebas de monitoreo, se presenta en la tabla 6.1 la cantidad de partículas por pie cúbico emitidas por el rodamiento No. 1 probado. Las tablas de cada una de las pruebas se presentan en el anexo 5 (sección 5-A)

Tabla 6.1 Cantidad de partículas por pie cúbico del Rodamiento No. 1

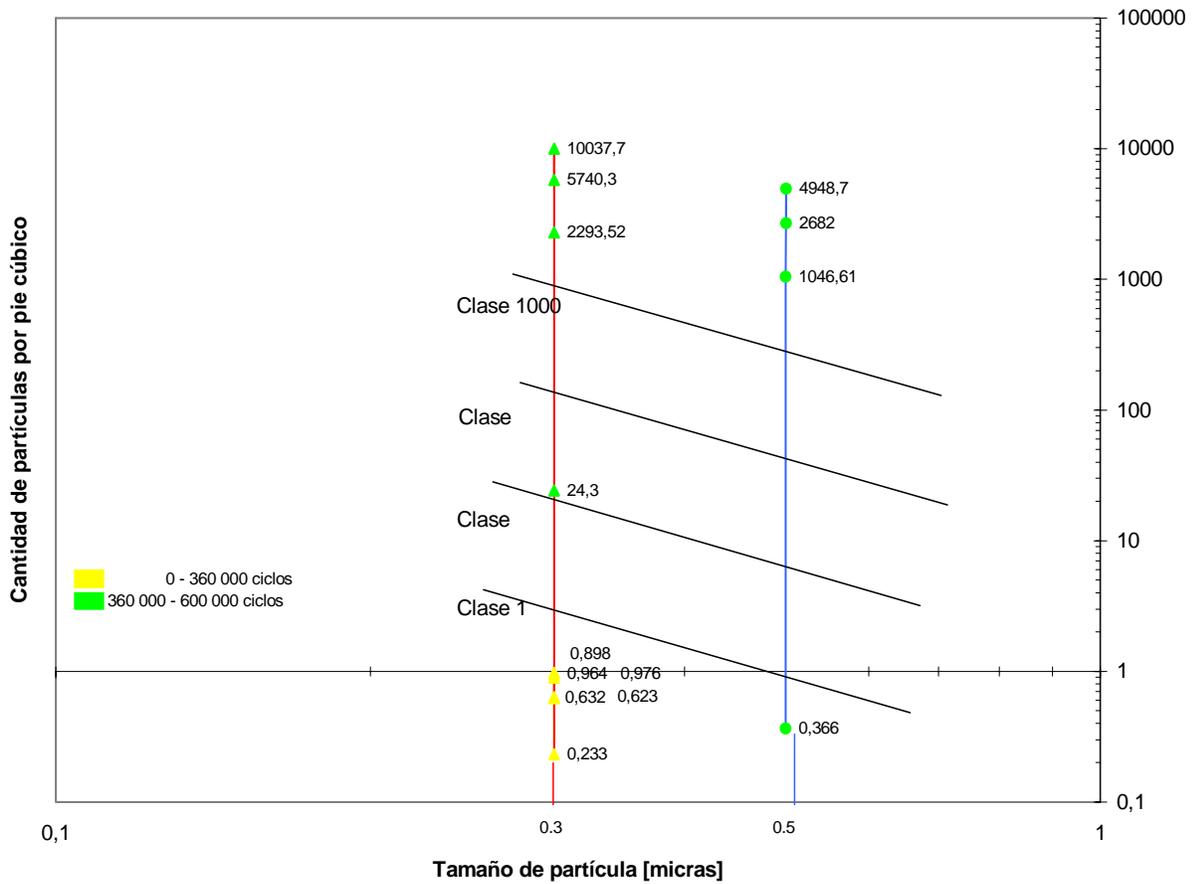
CANTIDAD DE PARTICULAS POR PIE CUBICO					
RODAMIENTO No. 1					
Condiciones: Vel = 100 rpm Carga = 1 N					
Nombre del archivo	Nombre de la Prueba	U C L		Hrs Trabajo	Ciclos Acumulados
		0,3	0,5		
DefC1R3I	C1R3a	0,964	0,00	10	60000
DefC1R3II	C1R3b	0,632	0,00	10	120000
DefC1R3III	C1R3c	0,976	0,00	10	180000
DefC1R3IV	C1R3d	0,898	0,00	10	240000
DefC1R3V	C1R3e	0,623	0,00	10	300000
DefC1R3VI	C1R3f	0,233	0,00	10	360000
DefC1R3VII	C1R3g	24,30	0,366	10	420000
DefC1R3VIII	C1R3h	2293,52	1046,61	10	480000
DefC1R3IX	C1R3i	10037,70	4948,70	10	540000
DefC1R3X	C1R3j	5740,30	2682,00	10	600000

En la tabla 6.1 se aprecia que después de acumular 3.6×10^5 ciclos de deslizamiento, el rodamiento sometido a una carga de 1 [N] sobrepasó el nivel de generación de partículas correspondiente a un nivel de limpieza Clase 1.

En las gráficas 6.1 y 6.2 se observa que una vez que se sobrepasa el nivel de limpieza correspondiente a Clase 1, la emisión de partículas se dispara en muy pocos ciclos de deslizamiento posteriores.



Gráfica.6.1. Generación de partículas vs. horas de trabajo del rodamiento No. 1



Gráfica 6.2. Nivel de limpieza del Rodamiento No. 1

6.2 Rodamiento No. 2

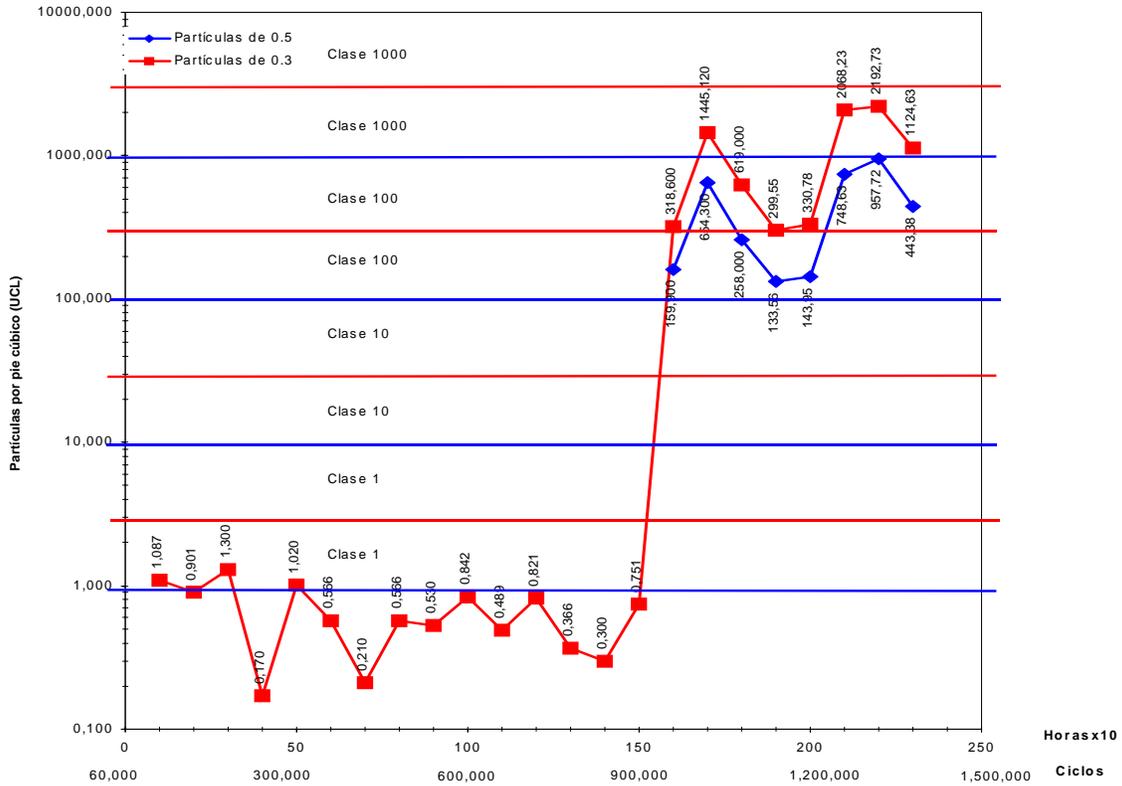
Tomando en cuenta las condiciones indicadas en el apartado 5.5.1 y realizando las pruebas de monitoreo, se presenta en la tabla 6.2 la cantidad de partículas por pie cúbico emitidas por el rodamiento No. 2 probado. Las tablas de cada una de las pruebas se presentan en el anexo 5 (sección 5-B)

Tabla 6.2 Cantidad de partículas por pie cúbico del Rodamiento No. 2

CANTIDAD DE PARTICULAS POR PIE CUBICO					
RODAMIENTO No. 2					
Condiciones: Vel = 100 rpm Carga = 1 N					
Nombre Archivo	Nombre de la Prueba	UCL		Hrs Trabajo	Ciclos Acumulados
		0,3	0,5		
C1R4I	C1R4a	1,087	0,000	10	60000
C1R4II	C1R4b	0,901	0,000	10	120000
C1R4III	C1R4c	1,300	0,000	10	180000
C1R4IV	C1R4d	0,170	0,000	10	240000
C1R4V	C1R4e	1,020	0,000	10 50	300000
C1R4VI	C1R4f	0,566	0,000	10	360000
C1R4VII	C1R4g	0,210	0,000	10	420000
C1R4VIII	C1R4h	0,566	0,000	10	480000
C1R4IX	C1R4i	0,530	0,000	10	540000
C1R4X	C1R4j	0,842	0,000	10 100	600000
C1R4XI	C1R4k	0,489	0,000	10	660000
C1R4XII	C1R4l	0,821	0,000	10	720000
C1R4XIII	C1R4m	0,366	0,000	10	780000
C1R4XIV	C1R4n	0,300	0,000	10	840000
C1R4XV	C1R4ñ	0,751	0,000	10 150	900000
C1R4XVI	C1R4o	318,600	159,900	10	960000
C1R4XVII	C1R4p	1445,120	654,300	10	1020000
C1R4XVIII	C1R4q	619,000	258,000	10	1080000
C1R4XIX	C1R4r	299,550	133,560	10	1140000
C1R4XX	C1R4s	330,780	143,950	10 200	1200000
C1R4XXI	C1R4t	2068,230	748,630	10	1260000

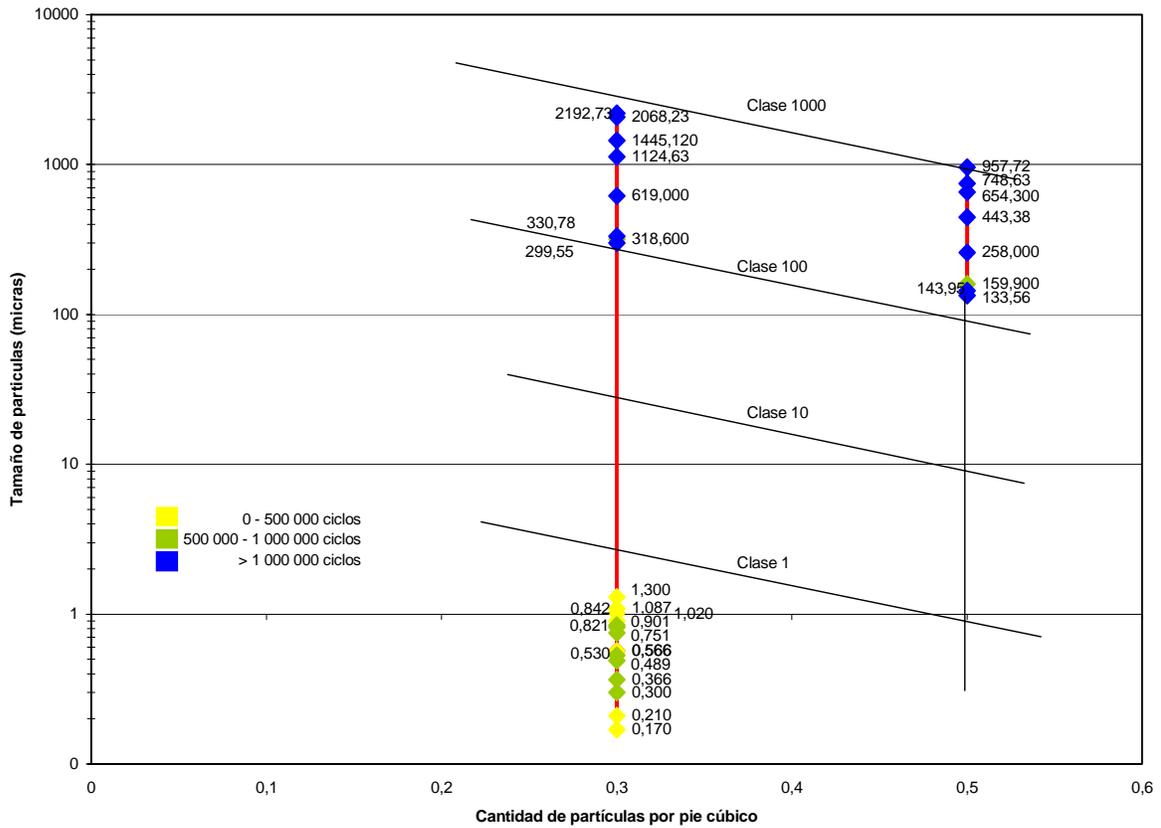
En la tabla 6.2 se aprecia que después de acumular 9×10^5 ciclos de deslizamiento, el rodamiento sometido a una carga de 1 [N] sobrepasó el nivel de generación de partículas correspondiente a un nivel de limpieza Clase 1.

En las gráficas 6.3 y 6.4 se observa que una vez que se sobrepasa el nivel de limpieza Clase 1, la emisión de partículas se dispara en muy pocos ciclos de deslizamiento posteriores.



Gráfica 6.3. Generación de partículas vs. Horas de trabajo del rodamiento No 2

Gráfica 6.4 Nivel de limpieza del Rodamiento 2



Gráfica 6.4. Nivel de limpieza del Rodamiento No. 2

6.3. Rodamiento No.3

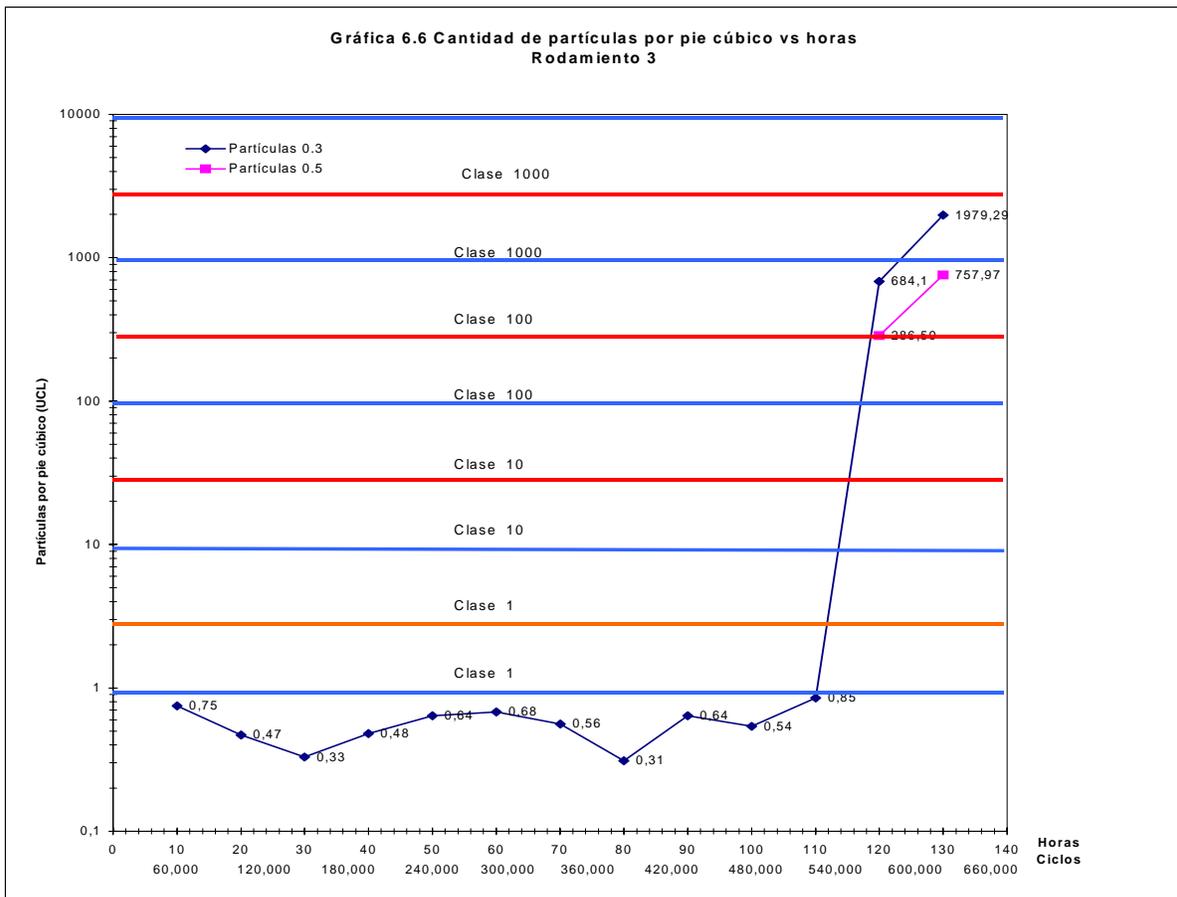
Tomando en cuenta las condiciones indicadas en el apartado 5.5.1 y utilizando las pruebas de monitoreo, se presenta en la tabla 6.3 la cantidad de partículas por pie cúbico emitidas por el rodamiento 3 probado. Las tablas de cada una de las pruebas se presentan en el anexo 5 (sección 5-C).

Tabla 6.3 Cantidad de partículas por pie cúbico del Rodamiento No. 3

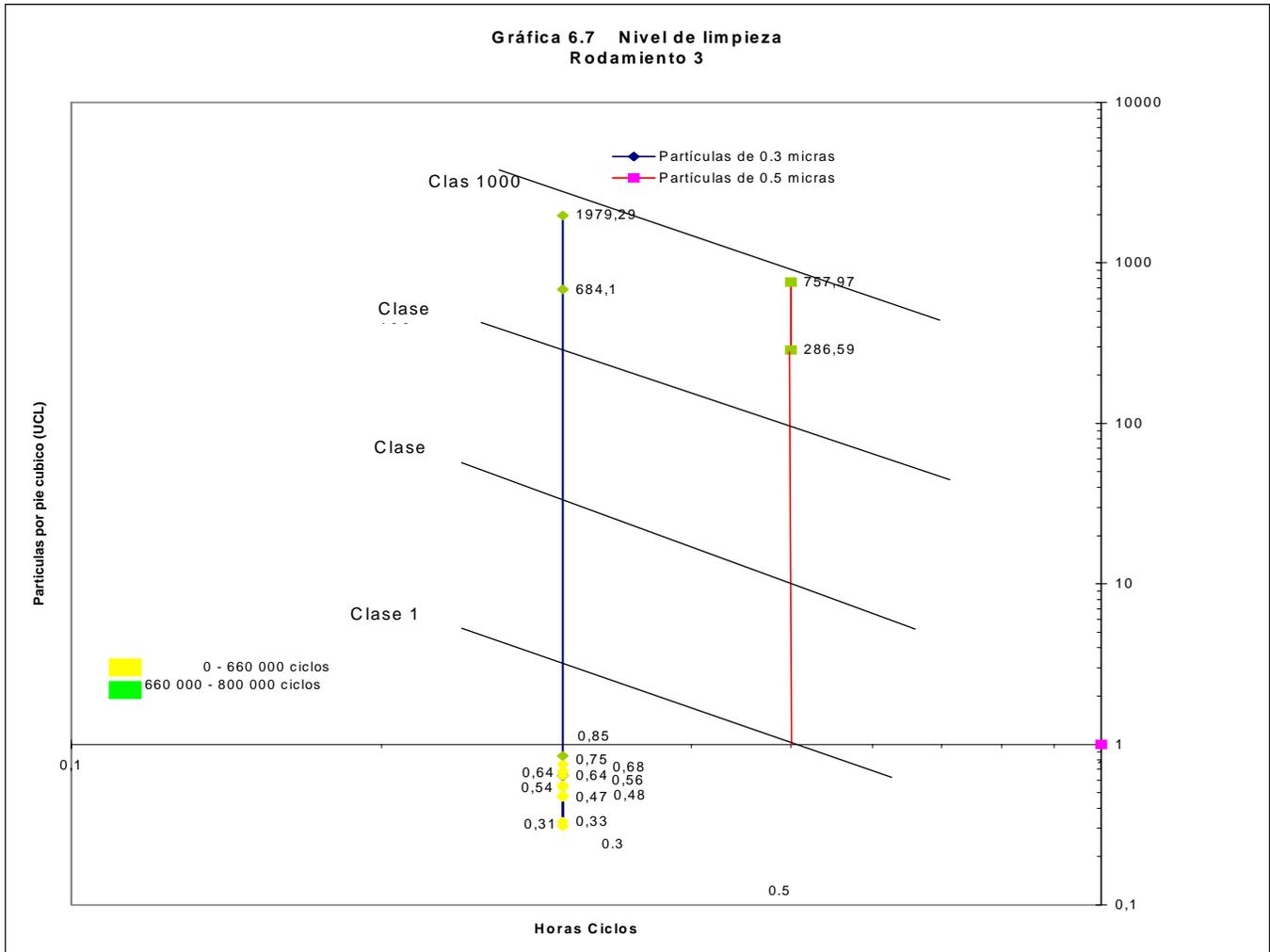
CANTIDAD DE PARTICULAS POR PIE CUBICO					
RODAMIENTO No. 3					
Condiciones: Vel = 100 rpm Carga = 1 N					
Nombre Archivo	Nombre de la Prueba	U C L		Hrs Trabajo	Ciclos Acumulados
		0,3	0,5		
C1R5I	C1R4a	0,75	0,000	10	60000
C1R5II	C1R4b	0,47	0,000	10	120000
C1R5III	C1R4c	0,33	0,000	10	180000
C1R5IV	C1R4d	0,48	0,000	10	240000
C1R5V	C1R4e	0,64	0,000	10 50	300000
C1R5VI	C1R4f	0,68	0,000	10	360000
C1R5VII	C1R4g	0,56	0,000	10	420000
C1R5VIII	C1R4h	0,31	0,000	10	480000
C1R5IX	C1R4i	0,64	0,000	10	540000
C1R5X	C1R4j	0,54	0,000	10 100	600000
C1R5XI	C1R4k	0,85	0,000	10	660000
C1R5XII	C1R4l	684,10	286,59	10	720000
C1R5XIII	C1R4m	1979,29	757,97	10	780000

En la tabla 6.3 se aprecia que después de acumular 6.6×10^5 ciclos de deslizamiento, el rodamiento sometido a una carga de 1 [N] sobrepasó el nivel de generación de partículas correspondiente a un nivel de limpieza Clase 1.

En las gráficas 6.5 y 6.6 se observa que una vez que se sobrepasa el nivel de limpieza Clase 1, la emisión de partículas se dispara en muy pocos ciclos de deslizamiento posteriores.



Gráfica 6.5 Generación de partículas vs ciclos de deslizamiento del rodamiento No. 3



Gráfica 6.6 Nivel de limpieza del rodamiento No. 3

6.4 Rodamiento No. 4

Después de probar 3 rodamientos ultralimpios, se probaron otros dos rodamientos a una carga de 10 [N] para observar su comportamiento y determinar el impacto que se puede tener al incrementar 10 veces la carga sobre el rodamiento.

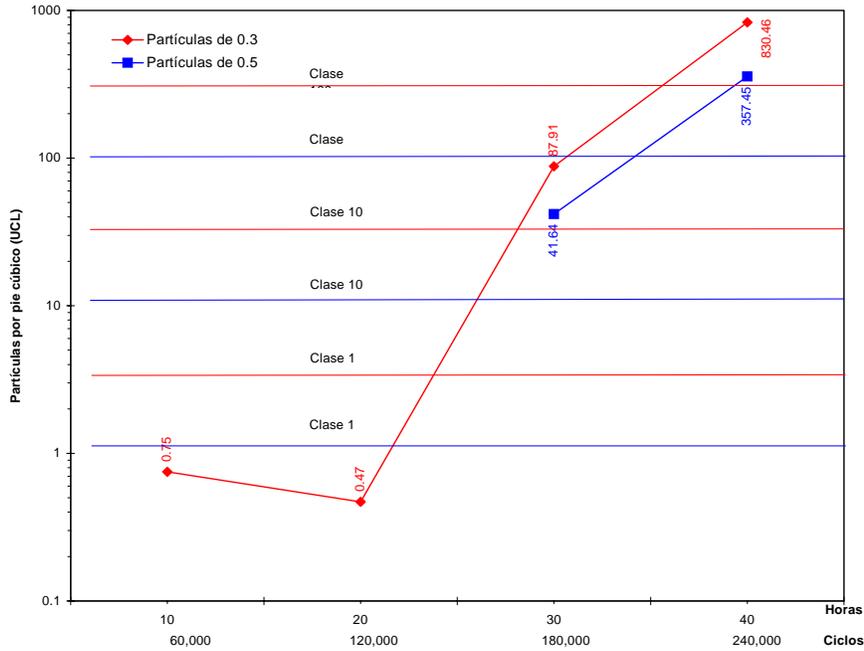
Tomando en cuenta las condiciones indicadas en el apartado 5.5.1 y realizando pruebas de monitoreo, se presenta en la tabla 6.4 la cantidad de partículas por pie cúbico emitidas por el rodamiento 4 probado con una carga de 10 N.

Tabla 6.4 Cantidad de partículas por pie cúbico del rodamiento No. 4

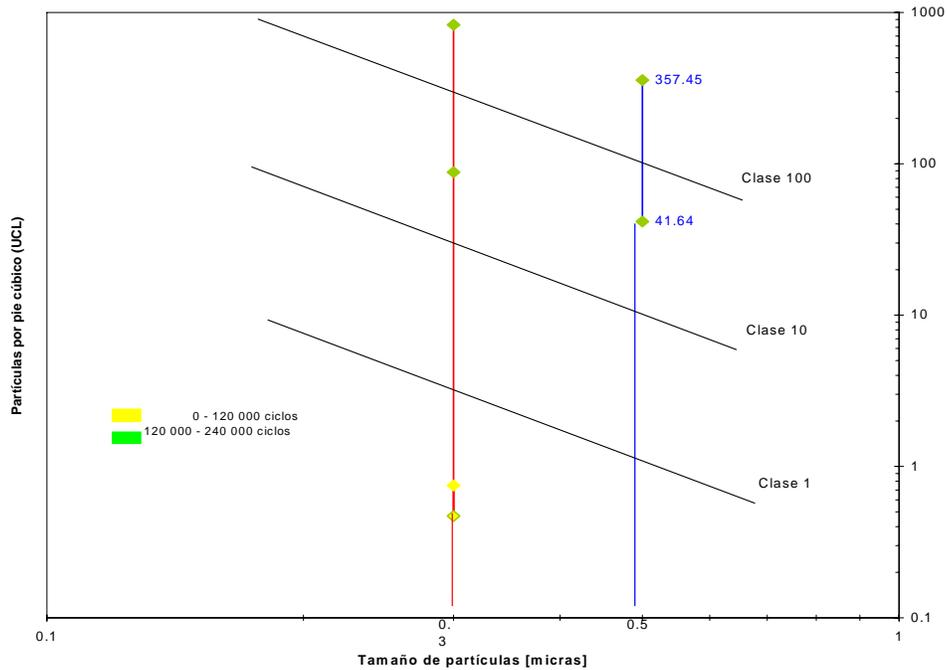
CANTIDAD DE PARTICULAS POR PIE CUBICO					
RODAMIENTO No. 4					
Condiciones: Vel = 100 rpm Carga = 10 N					
Nombre Archivo	Nombre de la prueba	U C L		Hrs Trabajo	Ciclos Acumulados
		0,3	0,5		
C10R6I	C1R4a	0,75	0,000	10	60000
C10R6II	C1R4b	0,47	0,000	10	120000
C10R6III	C1R4c	87,91	41,640	10	180000
C10R6IV	C1R4d	830,46	357,450	10	240000

En la tabla 6.4 se aprecia que después de acumular 1.2×10^5 ciclos de deslizamiento, el rodamiento sometido a una carga de 10 [N] sobrepasó el nivel de generación de partículas correspondiente a un nivel de limpieza Clase 1.

En las gráficas 6.7 y 6.8 se observa que una vez que se sobrepasa el nivel de limpieza Clase 1, la emisión de partículas se dispara en muy pocos ciclos de deslizamiento posteriores.



Gráfica 6.7 Generación de partículas por pie cúbico vs horas de trabajo del rodamiento No. 4



Gráfica 6.8 Generación de partículas por pie cúbico vs horas de trabajo del rodamiento No. 4

6.5 Rodamiento No. 5

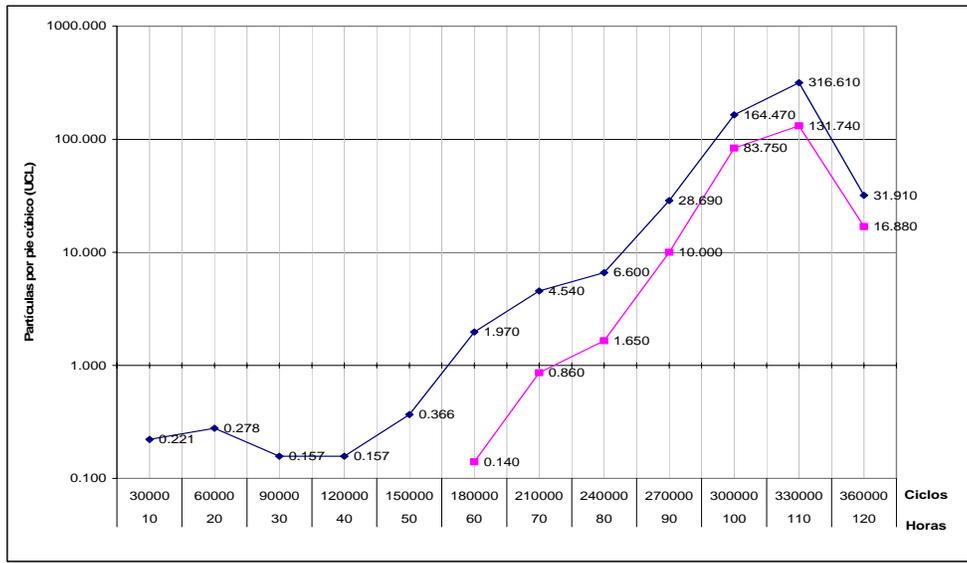
Tomando en cuenta las condiciones indicadas en el apartado 5.5.1 y realizando las pruebas de monitoreo, se presenta en la tabla 6.5 la cantidad de partículas por pie cúbico emitidas por el rodamiento No. 5 probado.

Tabla 6.5 Cantidad de partículas por pie cúbico del Rodamiento No. 5

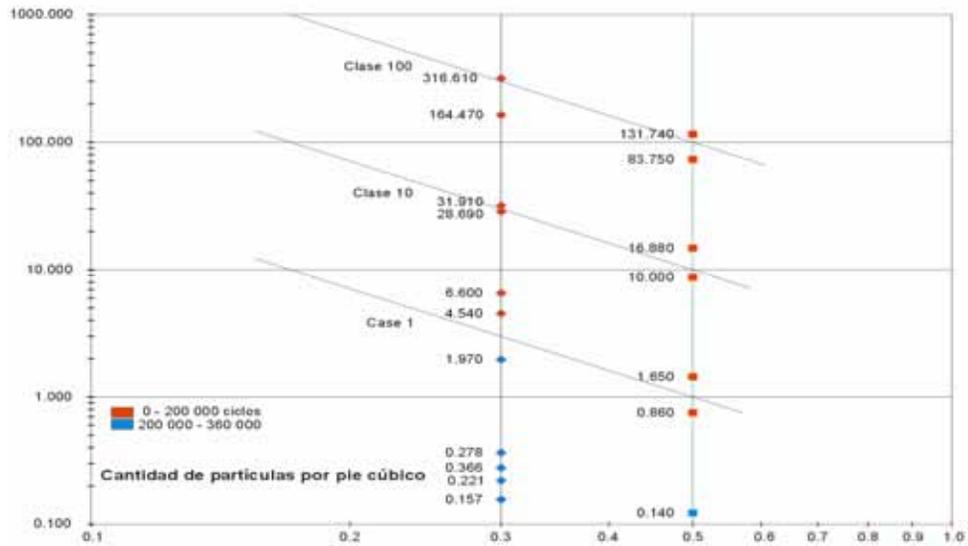
CANTIDAD DE PARTICULAS POR PIE CUBICO				
RODAMIENTO No. 5				
Condiciones: Vel = 50 rpm Carga = 10 N				
Nombre de la Prueba	U C L		Hrs Trabajo	Ciclos Acumulados
	0,3	0,5		
C10R1j	0,221	0,000	10	30000
C10R1s	0,278	0,000	10	60000
C10R1cB	0,157	0,000	10	90000
C10R2mA	0,157	0,000	10	120000
C10R2vA	0,366	0,000	10	150000
C10R2wA	1,970	0,140	10	180000
C10R2xA	4,540	0,860	10	210000
C10R2yA	6,600	1,650	10	240000
C10R2zA	28,690	10,00	10 90	270000
C10R2eB	164,47	83,750	10 100	300000
C10R2fB	316,610	131,740	10 110	330000
Monitoreo	0,067	0,000	Cámara de Control	
C10R2IB	31,910	16,880	10 120	0 360000

En la tabla 6.5 se aprecia que después de acumular 1.5×10^5 ciclos de deslizamiento, el rodamiento sometido a una carga de 10 [N] sobrepasó el nivel de generación de partículas correspondiente a un nivel de limpieza Clase 1.

En las gráficas 6.9 y 6.10 se observa que una vez que se sobrepasa el nivel de limpieza Clase 1, la emisión de partículas se dispara en muy pocos ciclos de deslizamiento posteriores.



Gráfica 6.9 Generación de partículas vs horas de trabajo del rodamiento No. 5



Gráfica 6.10 Nivel de limpieza del Rodamiento No. 5

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente trabajo de investigación en la línea de desarrollo de Robótica del Centro de Diseño y Manufactura, fue posible en primera instancia; construir una cámara de pruebas de conteo de partículas con un nivel de limpieza mejor a Clase 1, por lo que es posible cuantificar de manera confiable el número de partículas generadas por diferentes elementos y sistemas que se deseen probar, para este caso, los rodamientos ultralimpios utilizados en una articulación rotacional de prueba.

De las gráficas obtenidas con el trabajo experimental (capítulo 6) se observa que los rodamientos ultralimpios que se sometieron a una carga de 1 [N], se mantienen en un nivel de limpieza mejor a Clase 1 en un orden de los 3.6×10^5 a los 9.0×10^5 ciclos de deslizamiento, esto es; de las 60 hrs. de trabajo continuo hasta las 150 hrs., con lo cual, se puede asegurar que la articulación sin ningún tipo de sello y utilizando rodamientos ultralimpios no genera partículas sino hasta después de 60 hrs. de trabajo continuo, pero además, considerando que la carga de prueba de 1 [N] está por arriba del peso de un disco de silicio de 100 milímetros de diámetro, se espera que el tiempo de trabajo continuo del rodamiento ultralimpio sin generar partículas contaminantes sea superior a 150 hrs. de trabajo continuo.

Cuando se aplicó una carga de 10 [N] a dos nuevos rodamientos ultralimpios, se observó que los ciclos de deslizamiento medidos en unidad de tiempo antes de rebasar el nivel de limpieza Clase 1 fue de entre 20 hrs. y 40 hrs. de trabajo continuo, confirmándose la influencia de la carga con respecto a la generación de partículas producidas por el desgaste por fatiga que se presenta entre los elementos rodantes y las pistas de los rodamientos, siendo la causa principal de la contaminación.

Con el trabajo experimental realizado y la propuesta de diseño del modelo de articulación rotacional de prueba (ARP) presentado en el apartado 5.2, se generó información útil para el diseño de las articulaciones rotacionales del brazo y antebrazo del robot para transportar discos de silicio, las cuales, como elementos principales deben utilizar rodamientos ultralimpios sin sellos marca NTN, y el eje de rotación debe ser de acero inoxidable AISI 304 con un maquinado de ajuste fino de adherencia k_6 y acabado espejo.

Fue posible desarrollar una articulación rotacional de prueba con un nivel de limpieza mejor a Clase 1 considerando también, que el ensamble entre el soporte, el eje de rotación y el rodamiento ultralimpio debe ser en condiciones de limpieza dentro de la

cámara de control y de acuerdo al procedimiento indicado en el apartado 4.2.1., además de evitar inducir algún tipo de precarga, para lo cual, se debe contemplar una tolerancia geométrica de paralelismo entre el soporte, el rodamiento, y el eje de rotación de 0.001 mm y una tolerancia de perpendicularidad de 0.001 mm.

Para los sistemas de transmisión se recomienda utilizar poleas síncronas de aluminio 6063 anodizado y bandas dentadas de uretano.

Después del trabajo de diseño y experimental realizado, se pudo establecer el impacto que tiene una articulación rotacional sin sellos que emplea rodamientos ultralimpios, con un nivel de limpieza mejor a Clase 1 con un período de vida conocido, con lo cual, ahora se propone trabajar con la fabricación y ensamble de nuevas articulaciones rotacionales, y determinar el nivel de generación de partículas del robot en conjunto, para así determinar el nivel de limpieza del robot para transportar discos de silicio construido en los laboratorios del Centro de Diseño y Manufactura.

REFERENCIAS

- [Bartl, 96] *Bartl J., "Interferometer for the measurement of defects on ball bearings"., Review of Scientific Instruments, Feb. 1996, Vol. 67, No. 2, pp. 558-563, Woodbury, NY, USA.*
- [Bertrand, 97] *Bertrand PA., Carre DJ., "Oil exchange between ball bearings and porous polyimide ball bearing retainers", Tribology Transactions, Apr. 1997, Vol 40, No 2, pp 294-302, Soc. of Tribologist & Lubrication Engineers, Park Ridge, IL, USA.*
- [Bunting, 90] *Bruce G. Bunting, "Wear in Dry-Lubricated, Silicon Nitride, Angular-Contac Ball Bearings", Lubrication Engineering, Vol. 46, No. 11, pp. 745-751.*
- [Chandrase. 93] *Chandrasekaran T., Kishore, "Effect of microstructure and hardness on the grinding abrasive wear resistance of a ball", Wear, V. 161 No. 1-2, Apr 1, 1993, pp. 105-109.*
- [Chase, 92] *Thaddeus J. Chase, "Wear Modes Active in Angular Contact Ball Bearings Operating in Liquid Oxygen Environment of Space Shuttle Turbopumps", Lubrication Engineering, Vol. 49, No. 4, pp. 313-322, 1992.*
- [Chaudhuri, 93] *Chaudhuri, Dilip K., Slifka, Andrew J., Siegwarth, James D., "Friction and oxidative wear of 440C ball bearings steel under high load and extreme bulk temperatures", Wear, V. 160, No. 1 Jan. 2, 1993 pp. 37-50.*
- [Chiu, 96] *Chiu, Pearson PK, Dezzani M., Daverio H., "Fatigue life and performance testing of hybrid ceramic ball bearings", Lubrication Engineering, Mar. 1996, Vol. 52, No. 3, pp. 198-204, Park Ridge, IL, USA.*

- [Cooper, 91] *Cooper, J R., Dowson, D., Fisher, J., Jobbins, B., "Ceramic bearing surfaces in total artificial joints. Resistance to third body wear damage from bone cement particles"., Journal of Medical Engineering & Technology. v 15 n 2 Mar-Apr 1991. p 63-67.*
- [Dorf, 82] *Dorf, R., "Clean Room Application", Encyclopedia of Robotics, pp. 177-182, 1982.*
- [Elhauge, 86] *Edward Elhauge, "Robots in the Semiconductor Industry", Robotics Engineering, Oct. 1986, pp. 5-8, USA.*
- [Farhang, 94] *Farhang K., Mehra K., Datta J., "Simplified model for structural vibrations in ball bearings"., American Society of Mechanical Engineers, Desing Engineering Division, DE, 1994, Vol. 69-1, pp. 603-612, New York, NY, USA.*
- [Ferris, 85] *David Ferris And Nilliam Mc Connell, "Assessment of Robot Cleanliness for Wafer Handling and Cleanroom Aplication, Microelectronics, May. 85.*
- [Fisher, 94] *Fisher J, Dowson, D. Hamdzah, H. Lee, H. L., "Effect of sliding velocity on the friction and wear of UWHMPE for use in total artificial joints", Wear, V. 175, No. 1-2, Jun. 1994, pp. 219-225.*
- [Floyd, 82] *Floyd RE., Gasparri AS., Glaeser RD., Hecker EP., Majewski FT., Manthei LW., Miller DL., Riggs CD., Stanley RC., Vozzola DB., "Clean room robot"., IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol. 25, No. 4, Sept. 1982, pp. 2226, USA.*
- [Gupta, 91] *Gupta, Pradeep K., "Cage unbalance and wear in ball bearings", Wear, V. 147, No. 1, Jul. 5, 1991, pp. 93-104.*
- [Gyorki, 2000] *"Mechanical Components intended to run in clean rooms for water fabrication must comply with uniform industry standards that dictate the number and size of particles thay can generate" Machine Design, Nov. 16, pp. 82-84, 2000.*

- [Hagiu, 94] Hagiu GD, Gafitanu MD, "Preload-service life correlation for ball bearings on machine tool main spindles", *Wear*, 1994, No. 1, pp. 79-83, Iasi, Rom.
- [Higuchi, 93] Higuchi T., Oka K., Sugawara H., "Clean room robot with non-contact joints using magnetic bearings"., *Advanced Robotics*, V. 7, No. 2, 1993. pp. 105-119.
- [Hoge, 94] Hoge James E., Dr. Rayan Eadara, David Dahl, "Material-Wear Resistance Quantification", ANTEC'94, pp. 2208-2210, Ciba-Geigy Corporation.
- [Hosobuchi, 92] Hosobuchi E., Yamashita T., Onishi M., Tsubaki T., "Start of operation of autonomous mobile robot in clean room", *Flexible Automation 1992, Proc 92 Jpn USA Symp Flexible Autom. Publ by ASME, New York, NY, USA.* pp. 1361-1364.
- [Hugh, 93] Howorth Hugh, "The Evolution and Development of Clean Air Systems for Surgery", Ollerton Laboratories, Nr Chorley, Lancs., *Journal of the Institute of Hospital Engineering and the International Federation of Hospital Engineering*, Dec. 1993, Vol. 47, No. 10.
- [Ichikawa, 95] Ichikawa S., Juhartono, Ona H., Yoshimoto I., "Life test of ceramic ball bearings by staircase method"., *Seimitsu Kogaku Kaishi/Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Dec. 1995, Vol. 61, No. 12, pp. 1740-1744, Tokyo, Japan.
- [Inoue, 96] Inoue K., "Typical applications of clean room robots"., *Katakana/Robot*. No. 109 Mar. 1996, pp. 46-51.
- [Ioannides,90] E. Ioannides, E. Beghini and B. Jacobson, "clean lines and Its Importance", *Lubrication Engineering*, Vol. 49, No. 9, pp. 657-663.

- [Iscoff, 84] *Iscoff R., "Robots in the clean room", Semiconductor International, Vol. 7, No. 11, Nov. 1984, pp. 50-7. USA.*
- [Ishida, 92] *Ishida H., "Mobile robot for measuring cleanliness in the clean room", Katakana/Robot, No. 86, May. 1992, pp. 38-43, Japan.*
- [Iwasaki, 90] *Sekiguchi H., Iwasaki T., Harima T., "Development of clean room with four revolute joints using parallelogram arm mechanism", Journal of the Japan Society of Precision Engineering/Seimitsu Kogaku Kaishi, Vol. 56, No. 4, April 1990, pp. 655-60, Japan.*
- [Kaftan, 83] *Kaftan RL., Majewski FT., Riggs CD., "Electric-driven clean-room robot with computer-controlled "Z" axis"., IBM Technical Disclosure Bulletin, Vol.26, No. 3B, Aug. 1983, pp. 1485-6, USA.*
- [Kakimoto, 96] *Kakimoto A., "Detection of surface defects on steel ball bearings in production process using a capacitive sensor"., Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, Jan. 1996, Vol. 17, No. 1, pp. 51-57.*
- [Kakuta, 96] *Kakuta K., "Ball load distribution of single-row radial ball bearings under oblique raceway and radial load"., Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/ Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C, Jul. 1996, Vol. 62, No. 599, pp. 2792-2797.*
- [Kakuta, 96] *Kakuta K., Kohno T., Ohta H., Ota H., "Generating mechanism of forces acting on retainer of ball bearings supporting unbalanced rotating shaft"., Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C, Aug. 1996, Vol. 62, No. 600, pp. 3210-3215, Tokyo, Japan.*
- [Kamiya, 97] *Kamiya K., Iida S., Koyama T., Matsumoto N., Toyoda A., "Vehicle control for clean room mobile robot"., Proceedings of the International Robots and Vision Conference, Featuring 28th international Symposium on Robotics, Robotic Ind. Assoc., 1997, pp. 13/1-15. Ann Arbor, MI, USA.*

- [Kern, 90] *Frederick W. Kern, and Robert F. Kunesch, "A methodology for determining particle origins in semiconductor manufacturing cleanrooms", Proceedings of the 30th Annual Technical Meeting of the Institute of Environmental Sciences, 1990, pp. 303-307.*
- [Kochan, 98] *Kochan A., "Clean room robots become cleaner and more reliable"., The industrial Robot, Vol. 25, No. 1, 1998, pp. 27-9, Publisher: MCB University Press, UK.*
- [Kokkinis, 87] *Kokkinis T., Wilson J., Leka L., "Direct-drive robot clean room assembly"., Third IEEE/CHMT International Electronic Manufacturing Technology Symposium "Manufacturing Technology-The Competitive Advantage" (Cat. No.87CH2483 6). IEEE. 1987, pp. 245-249. New York, NY, USA.*
- [Kurihara, 88] *Kurihara K., "Development of clean room robot and its application"., Katakana/Robot, No. 63, July 1988, pp. 34-40, Japan.*
- [Lovell, 94] *Lovell MR, Khonsari MM, Marangoni RD, "Experimental measurements of the rest-slope and steady torque on ball bearings experiencing small angular rotations", Tribology Transactions, 1994, No. 2, pp. 261-268, Pittsburgh, USA.*
- [Marcy, 86] *Marcy WM., "Workplace design and robot programming for the clean room", Robotics Today, Vol. 8, No.1, Feb. 1986, pp. 35-7. USA.*
- [Major, 97] *Major M., "Contradictory demands of cleanroom manufacturing", Medical Device and Diagnostic Industry [MED DEVICE DIAGN IND], Vol. 19, No. 2, pp. 100-103.*
- [McClelland, 86] *McClelland S., "The cleanest robots in the world"., The industrial robot, Vol. 13, No. 4, Dec. 1986, pp. 217-220, UK.*

- [Mielke, 92] Mielke R.L., "Proposed Changes to FED-STD-209 and IES-RP-CC006", EG and G Mound Applied Technologies, Miamisburg, OH. Department of Energy, Washington, D.C. 1992, 7 p.
- [Mizumoto, 96] Mizumoto H., Arie S., Yoshimoto A, Shimizu T., Ikawa N., "Twist-roller friction drive for nanometer positioning-simplified desing using ball bearings"., *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 1996, Vol. 45, No. 1, pp. 501-504.
- [Morgan, 96] Dwight M. Morgan, "Design and Assessment of Industrial Robot for Use in Microelectronic Manufacturing Facilities", GMF Robotics Corporation, Troy, Michigan.
- [Murata, 91] Murata M., Onishi M., "Autonomous mobile robot SEL-CARRY ACE for transportation in the clean room", *Katakama/Robot*, No. 82, Sept. 1991, pp. 77-83, Japan.
- [Nagaraj, 87] H.S. Nagaraj, B.L. Owens, R. J. Miller, "Particulate Generation in Devices in Clean Manufacturing", *Engineering Technology*, 7 pages RC13196 (# 5903a) 10/14/87.
- [Nava, 85] Nava J., "Mobile robots in clean room manufacturing"., *Robotics age*, Vol. 7, No. 12, Dec. 1985, pp. 24-6. USA.
- [Newboe, 91] Betty Newboe, "Successful Cleanroom Designs" *Semiconductor International*, May. 1991, 14, 106-110, ISSN 0163-3767.
- [Nishikawa, 96] Nishikawa Y., "Mobile robot system for transportation in the clean room"., *Katakana/Robot*. No. 113 Nov. 1996. pp. 41-45.
- [Nishioka, 92] Nishioka T., "Research and development of a clean room test robot", *Katakama/Robot*, No. 86, May 1992, pp. 20-6, Japan.
- [Nosaka, 93] Nosaka M, Oike M, Kikuchi M, Kamijo K, Tajiri M, "Self-lubrication performance and durability of ball bearings for the LE-7 liquid oxygen rocket-turbopump", *Lubrication Engineering*, 1993, No. 9, pp. 677-688, Miyaqai, Japan.

- [Nosaka, 96] Nosaka M., Oike M., Kikuchi M., Nagao R., Mayumi T., "Evaluation of durability for cryogenic high-speed ball bearings of LE-7 rocket turbopumps"., *Lubrication Engineering*, Mar. 1996, Vol. 52, No. 3, pp. 221-233, Park Ridge, IL, USA.
- [Novosel, 96] Novosel Radovic V., Kostelac M., Radovic N., Hrvatov Crljenica N., "Links for ball bearings and residual stress", *Metallurgy*, Jul.-Sep. 1996, Vol. 35, No. 3, pp. 151-155.
- [Ogawa, 93] Ogawa T, Konishi K, Aihara S, Sawamoto T, "Development of ball bearings with solid film for high-vacuum, high-temperature, high-speed application", *Lubrication Engineering*, 1993, No. 4, pp 291-299, Kanagawa, Jpn
- [Ohta, 96] Ohta H., Kobayashi K., "Vibrations of hybrid ceramic ball bearings"., *Journal of sound and vibration*, May 2 1996, Vol. 192, No. 2, pp. 481-493. Academic Press Ltd, London, England.
- [Ohta, 98] Ohta, Makoto., Ion, Suong-Hyu., Oka, Masanori., Tsutsumi, Sadami, "Wear-resistant properties of newly 3-D orientated UHMWPE for artificial joints", *Advances in Bioengineering, American Society of Mechanical Engineers, Bioengineering Division (Publication) BED*, Vol 39, 1998, ASME, Fairfield, NJ, USA, pp. 355-356.
- [Olaru, 93] Olaru DN, Gafitanu MD, "Starvation in ball bearings" *Wear*, 1993, No. 2, pp. 219-234, Iasi, Romania.
- [Omomo, 92] Omomo J., Maeda M., "Development of a clean room environment investigating robot"., *Katakana/Robot*, No. 86, May 1992, pp. 27-32. Japan.
- [Onishi, 92] Onishi M., Nishikawa Y., "Autonomous mobile robot system for transportation in the clean room"., *Katakana/Robot*, No. 86, May 1992, pp. 33-7, Japan.
- [Orlow, 91] A.V. Orlow, "Improvement of Ball Bearing Performances", *Wear*, Vol. 148, pp. 295-304, 1991.

- [Oonishi, 92] Oonishi H., Takayaka Y., Clarke I., Jung H., "Comparative wear studies of 28 mm ceramic and Stainless steel total hip joints over 2 to 7 year period." *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*, Vol. 2, No. 1, 1992, pp. 37-47
- [Pagano, 88] Pagano FS, "Clean room robots implement the automation goal", *Electro/88 Conference Record Electron, Conventions Manage*, 1988, pp. 27/4/1-4, Los Angeles, CA, USA.
- [Palmer, 98] Palmer R., "The future of clean room robots"., *The industrial Robot*, Vol. 25, No. 1, 1998, pp. 6-7. Publisher: MCB University Press, UK.
- [Peterson, 84] Peterson T., "Anatomy of a clean room robot"., *Semiconductor International*, Vol. 7, No. 11, Nov. 1984, pp. 58-62. USA.
- [Pathak, 90] M.A. Pathak and R. S. Ahluwalia, "An Expert System for the Design and Selection of Ball Bearing Parameters"., *Materials and Design*, Vol. 11, No. 6, pp. 317-322, 1990.
- [Podsiadlo, 97] Podsiadlo, P. Kuster, M. Stachowiak, "Numerical analysis of wear particles from non-arthritis and osteoarthritis human knee joints"., *Wear*, Vol. 210, No. 1-2, Sep. 1997, pp. 318-325.
- [Prater, 95] Prater, Walter, "Controlling wear particles in the airstream of disk drives by proper ball bearing design", *Advances in Information Storage and Processing Systems of American Society of Mechanical Engineers*, Vol. 1, 1995, ASME, New York, NY, USA. pp. 89-96.
- [Roa, 96] Roa AL., "Fast selection method for ball bearings for belt conveyor upper rollers"., *Bulk Solids Handling*, Oct-Dec. 1996, Vol. 16, No. 4, pp. 623-625, Zurich, Switzerland.
- [RogerKu, 95] RogerKu CP., "Dynamic characteristics of hard disk drive spindle motors-comparison between ball bearings and hydrodynamic bearings"., *American Society of Mechanical Engineers (Paper)*, 1995, pp. 6, New York, NY, USA.

- [Roth, 93] Roth N., Schneider B., "Clean room industrial robot for handling and assembly in semiconductor industry", *Cirp Annals*. Vol. 42, No. 1, 1993. pp. 21-24.
- [Seiki, 92] Seki Katsumi and Nishimura Makoto, "Lubrication Characteristics of Oils and Greases Applied to Ball Bearings for Use in Vacuum", *Journal of Synthetic lubrication*, Vol. 9, No. 1, pp. 17-27, 1992.
- [Seki, 95] Seki K., Suzuki M., Nishimura M., Hasegawa M., Moriyama M., "Performance of ball bearings operated at temperatures up to 500 °C in vacuum"., *Lubrication Engineering*, Sept. 1995, Vol. 51, No. 9, pp. 753-763, Park Ridge, IL, USA.
- [Sekiguchi, 90] Sekiguchi H., Murata K., Nishimura T., "Clean-room robots", *Mitsubishi Denki Giho*, Vol. 64, No. 5, 1990, pp. 20-5, Japan.
- [Sekiguchi, 96] Sekiguchi H., Nishimura T., "Development of LCD glass panel handling "4-axis-type" clean room robots"., *Katakana/Robot*. N 113, Nov. 1996, pp. 52-57.
- [Seta, 92] Seta S., "A robot for experimental use in clean room "clean mouse""., *Katakana/Robot*, No. 86, May 1992, pp. 44-8, Japan.
- [Shima, 97] Shima, M. Oijun, Li. Aihara, S. Yamamoto, T. Sato, J. Waterhouse, "Desing effects on the fretting wear behavior of ball bearings"., *Tribology International*, Vol. 30 No. 10, Oct. 1997, pp. 773-778.
- [Shirazi, 88] Shirazi, M. "Development And Testing of a Vacuum Compatible Robot" *Manufacturing Review*, Dic. 1988, Vol. 1, No. 4, pp. 259-264.
- [Stupka, 92] Stupka K., Dohnal M. "Fuzzy knowledge base of ball bearing wear and its practical applications", *Wear*, Vol. 156, No. 2 Jul. 30, 1992 pp. 239-250.
- [Tada, 85] Tada H., Nakada A., "Clean-room robot"., *National Technical Report (Matsushita Electric Industry Company)*, Vol. 31, No. 4, Aug. 1985, pp. 464-72, Japan.

- [Todd, 97] Todd MJ., "GENSIM- a compact regression-based model for Coulomb torque in ball bearings", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Journal of Engineering Tribology*, 1997, Vol. 211, No. 2, pp. 151-161, London , Engl.
- [Tomiyama, 87] Tomiyama K., Maeda K., Yamamura H., "Clean room robot with 3-D link mechanism NR-611CL", *NEC Technical Journal*, Vol. 40, No. 9, Oct. 1987, pp. 34-9, Japan.
- [Tomiyama, 88] Tomiyama K., "Clean room robot and clean manufacturing system", *Katakana/Robot*, No. 63, July 1988, pp. 62-9. Japan.
- [Tzenov, 94] Tzenov Pi, Sankar TS, "Improved model for nonplanar contact sliding in ball bearings" *Journal of Tribology, Transactions of the ASME*, 1994, No. 2, pp. 219-224, Montreal Canada.
- [Uchida, 97] Uchida H., Shimizu S., "Load distribution and stiffness of a spindle supported by angular contact ball bearings"., *Seimitsu Kogaku Kaishi/Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Jul. 1997, Vol. 63, No. 7, pp. 1033-1038.
- [Wang, 97] Y. Wang, M. McNallan, X. Zhang and T. Lei, "Wear Resistance and Energy Consumption of Eutectoid Steel During Dry Sliding", *Scripta Materiala*, Vol. 36, No. 2, pp. 213-217, 97.
- [Wang, 98] Wang, Aiguo, Edwards Brian, Yau, Shi-Shan, Polineni, V. Krishna, Essner, Aaron, "Orientation softening as a mechanism of ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) wear in artificial hip and knee joints"., *ASTM Special Technical Publication. V 1307*, Feb. 1998, ASTM, Conshohocken, PA, USA, pp. 56-76.
- [Washo, 96] Washo Mw., "Quick method of determining root causes and corrective actions of failed ball bearings"., *Lubrication Engineering*, Mar 1996, Vol. 52, No. 3, pp. 206-213, Park Ridge, IL, USA.
- [Wikstrom, 96] Wikstrom V, Hoglund E, "Starting and steady-state friction torque of grease-lubricated rolling element bearings at low temperatures: Part II: Correlations with less-complex test methods", *Tribology Transactions*, 1996, No. 3, pp. 684-690, Lulea, Sweden.

- [Williams, 97] Williams JM., Miner JR., "Ion implantation of silicon nitride ball bearings", *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, May 2 1997, Vol. 127-128, pp. 981-986, Amsterdam, Netherlands.*
- [Wright, 84] Wright AJ., "Robot system integration: clean room workcells", *Proceedings of the Second Annual International Robot Conference, Tower Conference Manage Co., 1984, pp. 277-282. Wheaton, IL, USA.*
- [Wyman, 84] Vic Wyman, "Cleaning up in Microelectronics", *Factory Cleanrooms, 31 May 1984, pp. 34-35.*
- [Xue, 95] Xue J., "Effect of contamination particles on lithium grease deterioration in sealed ball bearings", *Lubrication Science, Apr. 1995, Vol. 7, No. 3, pp. 233-245, Deal, England.*
- [Yasunori, 89] Yasunori Yamazaki, "Cylindrical Coordinates Clean Robot System for Removing Injection Moldings", *Jpn J. Adv. Automation Tech., Vol. 1, pp. 30-34, 1989.*
- [Yokoyama, 96] Yokoyama K, Tohyama A, Susuki T, "Evaluation of friction torque of rolling bearing" *Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 1996, No. 2 pp. 210,214, Tokyo Japan.*
- [Brooks Automation] Mechanical Engineering, "Clean Machine", June/1987.
- [Solid State Technology, 94] State "New Challenges for Robotics and Automation", *Solid State Technology, April 1994, pp. 67-69.*



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO Y PROPUESTA
EXPERIMENTAL PARA EVALUAR EL NIVEL DE
EMISIÓN DE PARTÍCULAS CONTAMINANTES EN
UNA DE SUS ARTICULACIONES ROTACIONALES
(Vol. 2)**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTOR EN INGENIERÍA

P R E S E N T A :

LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ

TUTOR: **Dr. MARCELO LÓPEZ PARRA**
COTUTOR: **Dr. ALEJANDRO RAMÍREZ REIVICH**

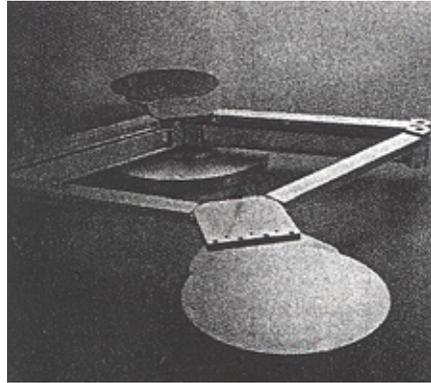


CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D. F.

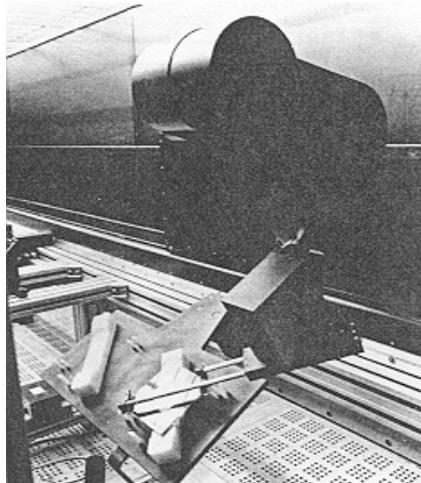
NOVIEMBRE 2006

ANEXO 1

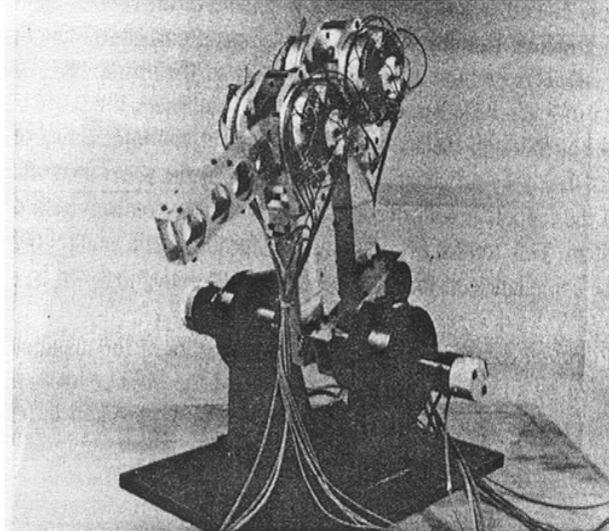
*FOTOGRAFÍAS DE ROBOTS
PARA CUARTOS LIMPIOS*



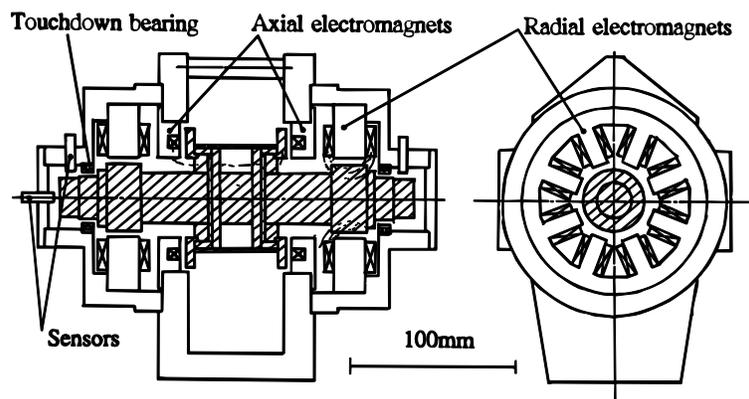
Fotografía 2.1 Robot dentro de una cámara de vacío



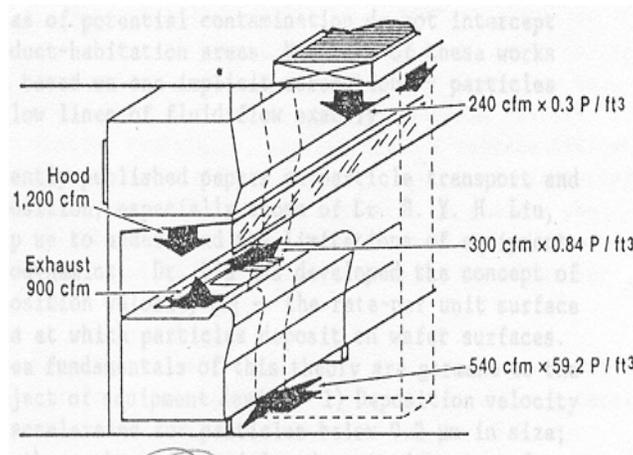
Fotografía 2.2 Robot trabajando en la producción de semiconductores.



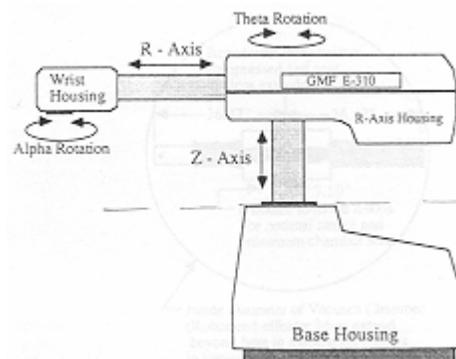
Fotografía 2.3 Robot con articulaciones soportadas con rodamientos magnéticos



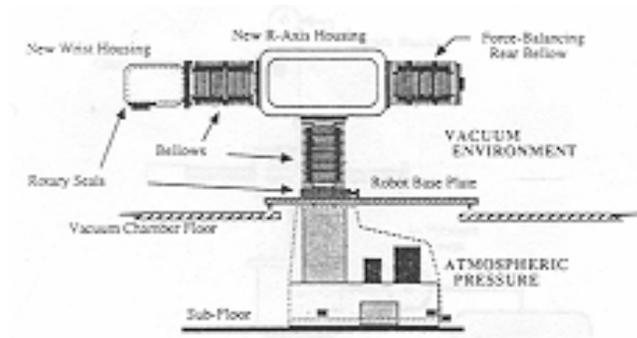
Fotografía 2.4 Articulación con rodamientos magnéticos



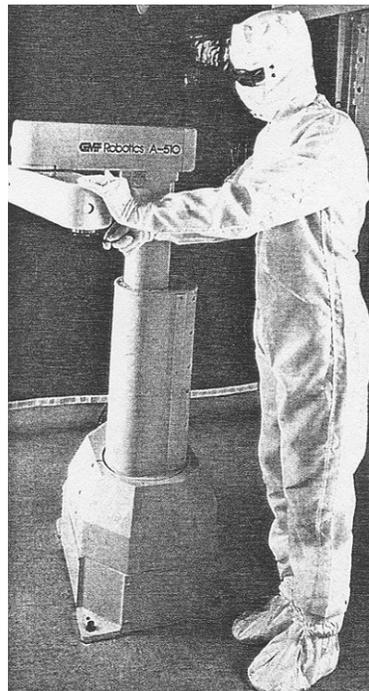
Fotografía 2.5 Zonas con diferentes sistemas de manejo de aire y niveles de limpieza



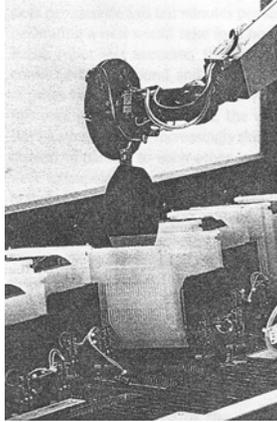
Fotografía 2.6 robot clase 10 marca GMF-E-310.



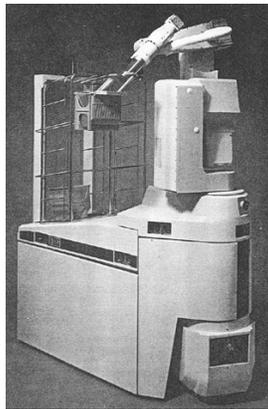
Fotografía 2.7 Fuelles en las articulaciones del robot clase 10 marca GMF-E-310.



Fotografía 2.8 Robot tipo SCARA introducido por GMF (General Motors and Fanuc Limited of Japan)



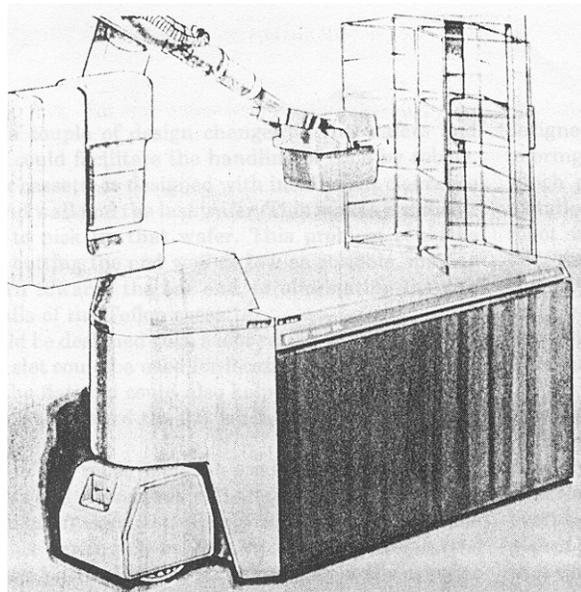
Fotografía 2.9 Robot para transportar discos de silicio



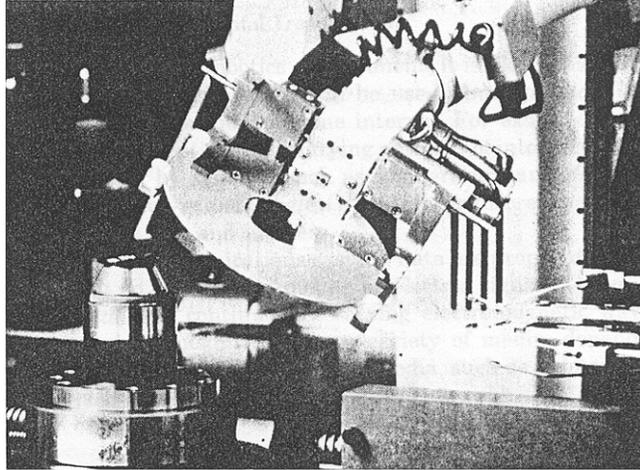
Fotografía 2.10 Brazo de 6 grados de libertad montado en un vehículo de guía automática



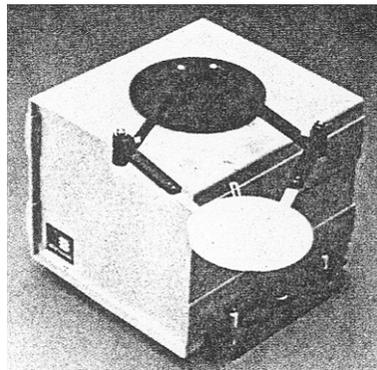
Fotografía 2.11 Robot PUMA 5000 (Unimación, Inc.)



Fotografía 2.12 Robot para realizar transferencias



Fotografía 2.13 Elemento terminal de un robot para cuartos limpios.



Fotografía 2.14 Robot "foro leg" de la empresa "Brooks Automation"

ANEXO 2

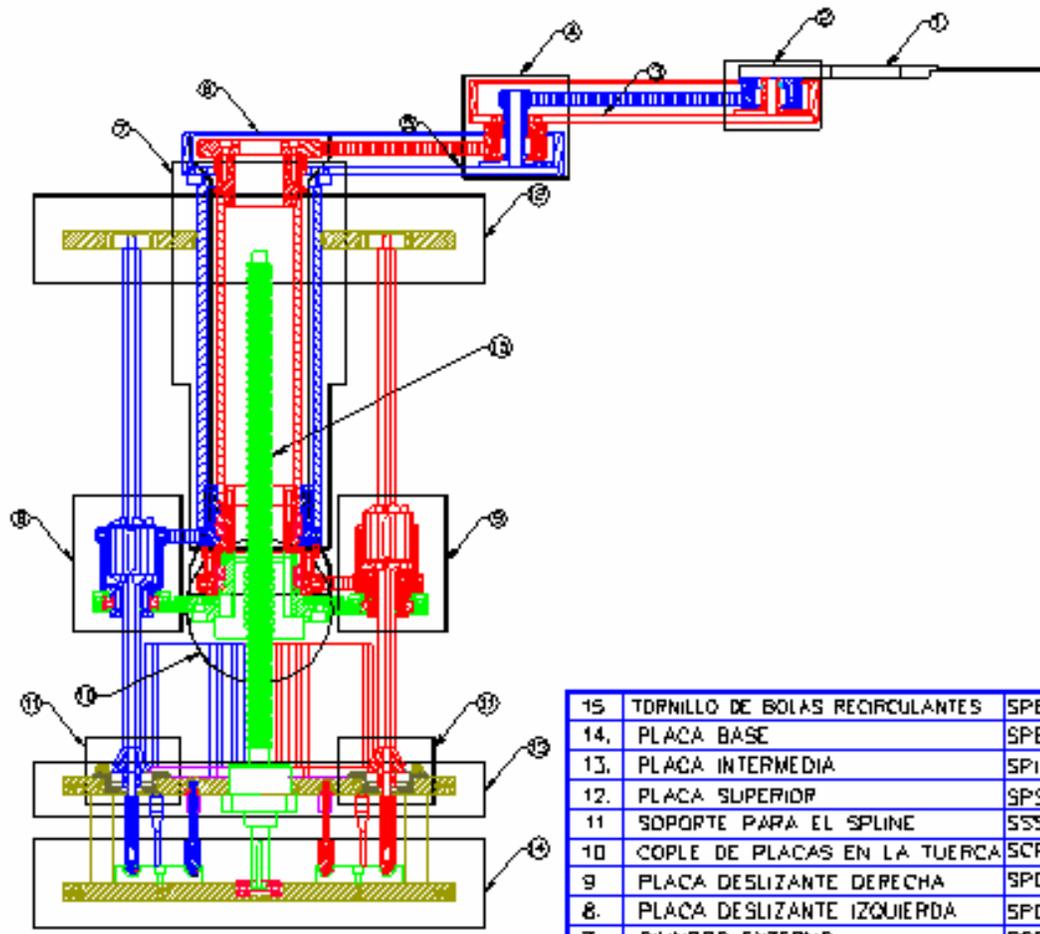
*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO*

Lista de planos

Sistema	Plano	Clave	Pág
	Ensamble General	E-G	2-1
Sistema Brazo			2-2
	Ensamble	SB-E-01	2-3
	Base del brazo	SB-F-01	2-4
	Cubierta del brazo	SB-F-02	2-5
Sistema Antebrazo			2-6
	Ensamble	SA-E-01	2-7
	Base del antebrazo	SA-F-01	2-8
	Cubierta del antebrazo	SA-F-02	2-9
Sistema Cilindro Externo			2-10
	Ensamble	SCE-E-01	2-11
	Cople balero cilindro externo	SCE-F-01	2-12
	Soporte superior	SCE-F-02	2-13
	Cilindro exterior	SCE-F-03	2-14
	Mamelón	SCE-F-04	2-15
	Polea	SCE-F-05	2-16
	Rodamiento de bolas	SKF 61808	
Sistema Cilindro Interno			2-17
	Ensamble	SCI-E-01	2-18
	Polea superior cilindro interno	SCI-F-01	2-19
	Anillo separador	SCI-F-02	2-20
	Mamelón	SCI-F-03	2-21
	Cilindro interno	SCI-F-04	2-22
	Cople soporte del rodamiento	SCI-F-05	2-23
	Cople del rodamiento	SCI-F-06	2-24
	Cople polea cilindro interno	SCI-F-07	2-25
	Polea inferior cilindro interno	SCI-F-08	2-26
	Rodamiento de bolas	SKF 61810	
Sistema Codo			2-27
	Ensamble	SC-E-01	2-28
	Base del codo	SC-F-01	2-29
	Polea	SC-F-02	2-30
	Soporte superior del rodamiento	SC-F-03	2-31
	Polea codo muñeca	SC-F-04	2-32
	soporte superior interno	SC-F-04	2-32
	Rodamiento de bolas	SKF 61800	
Sistema Cople			2-33
	Ensamble	SCPT-E-01	2-34
	Cople placas tuerca	SCPT-F-01	2-35
	Tapa del cople	SCPT-F-0	2-36
	Tornillo de bolas recirculantes	THOMSON	2-37
	Tuerca del tornillo de bolas recirculantes	THOMSON	2-37
	Caja de rodamientos del tornillo de bolas recirculantes	THOMSON	2-37
	Rodamiento de bolas	SKF 61808	

Sistema	Plano	Clave	Pág
Elemento Terminal			2-38
	Elemento terminal	ET-F-01/02	2-39
	Elemento terminal	ET-F-02/02	2-40
Sistema Muñeca			2-41
	Ensamble	SM-E-01	2-42
	Base de la muñeca	SM-F-01	2-43
	Polea	SM-F-02	2-44
	Soporte superior del rodamiento	SM-F-03	2-45
	Anillo	SM-F-04	2-46
	Seguro "E" de 1/8"	COMERCIAL	
	Rodamiento de bolas	SKF 61800	
Sistema Placa Deslizante Derecha			2-47
	Ensamble	SPDD-E-01	2-48
	Polea	SPDD-F-01	2-49
	Copa derecha	SPDD-F-02	2-50
	Soporte superior del rodamiento	SPDD-F-03	2-51
	Soporte inferior del rodamiento	SPDD-F-04	2-52
	Anillo separador	SPDD-F-04	2-52
	Placa deslizante derecha	SPDD-F-05	2-53
	Spline	SPDD-C-01	2-54
	Rodamiento de bolas	SKF 61804	
Sistema Placa Deslizante Izquierda			2-55
	Ensamble	SPDI-E-01	2-56
	Polea	SPDI-F-01	2-57
	Copa izquierda	SPDI-F-02	2-58
	Soporte superior del rodamiento	SPDI-F-03	2-59
	Soporte inferior del rodamiento	SPDI-F-04	2-60
	Placa deslizante derecha	SPDI-F-05	2-61
	Spline	SPDI-C-01	2-62
	Rodamiento de bolas	SKF 61804	
Sistema Placa Intermedia			2-63
	Placa intermedia	SPI-E/A-01	2-64
	Caja para balero	SPI-F-01	2-65
	Placa intermedia	SPI-F-01	2-66
	Soporte para el "spline"	Ver 2-85	
Sistema Placa Superior			2-67
	Ensamble	SPS-E-01	2-68
	Placa superior	SPS-F-01	2-69
	Sello de teflón	SPS-F-02	2-70
	Inserto para rodamiento	SPS-F-03	2-71
	Soporte del rodamiento	SPS-F-04	2-72
	Rodamiento de bolas	SKF 625	

Sistema	Plano	Clave	Pág
Sistema Placa Base			2-73
	Ensamble	SPB-E-01/02	2-74
	Ensamble	SPB-E-02/02	2-75
	Arreglo de poleas	SPB-A-01	2-76
	Placa soporte	SPB-F-01	2-77
	Soporte guía para el spline y ejes polea izquierdo	SPB-F-02	2-77
	Soporte guía para el spline y ejes polea derecho	SPB-F-02	2-78
	Flechas para las poleas de transmisión	SPB-F-03	2-79
	Poste separador base tapa	SPB-F-04	2-80
	Cople TBR – rodamiento	SPB-F-05	2-81
	Alojamiento del rodamiento del motor a la polea	SPB-F-06	2-82
	Flecha de transmisión al TBR	SPB-F-07	2-83
	Poste separador	SPB-F-08	2-84
	Rodamiento de bolas	SKF 51101	
	Rodamiento de bolas	SKF 618/4	
	Rodamiento de bolas	SKF 618/6	
Sistema Soporte para el "Spline"			2-85
	Ensamble	SSS-E-01	2-86
	Base	SSS-F-01	2-87
	Soporte para el spline	SSS-F-02	2-88
	Rodamiento de bolas de carga axial	SKF 51100	



15	TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES	SPB
14.	PLACA BASE	SPB
13.	PLACA INTERMEDIA	SPi
12.	PLACA SUPERIOR	SPS
11	SOORTE PARA EL SPLINE	SSS
10	COPE DE PLACAS EN LA TUERCA	SCPT
9	PLACA DESLIZANTE DERECHA	SPDD
8.	PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA	SPDI
7.	CILINDRO EXTERNO	SCE
6	CILINDRO INTERNO	SCI
5	BRAZO	SB
4	CODO	SC
3	ANTEBRAZO	SA
2.	MUÑECA	SM
1	ELEMENTO TERMINAL	SET
No	SISTEMA	CLAVE



PROYECTO
ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS
 TITULO
ENSAMBLE GENERAL

ESCALA:
 S/E
 ACOTACIONES:
 mm

DISEÑO
 L.G.G.

DIBUJO
 L.M.G.C.

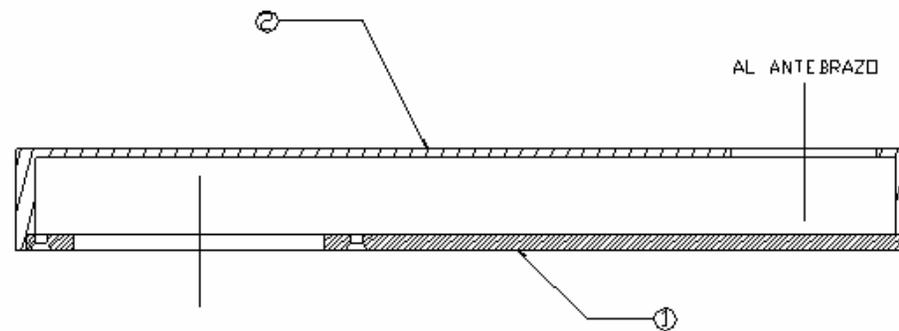
CLAVE
 TRANSMI.DWG

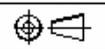
FECHA
 ENERO, 2006

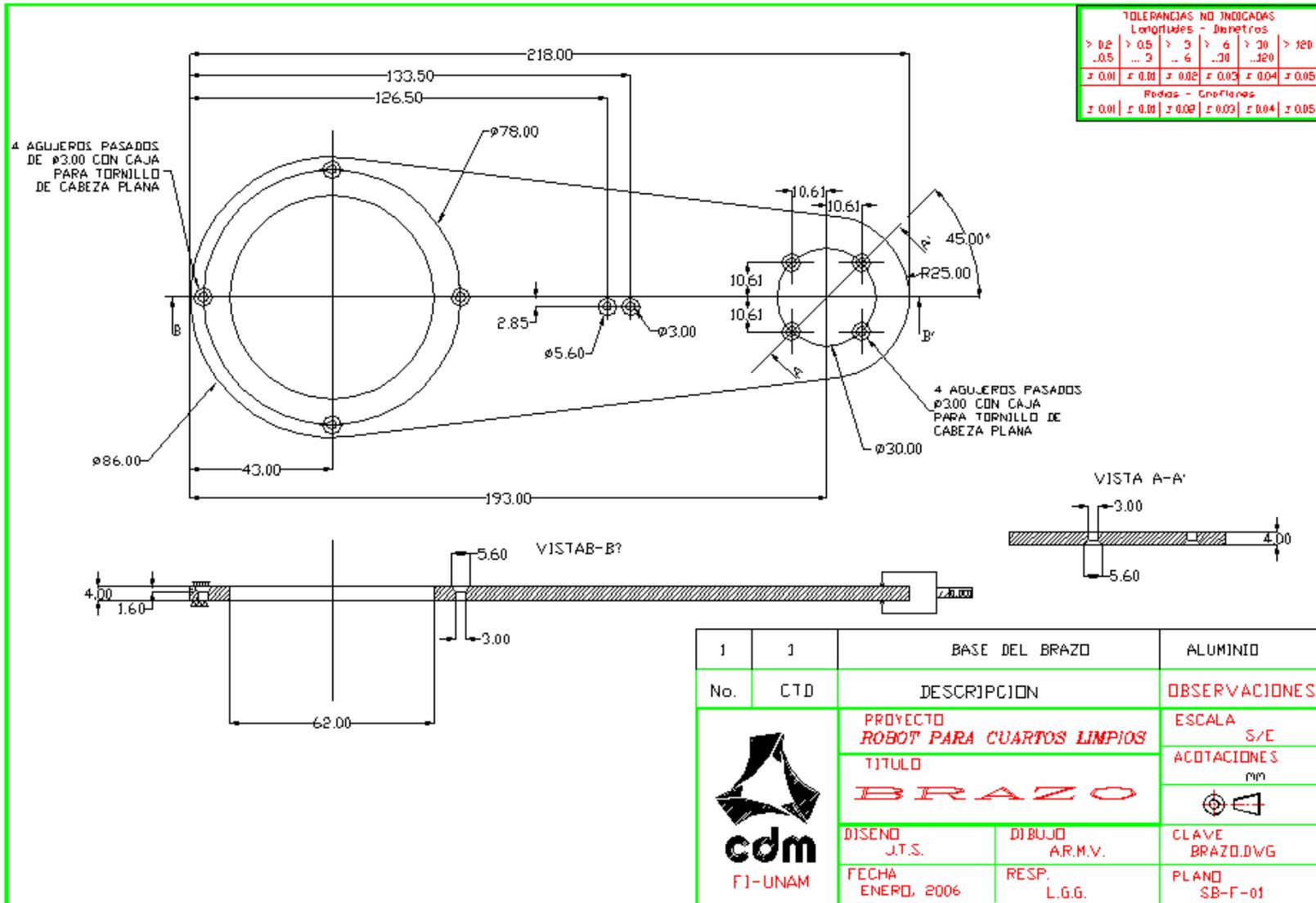
RESP.
 L.G.G.

PLANO
 E-G

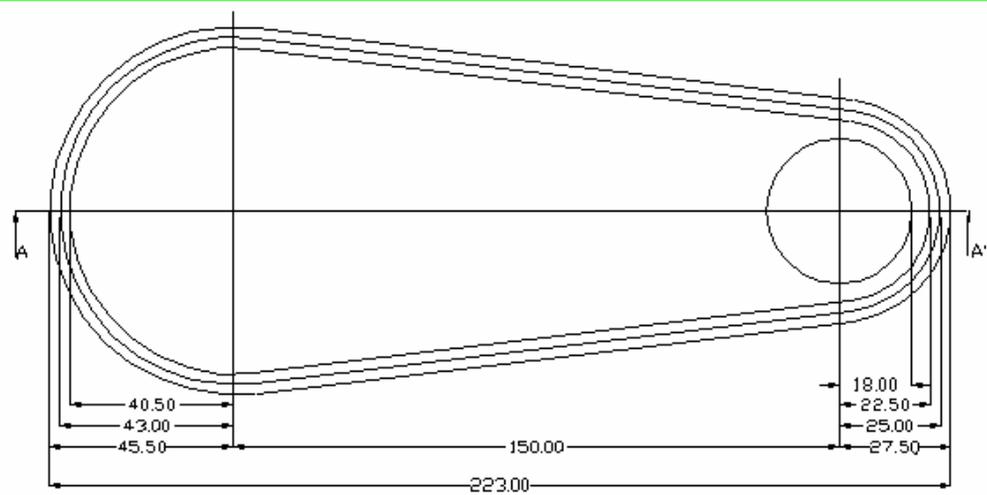
***PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA BRAZO"***



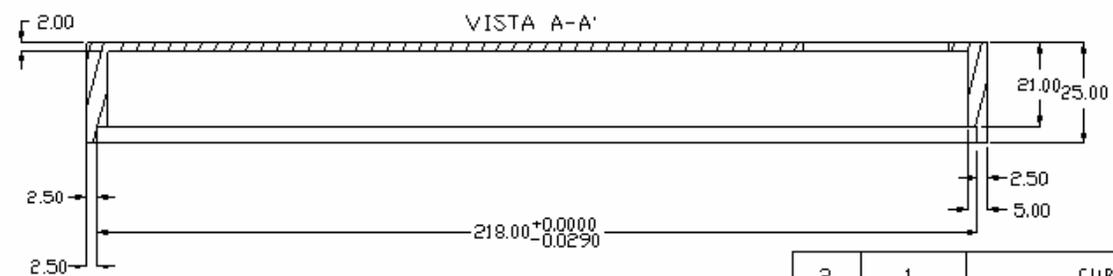
2	1	CUBIERTA DEL BRAZO	SB-F-02
1	1	BASE DEL BRAZO	SB-F-01
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA
	TITULO BRAZO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO LAGG/JTS		
	FECHA ENERO, 2006		CLAVE BRAZO.DWG
DIBUJO LMGC		RESP. L.G.G.	PLANO SB-E-01



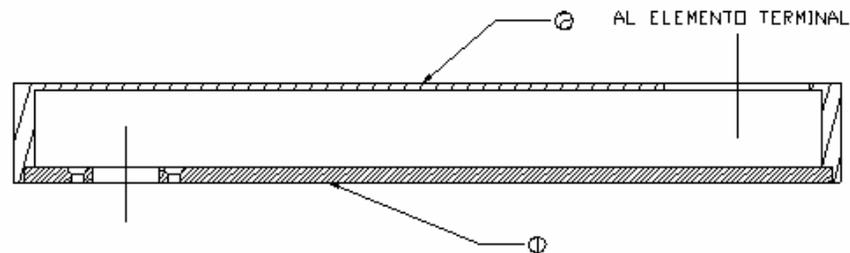
1	1	BASE DEL BRAZO	ALUMINIO
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO BRAZO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO J.T.S.	DIBUJO A.R.M.V.	CLAVE BRAZO.DWG
FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SB-F-01	



TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.8	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 100
± 0.05	± 0.03	± 0.06	± 0.10	± 0.15	± 0.20
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chapolinas					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

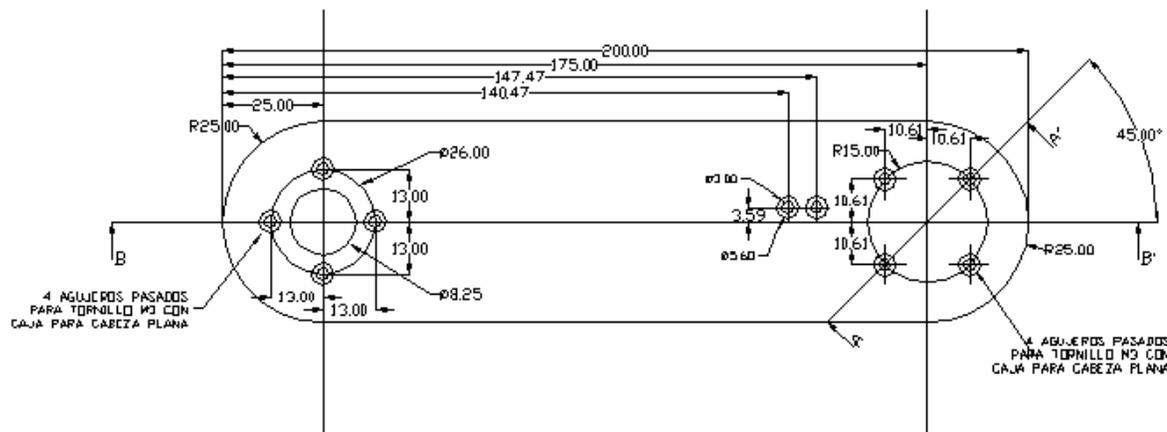


2	1	CUBIERTA DEL BRAZO	ALUMINIO
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO BRAZO		ACOTACIONES mm
DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	CLAVE BRAZO.DWG	
FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SB-F-02	



2	1	CUBIERTA DEL ANTEBRAZO	SA-F-02
1	1	BASE DEL ANTEBRAZO	SA-F-01
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ROBOT_PARA_CUARTOS_LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO ANTEBRAZO		ACOTACIONES mm
DISEÑO LAGG/JTS		DIBUJO LMGC	 CLAVE BRAZO.DWG
FECHA ENERO, 2006		RESP. L.G.G.	PLANO SA-E-01

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA ANTEBRAZO"*

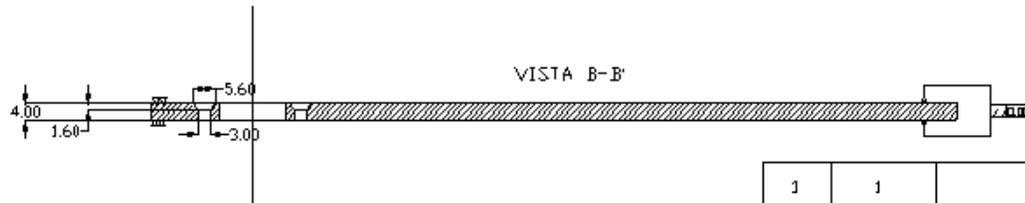
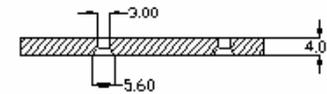


4 AGUJEROS PASADOS
PARA TORNILLO M3 CON
CAJA PARA CABEZA PLANA

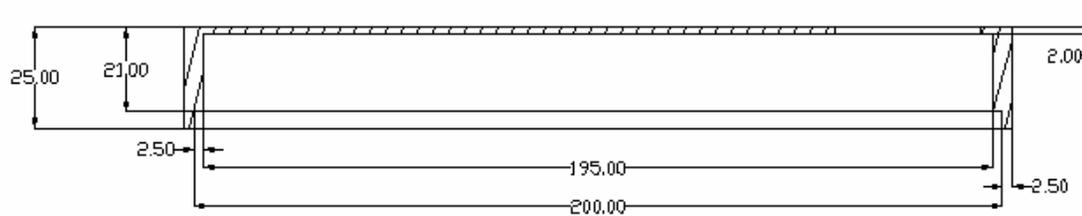
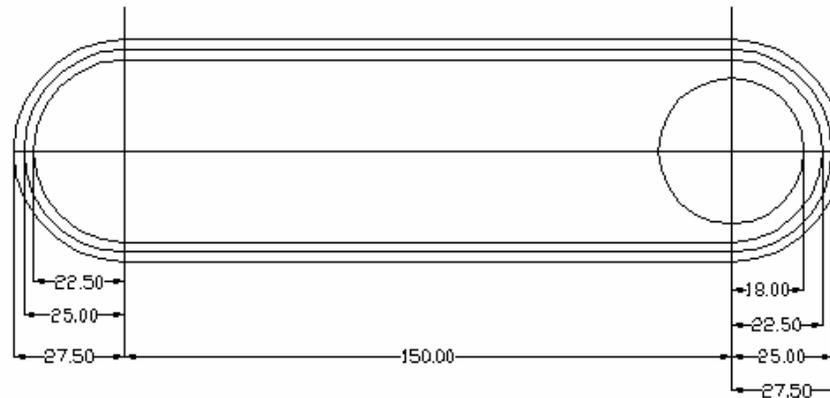
4 AGUJEROS PASADOS
PARA TORNILLO M3 CON
CAJA PARA CABEZA PLANA

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Dimensiones					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
Perfiles - Una Flanqueada					
± 0.03	± 0.04	± 0.05	± 0.06	± 0.07	± 0.08

VISTA A-A'



1	1	BASE DEL ANTEBRAZO	ALUMINIO	
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
 cdm FI-UNAM		PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA 1:1	
		TITULO ANTEBRAZO	ACOTACIONES mm	
		DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO A.R.M.V.	CLAVE BRAZO.DWG
		FECHA ENERO. 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SA-F-01

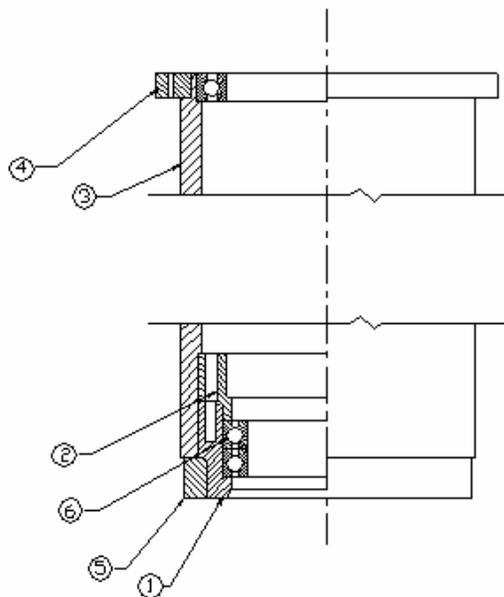


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Dimensiones					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
.05	.3	.6	1.0	1.20	1.20
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Contornos					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

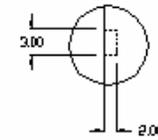
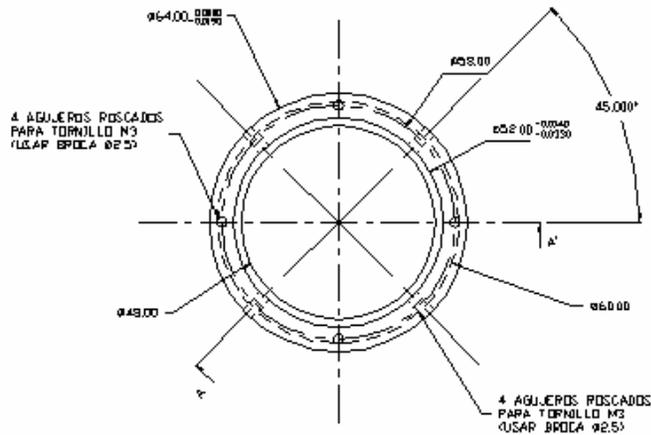
2	1	CUBIERTA DEL ANTEBRAZO	ALUMINIO
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO ANTEBRAZO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	 CLAVE BRAZO.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SA-F-02

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA CILINDRO EXTERNO"*

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
0.5	3	6	30	120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Pasos - Chavilanes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

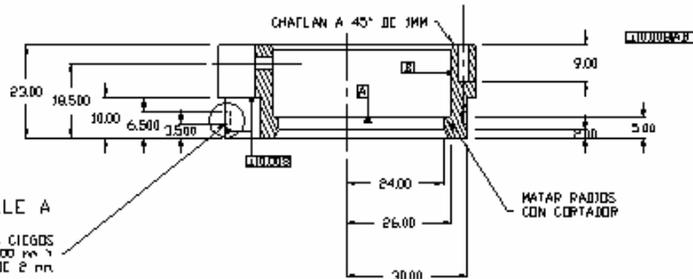


6	2	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF-61808
5	1	POLEA	SCE-F-05
4	1	MAMELON	SCE-F-04
3	1	CILINDRO EXTERIOR	SCE-F-03
2	1	SOPORTE SUPERIOR	SCE-F-02
1	1	COPLER BALERO CILINDRO EXTERNO	SCE-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO EXTERNO		ACOTACIONES mm
DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	CLAVE CIL-EXT.DWG	
FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO CE-E-01	



DETALLE A

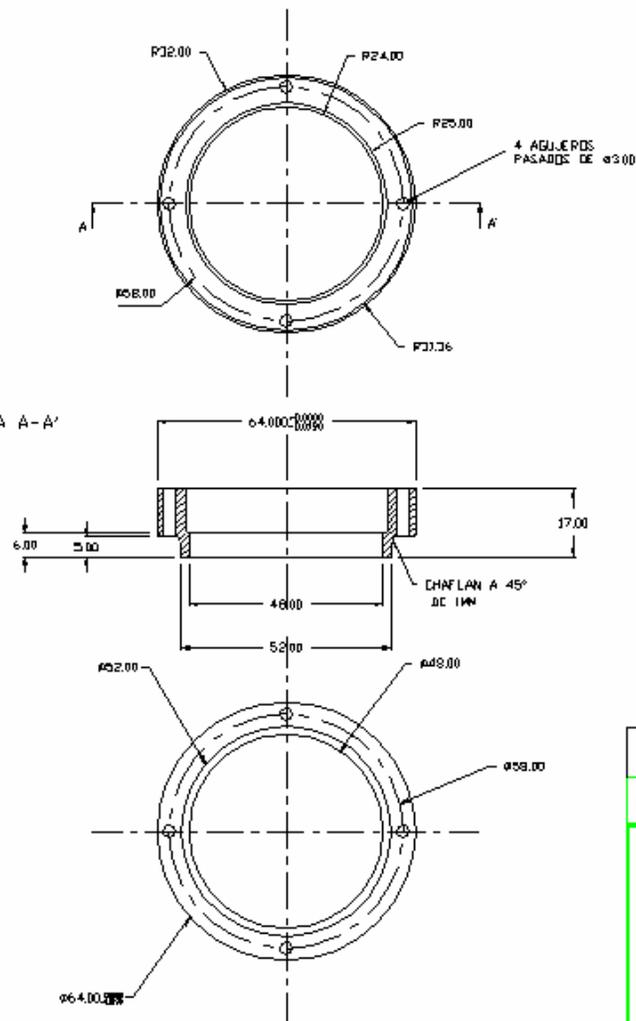
VISTA A-A'



DETALLE A
4 AGUJEROS CIEGOS DE Ø2.00 mm PROFUNDIDAD DE 2 mm

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05	± 0.06
Rozos - Desfilas					
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05	± 0.06

1	1	COPLER BALERO CILINDRO EXTERNO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO EXTERNO		ACOTACIONES mm
			
DISEÑO LAGG/JTS		DIBUJO LMGC	CLAVE CIL-EXT.DWG
FECHA ENERO, 2006		RESP. L.G.G.	PLANO CE-F-01

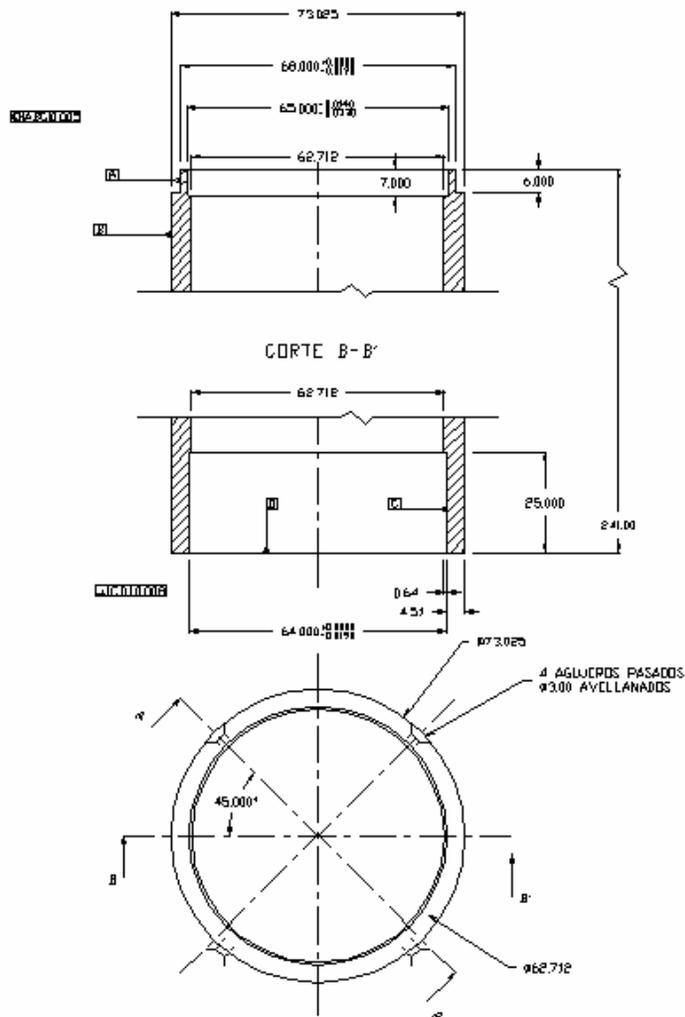


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Rasgos - Desfilas					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
2	1	SOPORTE SUPERIOR	ALUMINIO
		PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA 1:1
		TITULO CILINDRO EXTERNO	ACOTACIONES mm
		DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC
		FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.
			CLAVE CJL-EXT.DWG
			PLANO CE-F-02



FJ-UNAM

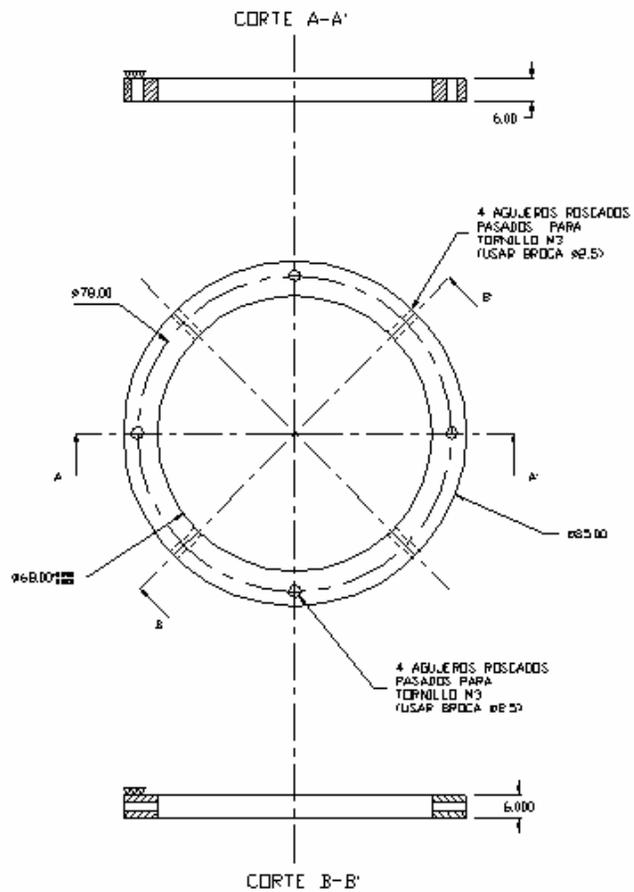


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.03	± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.25	± 0.4
Redas - Crochones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

NOTA: TUBO COMERCIAL 2 1/2" CEDULA 40
 ϕ_{ext} : 73.025
 ϕ_{int} : 62.712

No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
3	1	CILINDRO EXTERIOR	ALUMINIO
		PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA 1:1
		TITULO CILINDRO EXTERNO	ACOTACIONES mm
		DISEÑO LAGG/JTS	CLAVE CIL-EXT.DWG
		FECHA ENERO. 2006	PLANO CE-F-03

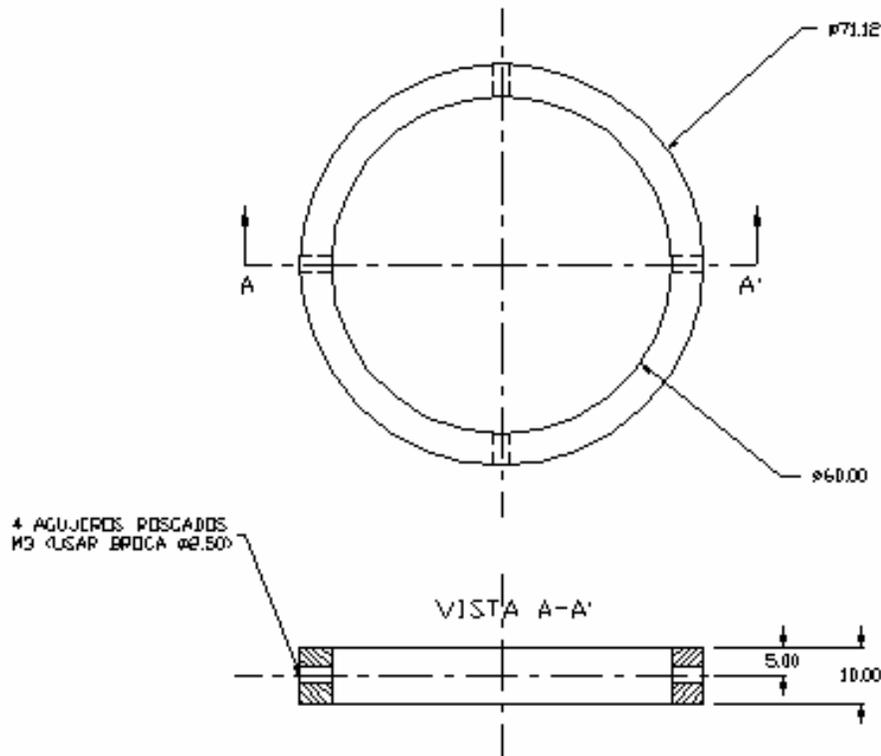




TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05	
Radios - Cara Planas					
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05	

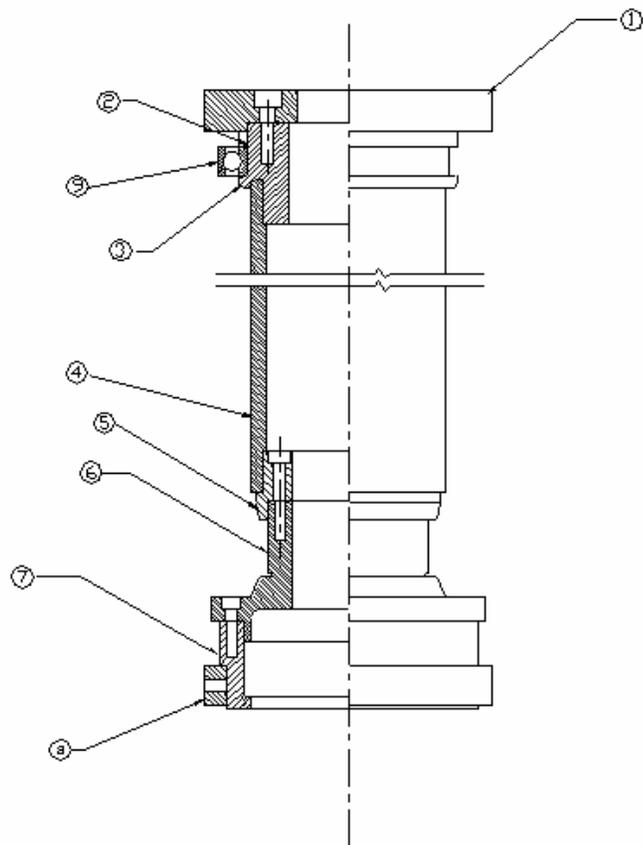
4	1	MAMELON	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO EXTERNO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	 CLAVE CIL-EXT.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO CE-F-04

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..05	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chavilones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



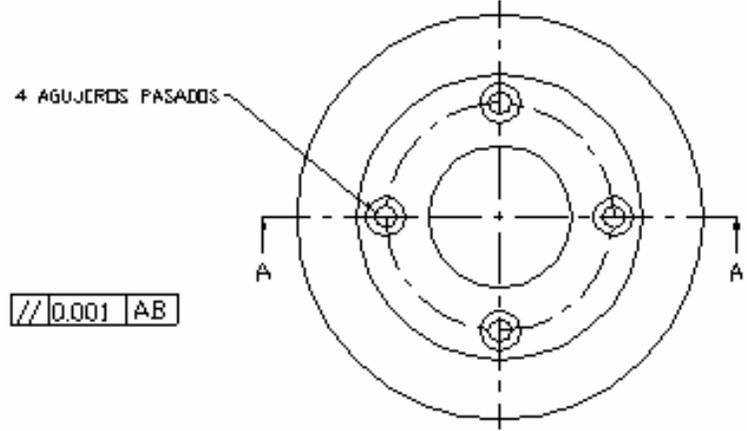
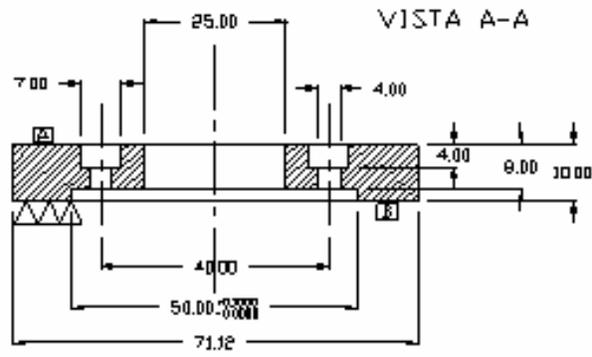
5	1	POLEA P=2.5 mm N=90	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO EXTERNO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	 CLAVE CIL-EXT.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO CE-F-05

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA CILINDRO INTERNO"*



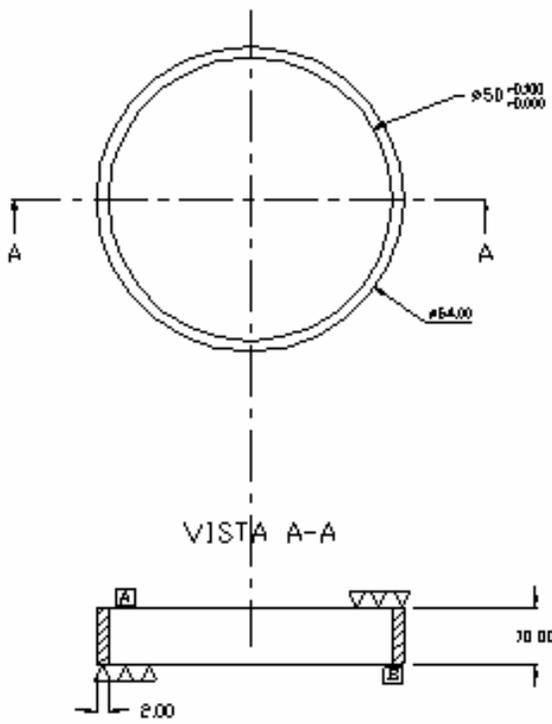
9	1	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 61810
8	1	POLEA INFERIOR CILINDRO INTERNO	SC1-F-08
7	1	COPLÉ POLEA CIL. INT.	SC1-F-07
6	1	COPLÉ DEL RODAMIENTO	SC1-F-06
5	1	COPLÉ SOPORTE DEL RODAMIENTO	SC1-F-05
4	1	CILINDRO INTERNO	SC1-F-04
3	1	MAMELON	SC1-F-03
2	1	ANILLO SEPARADOR	SC1-F-02
1	1	POLEA SUPERIOR CILINDRO INTERNO	SC1-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO CILINDRO INTERNO		ACOTACIONES mm
DISEÑO L.G.G.		DIBUJO L.M.G.C.	 CLAVE CIL-INT.DWG
FECHA ENERO. 2006		RESP. L.G.G.	PLANO SC1-E-01

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
.. 0.5	.. 3	.. 6	.. 30	.. 120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



1	1	POLEA SUPERIOR CILINDRO INTERNO P= 2.5MM N= 90	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO INTERNO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE CIL-INT.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SC1-F-01

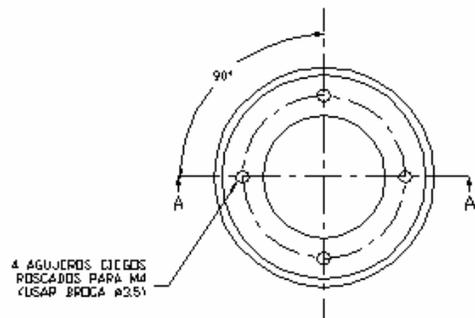
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 02	> 05	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	... 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Rostos - Crochones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



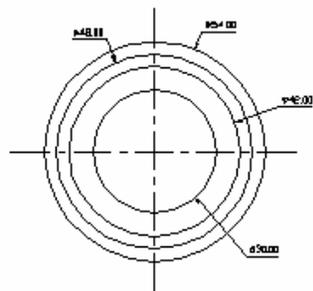
∕∕ 0.001 AB

2	1	ANILLO SEPARADOR	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO INTERNO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE CIL-INT.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCI-F-02

VISTA SUPERIOR

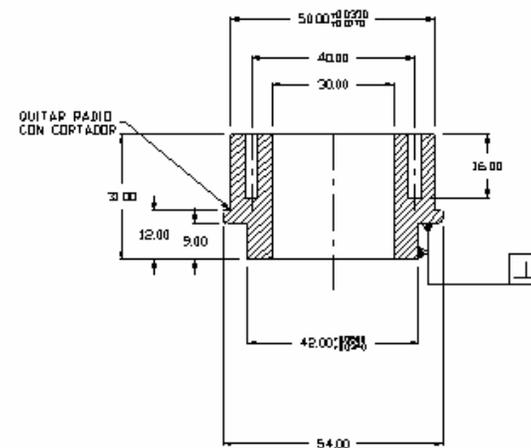


VISTA INFERIOR



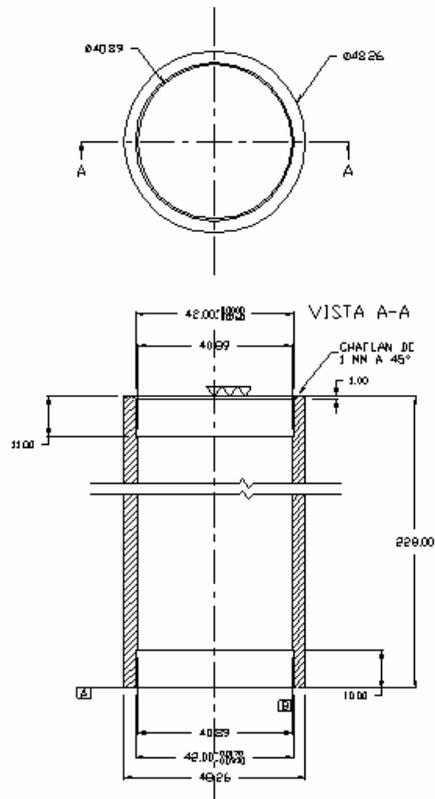
TOLERANCIAS NO INDICADAS						
Longitudes - Diámetros						
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120	
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0	
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05		
Radios - Choflones						
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05		

VISTA A-A



3	1	MAMELON	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO CILINDRO INTERNO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE CIL-INT.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCI-F-03

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Dimensiones					
> 0.2	> 0.5	> 2	> 6	> 30	> 120
..05	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Perforaciones - Cylinders					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



TUBO Ø 1/2"
CEDULA 40
øext=48.26
øint=40.89

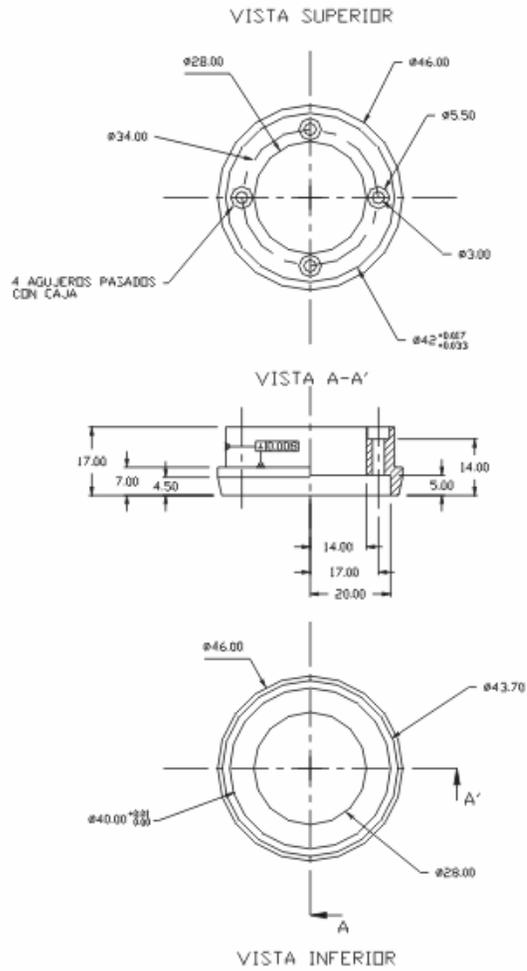
NOTA: TUBO COMERCIAL DE Ø=1.5" CEDULA 40
(øext=48.26mm, øint=40.89mm)

1 0.008 AB

No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
4	1	CILINDRO INTERNO	ALUMINIO
		PROYECTO <i>ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS</i>	ESCALA S/E
		TITULO <i>CILINDRO INTERNO</i>	ACOTACIONES mm
		DISEÑO L.G.G.	CLAVE CIL-INT.DWG
		FECHA ENERO. 2006	PLANO SCI-F-04
		DIBUJO LMGC	
		RESP. L.G.G.	

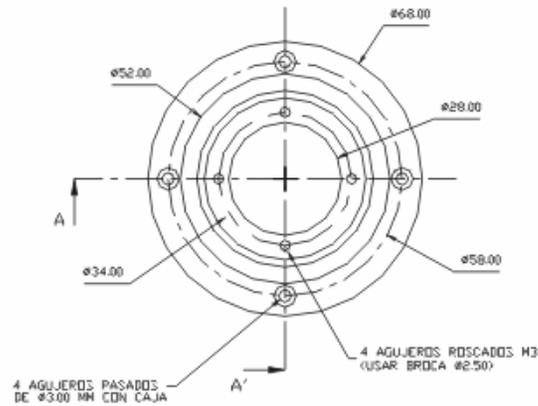


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflores					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

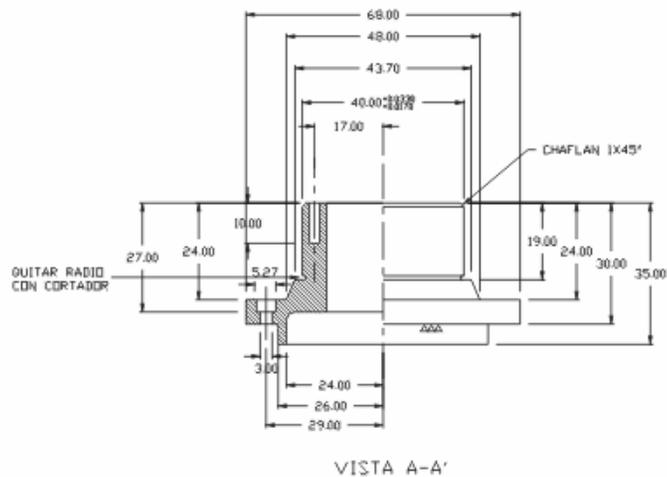
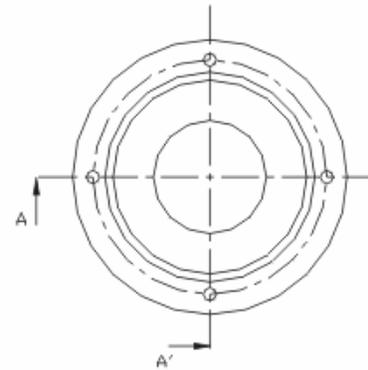


5	1	COPLA SOPORTE DEL RODAMIENTO	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO CILINDRO INTERNO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE CIL-INT.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCI-F-05

VISTA SUPERIOR

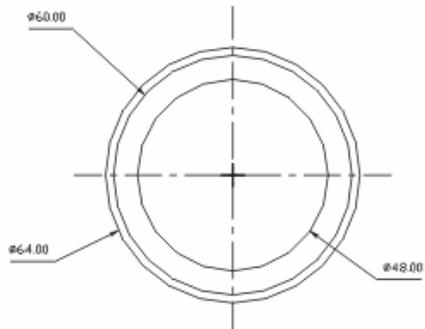
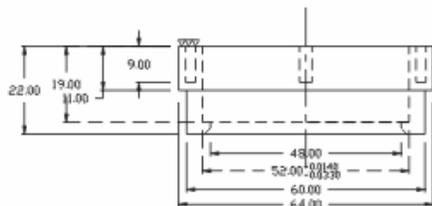
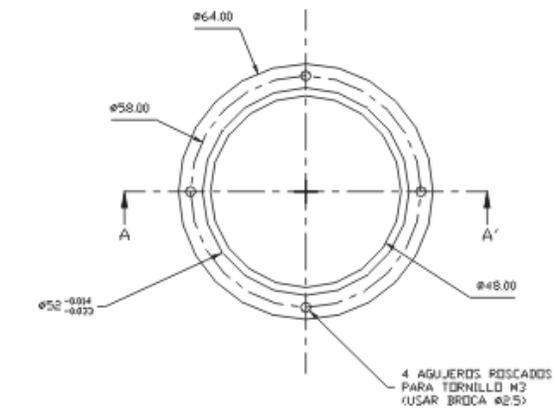


VISTA INFERIOR

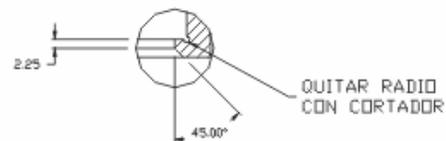
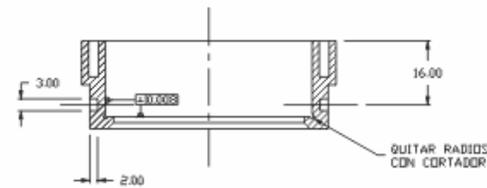


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	-.3	-.6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilados					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

6	I	COUPLE DEL RODAMIENTO		ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION		OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA	
	TITULO CILINDRO INTERNO		1:1	
			ACOTACIONES	
			mm	
				
DISEÑO		DIBUJO	CLAVE	
L.G.G.		LMGC	CIL-INT.DWG	
FECHA		RESP.	PLANO	
ENERO, 2006		L.G.G.	SCI-F-06	



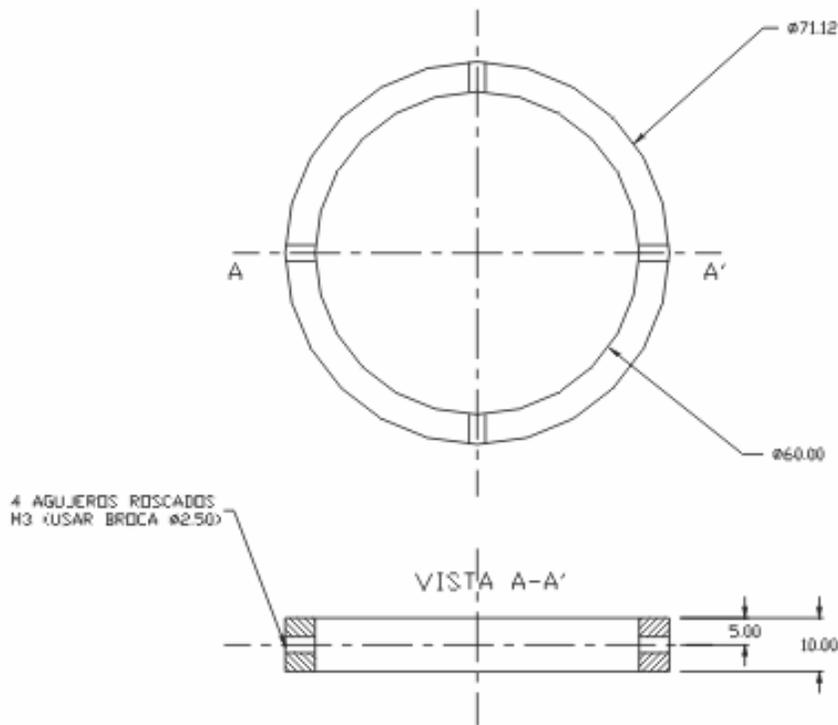
VISTA A-A'



TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
Radios - Choflores					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

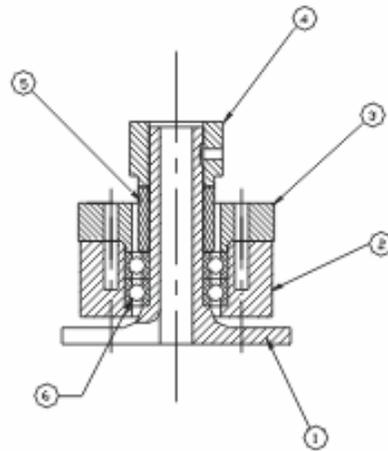
7	1	COPLA POLEA CIL. INT.	ACERO 1018	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
 FI-UNAM		PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA 1:1	
		TITULO CILINDRO INTERNO	ACOTACIONES mm	
		DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE CIL-INT.DWG
		FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCI-F-07

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



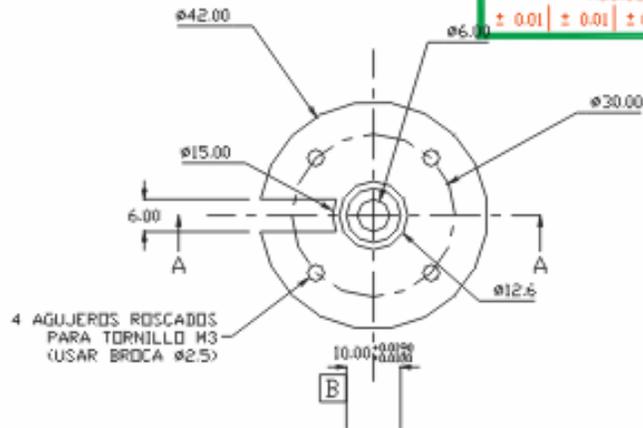
8	1	POLEA INFERIOR CILINDRO INTERNO	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO CILINDRO INTERNO		ACOTACIONES mm
			CLAVE CIL-INT.DWG
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	FECHA ENERO, 2006
			PLANO SCI-F-08

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA CODO"*

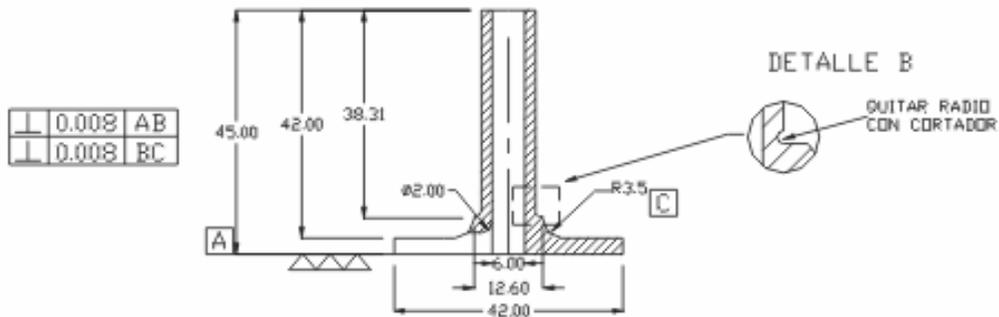


6	2	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 61800	
5	1	SOPORTE SUPERIOR INTERNO	SC-F-04	
4	1	POLEA CODO-MUÑECA	SC-F-04	
3	1	SOPORTE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	SC-F-03	
2	1	POLEA	SC-F-02	
1	1	BASE DEL CODO	SC-F-01	
No.	CTD.	DESCRIPCION	PLANOS	
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E	
	TITULO C O D O		ACOTACIONES mm	
	DISEÑO J.T.S.	DIBUJO L.M.G.C.		CLAVE CODO.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SC-E-01	

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

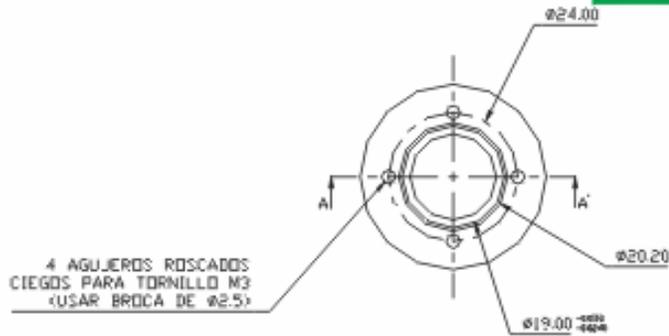


VISTA A-A



1	1	BASE DEL CODO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO		ACOTACIONES mm
	DISEÑO J.T.S.	DIBUJO LMGC	 CLAVE CODO.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SC-F-01

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.0.5	- 3	- 6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

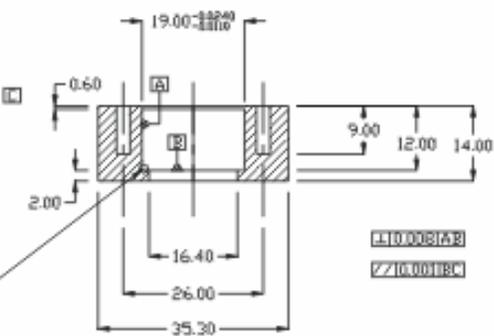


VISTA A-A

DETALLE A

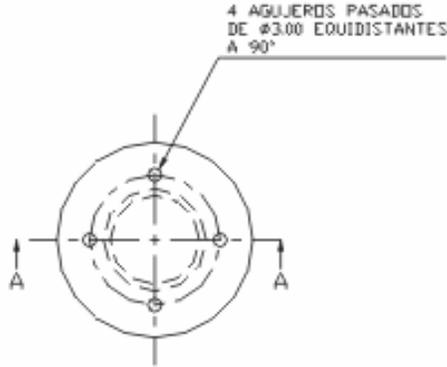


DETALLE A QUITAR RADIO CON CORTADOR



2	1	POLEA P=2.5mm N=44	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO 		ACOTACIONES MM
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE CODD.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SC-F-02

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	- .3	- .6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

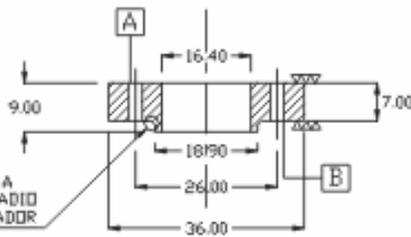


VISTA A-A

DETALLE A



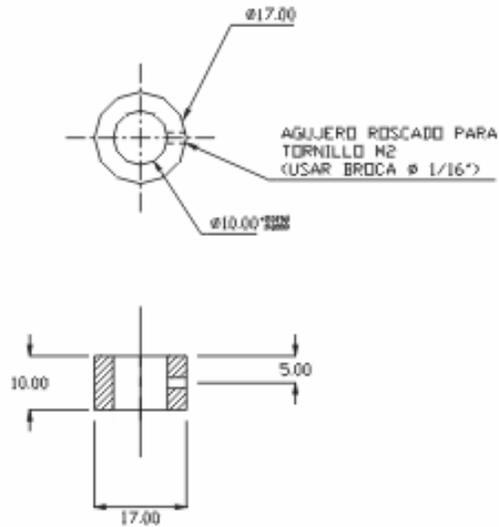
DETALLE A QUITAR RADIO CON CORTADOR



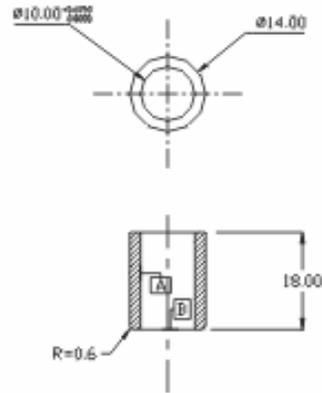
∥ 0.001 BA

3	1	SOPORE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO 		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE CDD.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SC-F-03

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



PIEZA 4

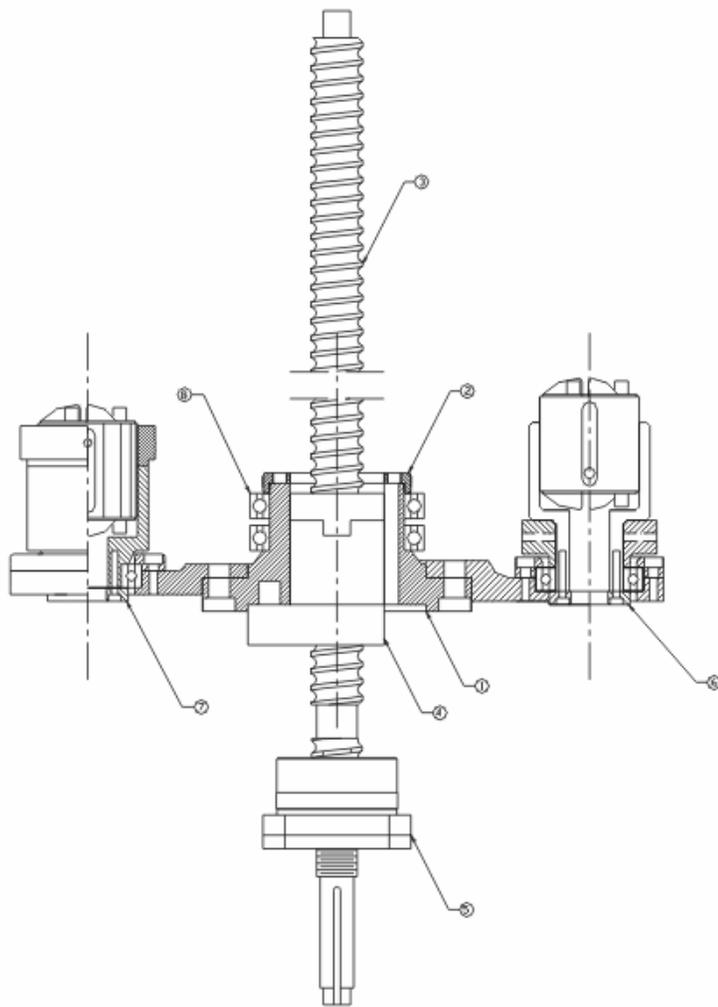


PIEZA 5

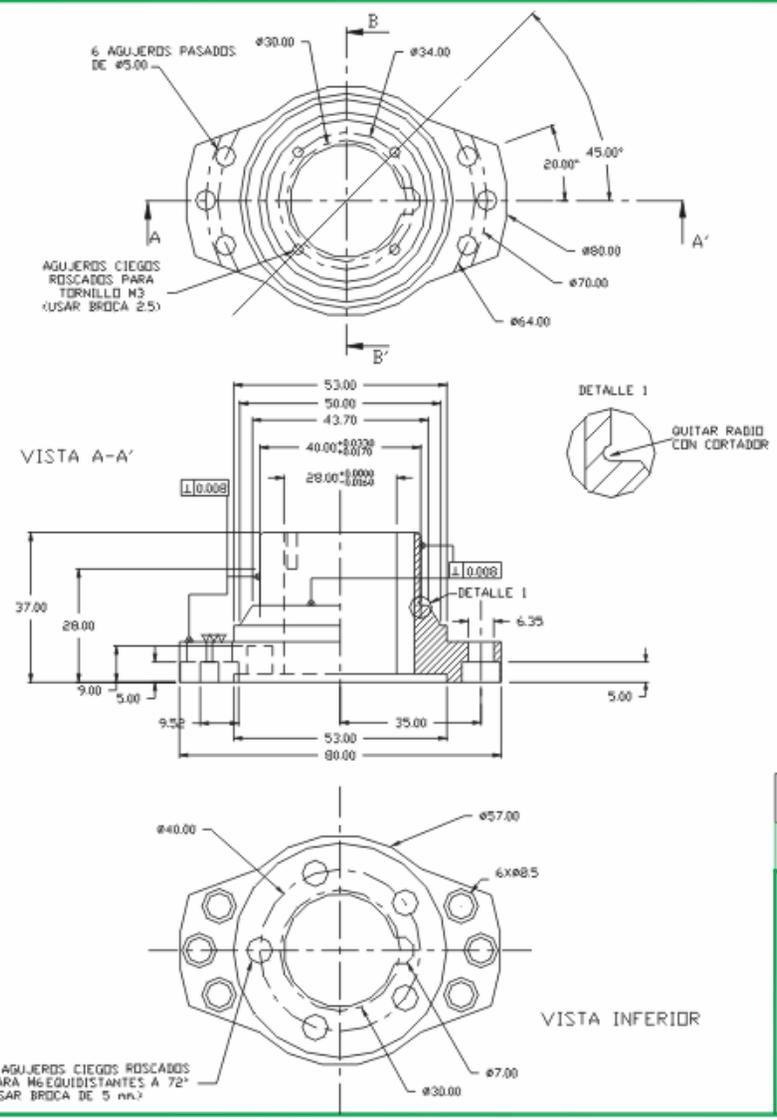
⊥ 0.008 AB

5	1	SOPORTE SUPERIOR INTERNO	ACERO 1018
4	1	POLEA-CODO MUÑECA P=2.5 mm N=22	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO C O D O		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.		DIBUJO LMGC CLAVE CODO.DWG
	FECHA ENERO, 2006		RESP. L.G.G. PLANO SC-F-04

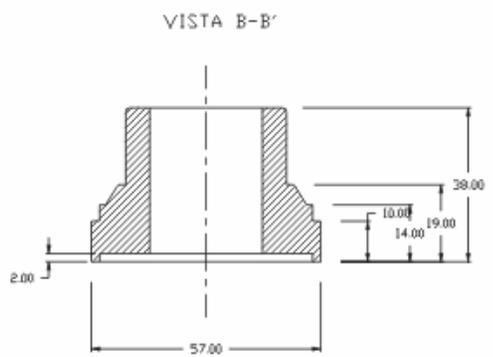
*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA COPLER PACAS - TUERCA"*



8	2	RODAMIENTOS DE BOLAS	SKF 61808
7	1	SISTEMA PLACA DESLIZANTE IZO.	SPDI
6	1	SISTEMA PLACA DESLIZANTE DER.	SPDD
5	1	CAJA DE RODAMIENTOS DEL T.B.R.	THOMSON
4	1	TUERCA DEL TORNILLO DE BOLAS	THOMSON
3	1	TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES	THOMSON
2	1	TAPA DEL COPLE	SCPT-F-02
1	1	COPLE PLACAS-TUERCA	SCPT-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO COPLE PLACAS-TUERCA		ACOTACIONES mm
DISEÑO L.G.G.	DIBUJO L.M.G.C.	 CLAVE COPLE.DWG	
FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCPT-E-01	

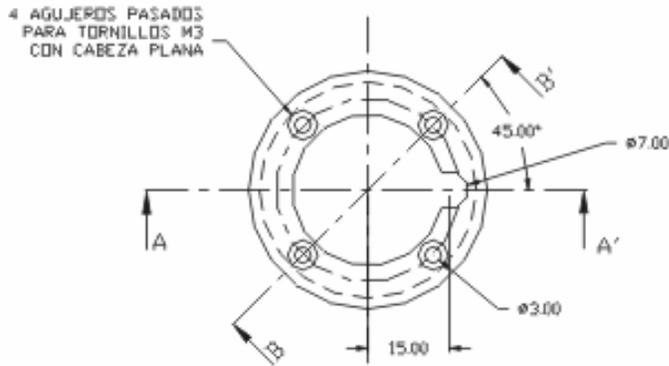
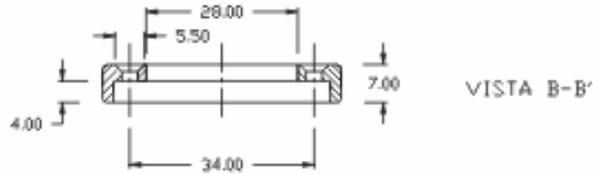
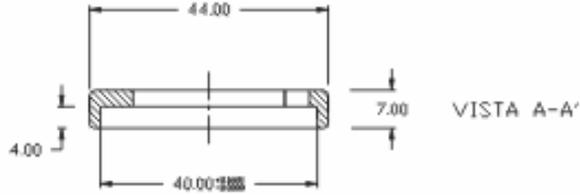


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chofletes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



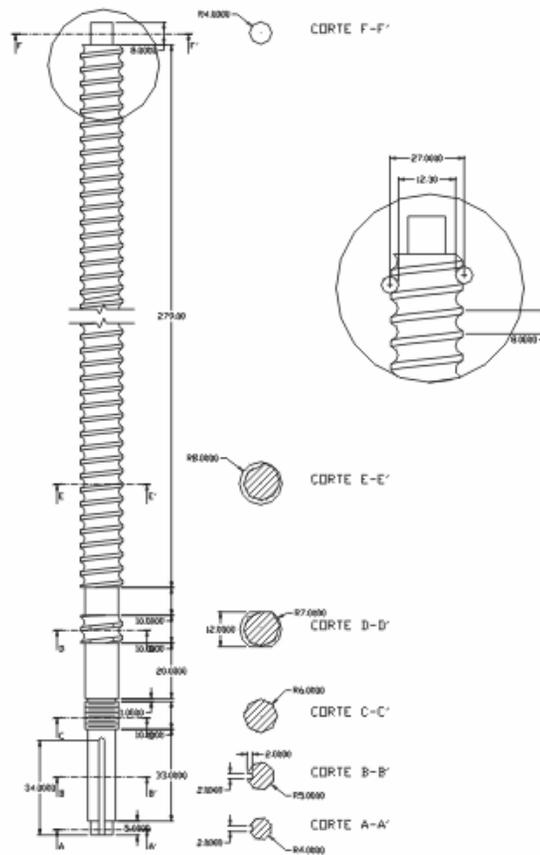
1	1	COPLA PLACAS-TUERCA	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO COPLA PLACAS-TUERCA		ACOTACIONES MM
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE COPLA.DWG
FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCPT-F-01	

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

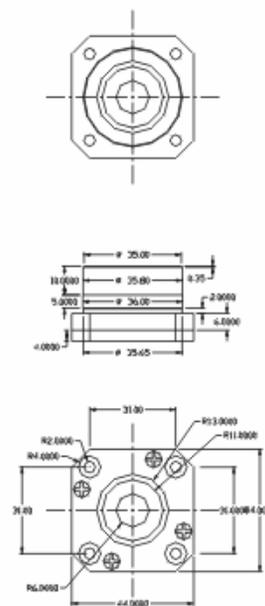


2	1	TAPA DEL COPLÉ	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO COPLÉ PLACAS-TUERCA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE COPLÉ.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SCPT-F-02

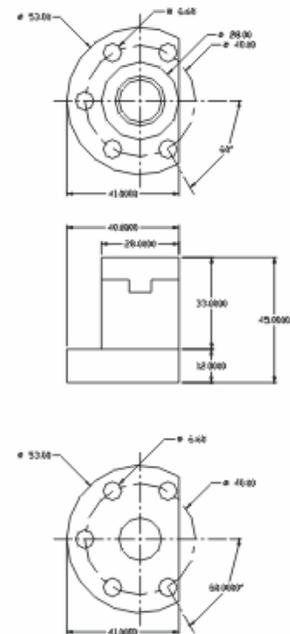
TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES



SOPORTE DEL TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES



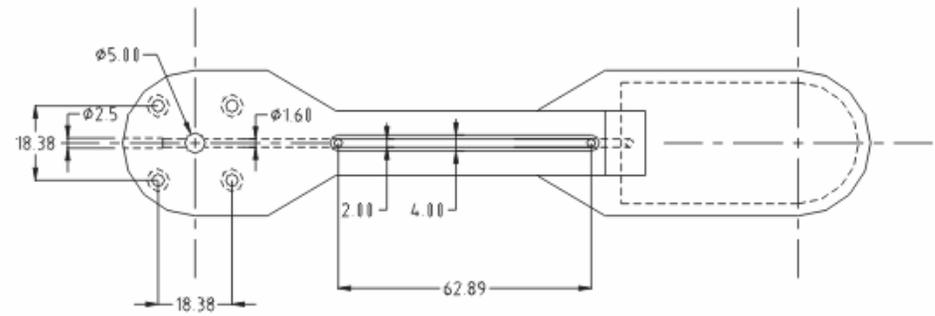
TUERCA DEL TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES



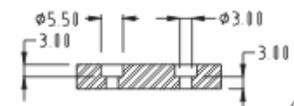
5	1	TUERCA DEL T.B.R.	THOMSON-7823636
4	1	SOPORTE DEL T.B.R.	THOMSON-7823738-2
3	1	TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS TITULO COPLER PLACAS-TUERCA		ESCALA S/E ACOTACIONES mm
	DISEÑO THOMSON	DIBUJO L.M.G.C.	CLAVE TBR.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO THOMSON

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"ELEMENTO TERMINAL"*

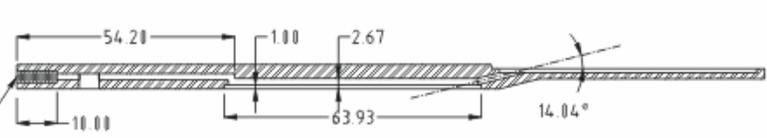
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
+0.2	+0.5	+3	+6	+30	+120
-0.5	-3	-6	-30	-120	
: 0.01	: 0.01	: 0.02	: 0.03	: 0.04	: 0.05
Radios - Chalfanes					
: 0.01	: 0.01	: 0.02	: 0.03	: 0.04	: 0.05



VISTA INFERIOR

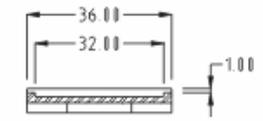


CORTE A-A'



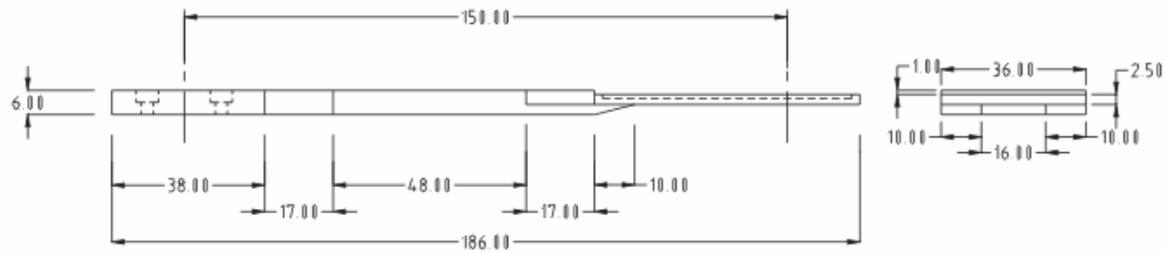
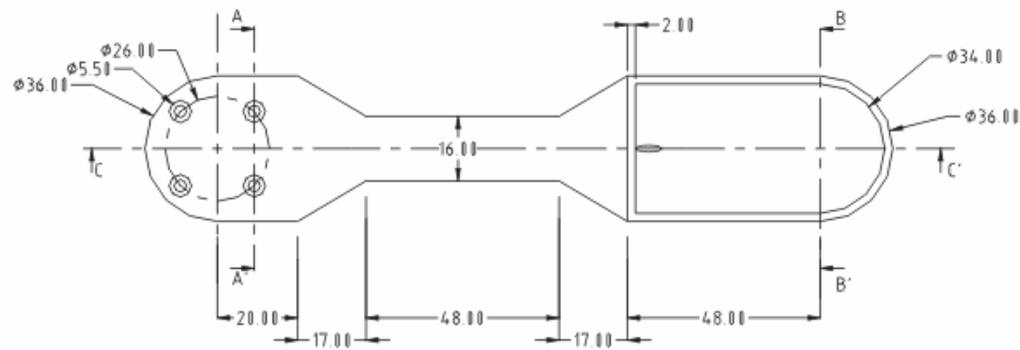
CORTE C-C'

AGUJERO ROSCADO M3
| USAR BROCA φ2.50 |



CORTE B-B'

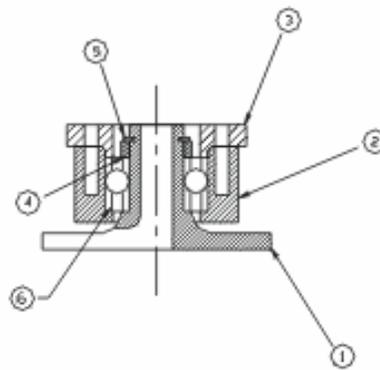
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM		PROYECTO <i>(DGAPA)</i> ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA S/E
		TITULO ELEMENTO TERMINAL	ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO A.R.M.V.	 CLAVE MANROB.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SM-F-12/12



TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
+ 0.2	+ 0.5	+ 3	+ 6	+ 30	+ 120
0.5	3	6	30	120	0.05
+ 0.01	+ 0.01	+ 0.02	+ 0.02	+ 0.04	+ 0.05
Radios - Chatañes					
+ 0.01	+ 0.01	+ 0.02	+ 0.03	+ 0.04	+ 0.05

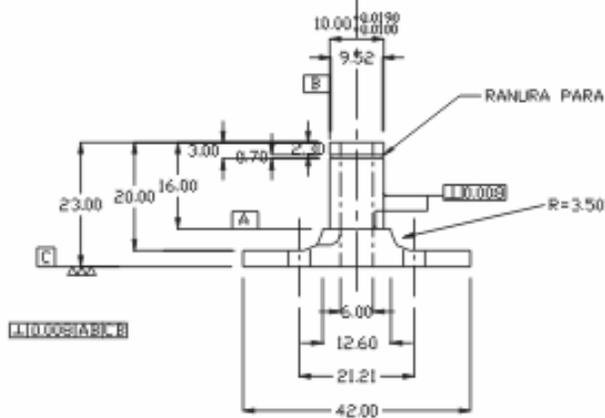
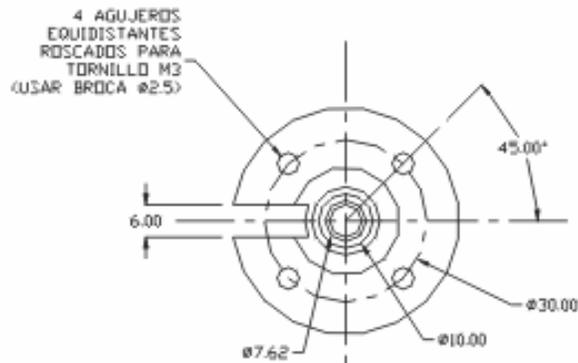
No.	CTD	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM		PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA S/E
		TITULO ELEMENTO TERMINAL	ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO A.R.M.V.	 CLAVE MANOROB.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SM-F-01/02

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA MUÑECA"*

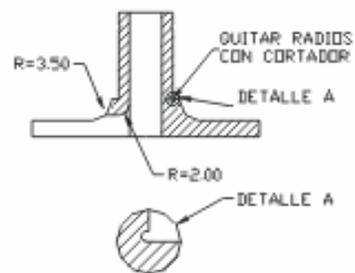


6	2	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 61800
5	1	SEGURO E ϕ 1/8"	COMERCIAL
4	1	ANILLO	SM-F-04
3	1	SOPORTE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	SM-F-03
2	1	POLEA	SM-F-02
1	1	BASE DE LA MUÑECA	SM-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO MUÑECA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO L.M.G.C.	
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	CLAVE MUÑECA.DWG PLANO SM-E-01

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	-.3	-.6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

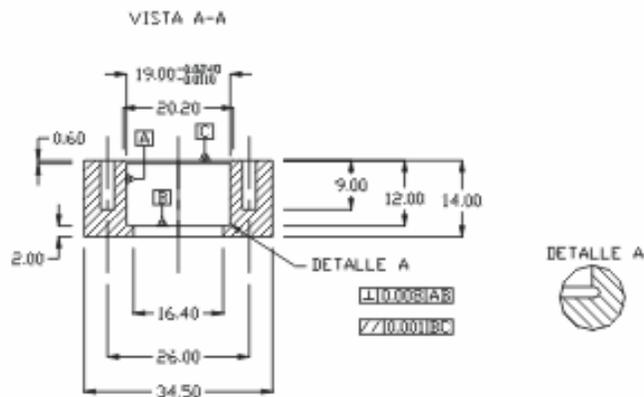
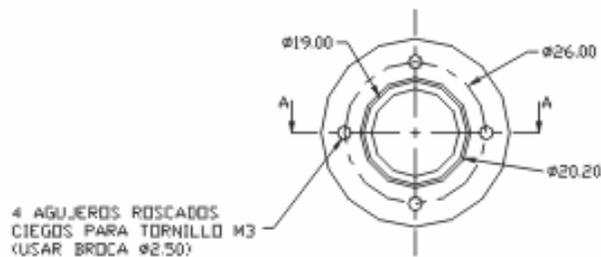


VISTA A-A'



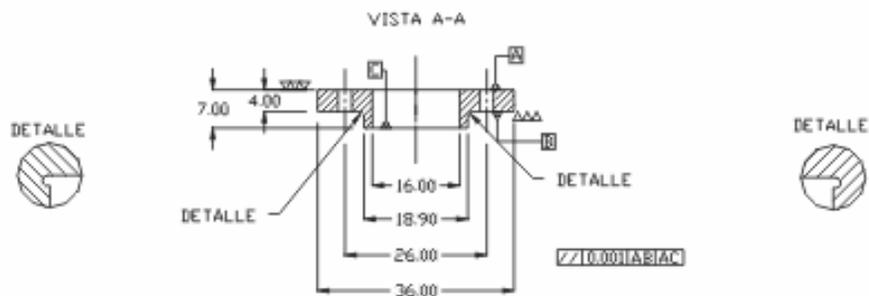
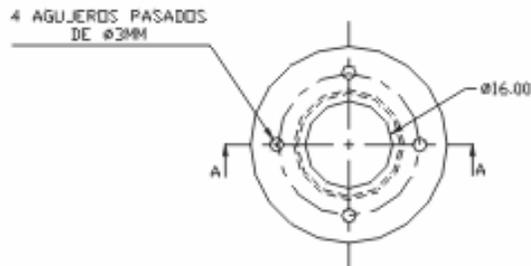
1	1	BASE DE LA MUÑECA	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO MUÑECA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE MUÑECA.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. LGG	PLANO SM-F-01

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilados					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



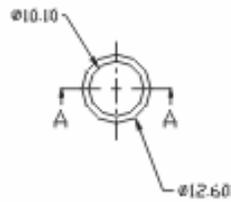
2	1	POLEA P=2.5mm N=44	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO MUÑECA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE MUÑECA.DWG
	FECHA ENERO. 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SM-F-02

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



3	1	SDPORTE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO MUÑECA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE MUÑECA.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SM-F-03

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chofones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

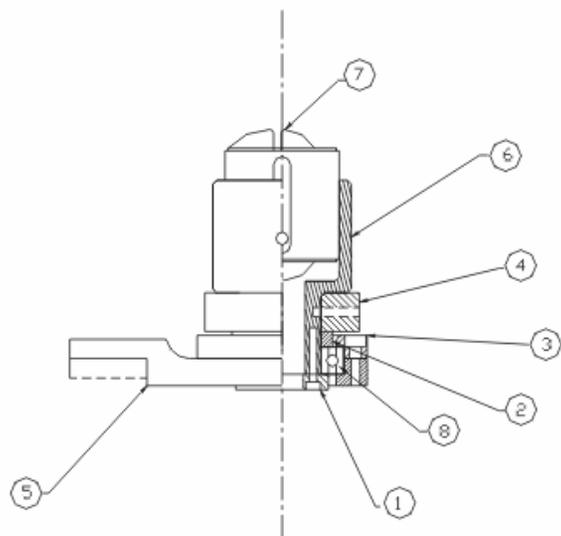


VISTA A-A



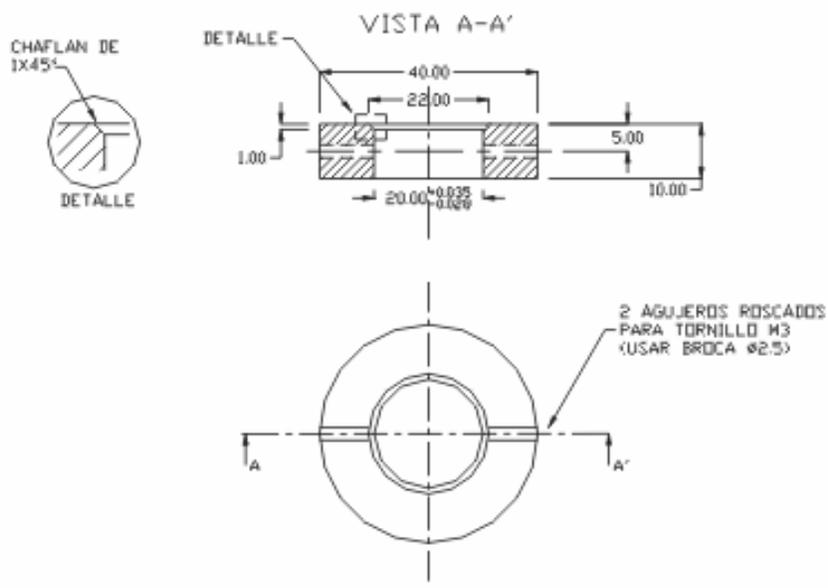
4	1	ANILLO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO MUNECA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE MUNECA.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. LAGG	PLANO SM-F-04

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA PLACA DESLIZANTE DERECHA"*

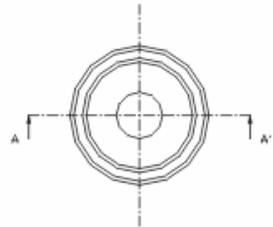


8	1	RODAMIENTO	SKF 61804
7	1	SPLINE	SPDD-C-01
6	1	ANILLO SEPARADOR	SPDD-F-04
5	1	PLACA DESLIZANTE DERECHA	SPDD-F-05
4	1	SOPORTE INFERIOR DEL RODAMIENTO	SPDD-F-04
3	1	SOPORTE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	SPDD-F-03
2	1	COPA DERECHA	SPDD-F-02
1	1	POLEA	SPDD-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA		ACOTACIONES mm
DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE PDD.DWG	
FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDD-E-01	

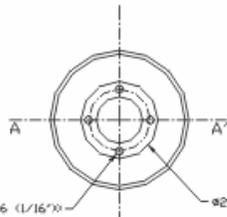
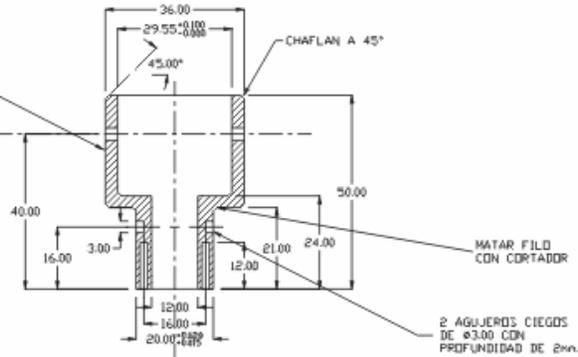
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chofones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



1	1	POLEA P=2.5 mm N=44	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	 CLAVE PDD.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDD-F-01



AGUJERO ROSCADO
PARA TORNILLO N3
(USAR BROCA Ø2.5)

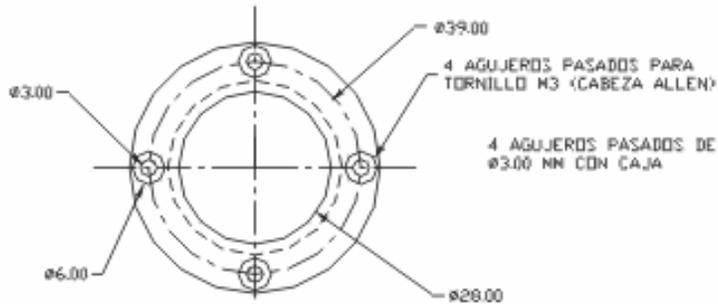
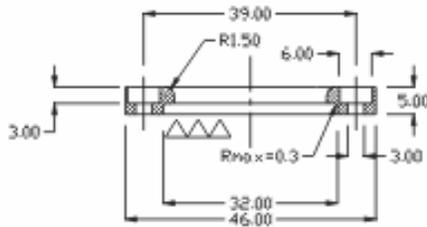


4 AGUJEROS ROSCADOS PARA
TORNILLO M2 (USAR BROCA Ø1.6 (1/16"))

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilas					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

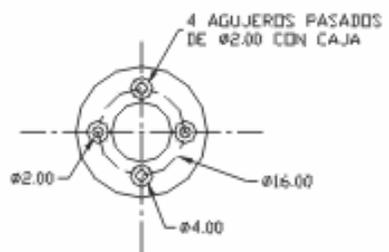
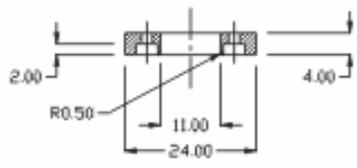
2	1	COPIA DERECHA	ACERO 1018	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E	
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA		ACOTACIONES MM	
	DISEÑO L.G.G.		DIBUJO LMGC	CLAVE PDD.DWG
	FECHA ENERO, 2006		RESP. L.G.G.	PLANO SPDD-F-02

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

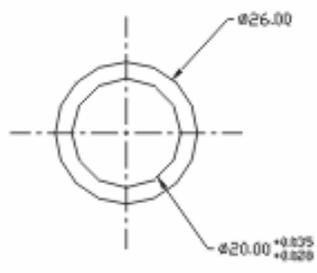
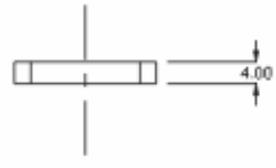


3	1	SOPORTE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA		ACOTACIONES MM
	DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	CLAVE PDD.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDD-F-03

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



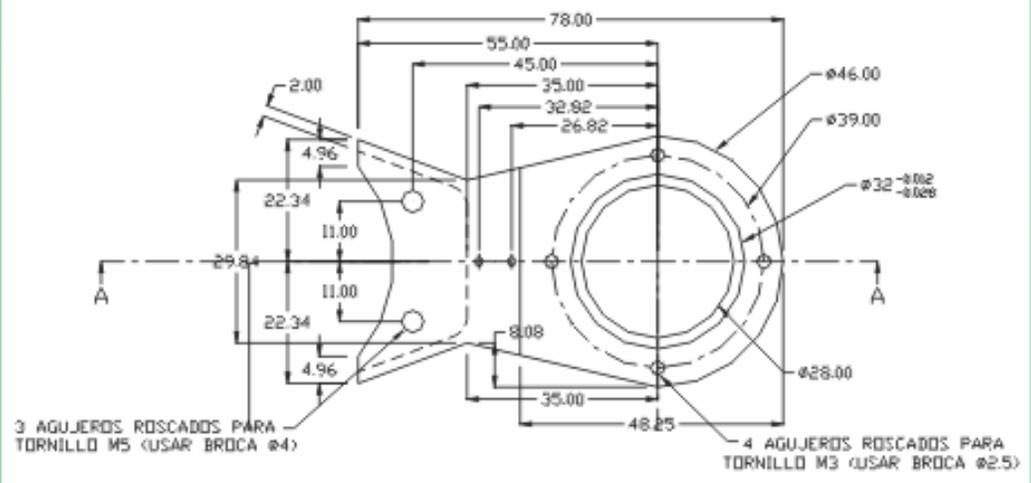
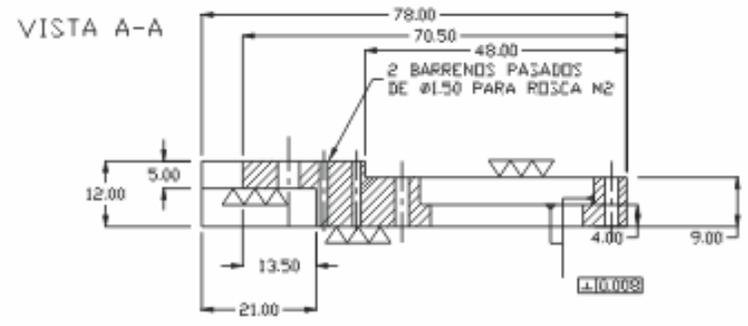
PIEZA 4



PIEZA 6

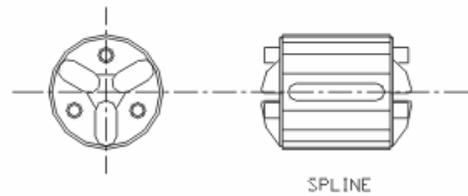
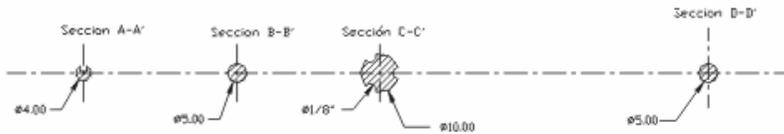
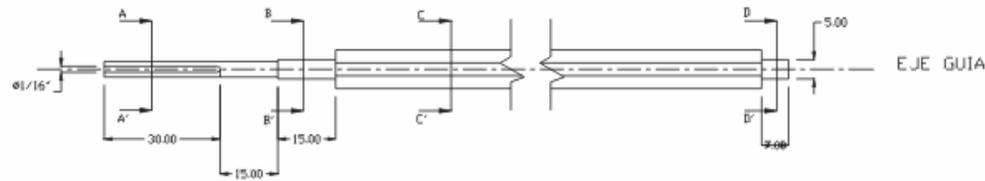
6	1	ANILLO SEPARADOR	ACERO 1018
4	1	SOPORTE INFERIOR DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO LAGG/JTS	DIBUJO LMGC	
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	CLAVE PDD.DWG
			PLANO SPDD-F-04

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



5	1	PLACA DESLIZANTE DERECHA	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE PDD.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDD-F-05

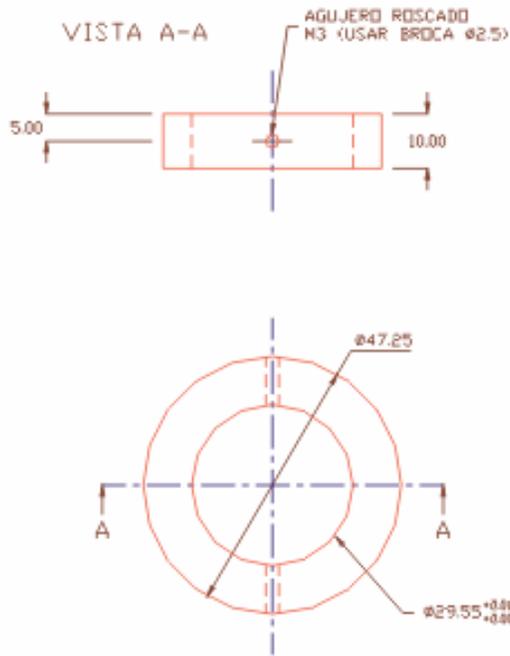
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	-3	-6	-20	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chofines					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



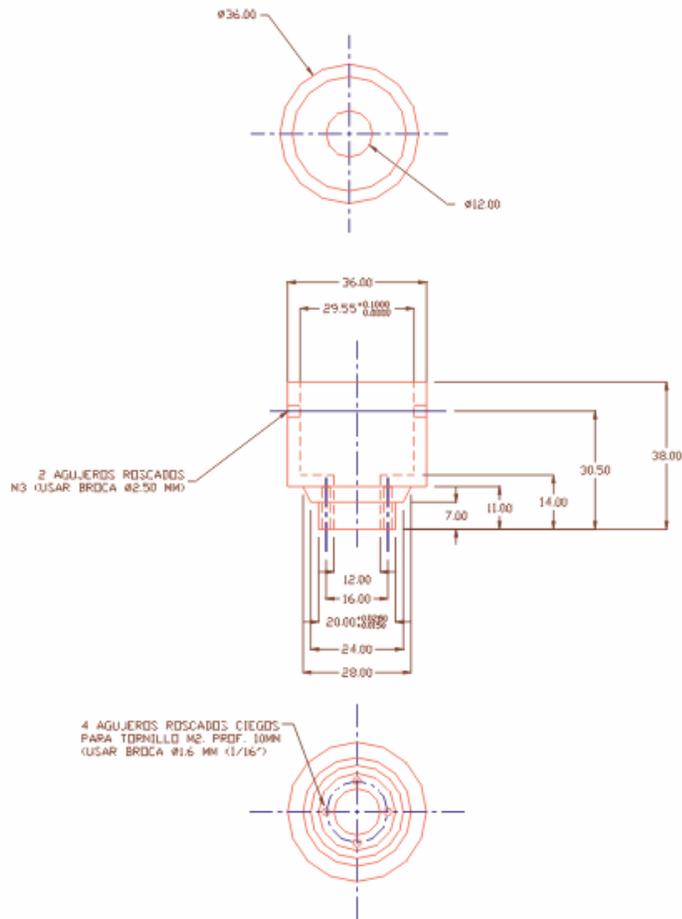
7	2	SPLINE	MARCA THOMSON
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE DERECHA / IZQUIERDA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE PDD.DWG
	FECHA ENERO, 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDD-C-01

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA"*

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



1	1	POLEA P=2.5MM N=60	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDI-F-01

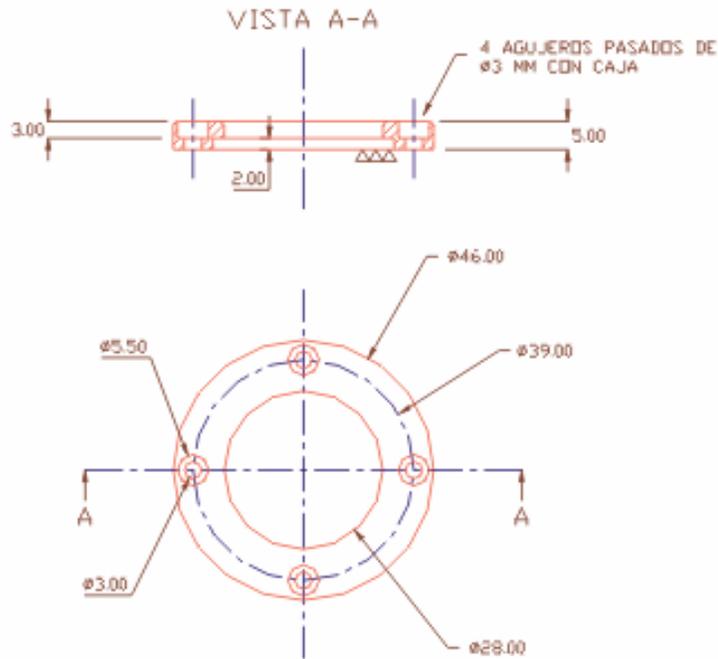


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes		Dímetros			
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
2	1	COPA IZQUIERDA	ACERO 1018
		PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA S/E
		TITULO PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA	ACOTACIONES MM
		DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC
		FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.
			CLAVE PDI.DWG
			PLANO SPDI-F-02



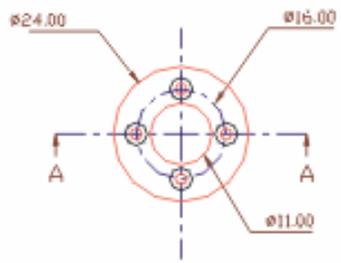
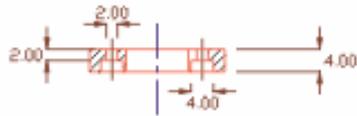
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	-.3	-.6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



3	1	SOPORTE SUPERIOR DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	CLAVE PDI.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDI-F-03

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..05	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Cheflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

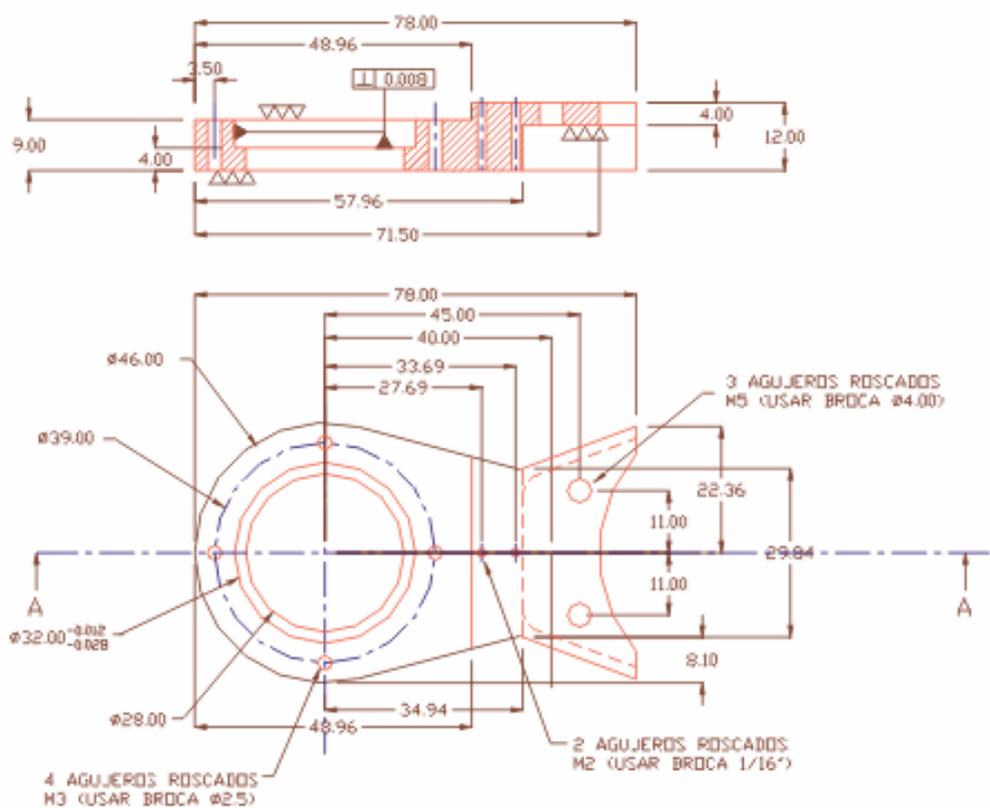
VISTA A-A



4	1	SOORTE INFERIOR DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE PDI.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDI-F-04

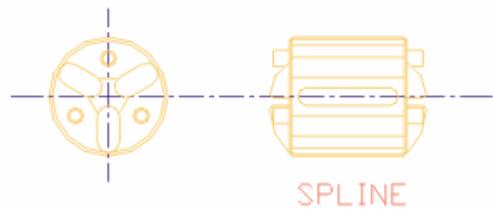
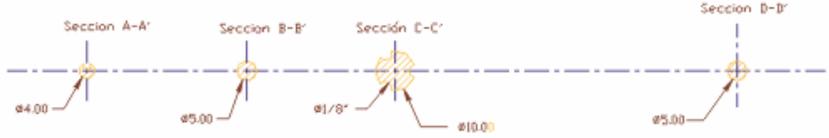
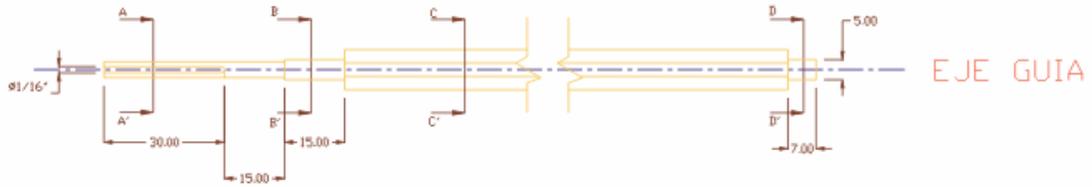
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

VISTA A-A



5	1	PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO LMGC	 CLAVE PDI.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPDI-F-05

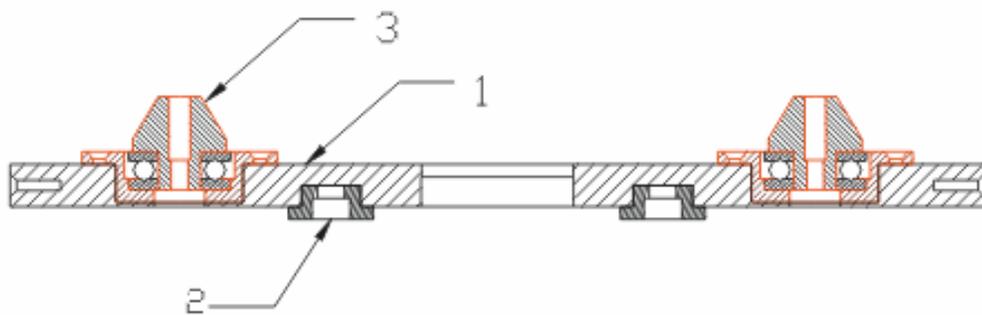
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
Radios - Chavilones					
± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05	± 0.06



6	2	EJE GUIA	MARCA THOMSON
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA DESLIZANTE IZQUIERDA		ACOTACIONES mm
DISEÑO L.G.G.		DIBUJO LMGC	CLAVE PDI.DWG
FECHA ENERO 2006		RESP. L.G.G.	PLANO SPDI-C-01

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA PLACA INTERMEDIA"*

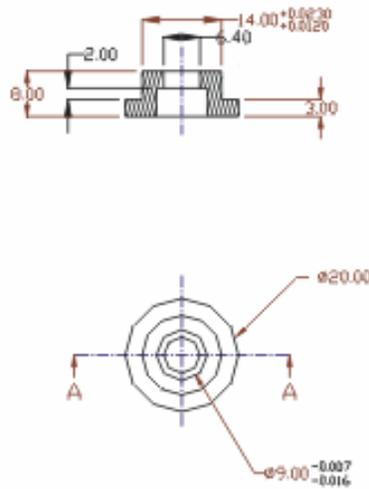
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..05	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chafilones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



3	2	SOPORTE PARA EL SPLINE	SSS-E-01
2	4	CAJA PARA BALERO	SPI-F-02
1	1	PLACA SUPERIOR	SPI-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 0.75:1
	TITULO PLACA INTERMEDIA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO JTS	DIBUJO ARMV	CLAVE PLACA.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	PLANO SPI-E-01

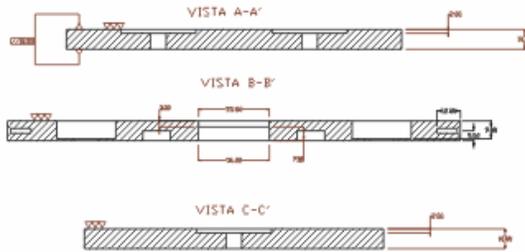
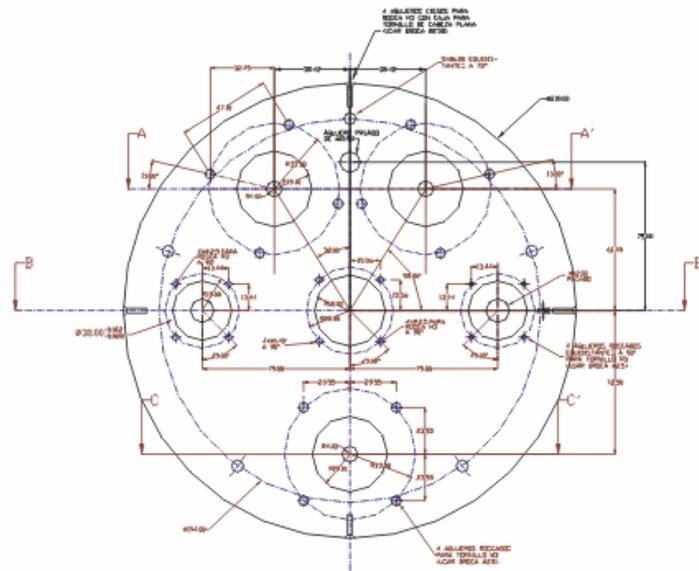
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chiflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

VISTA A-A

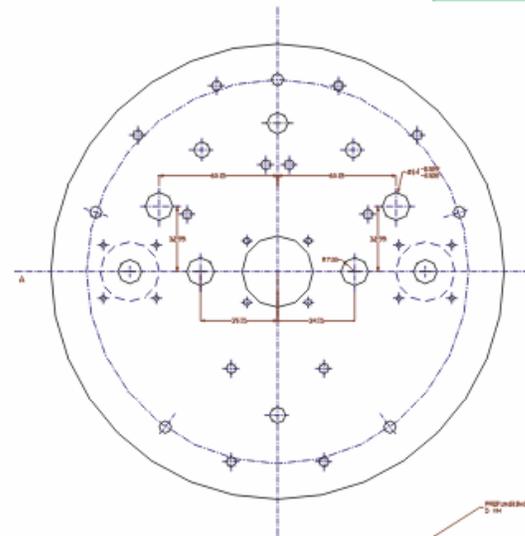


	4	CAJA PARA BALERO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 1:1
	TITULO PLACA INTERMEDIA		ACOTACIONES mm
	DISEÑO JTS	DIBUJO ARMV	
	FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	CLAVE PLACA.DWG PLANO SPI-F-02

VISTA SUPERIOR



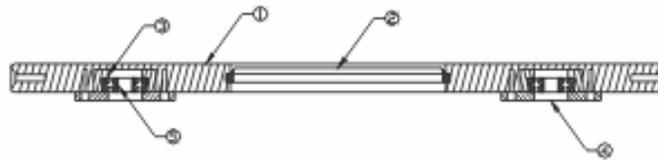
VISTA INFERIOR



TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05

No.	1	PLACA SUPERIOR (VISTAS SUPERIOR E INFERIOR)	ACERO 1018
CTD.		DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA 2:1
	TITULO PLACA INTERMEDIA		ACOTACIONES mm
			
	DISEÑO J.T.S	DIBUJO A.R.M.V.	CLAVE PLACA.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPI-F-01

*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA PLACA SUPERIOR"*

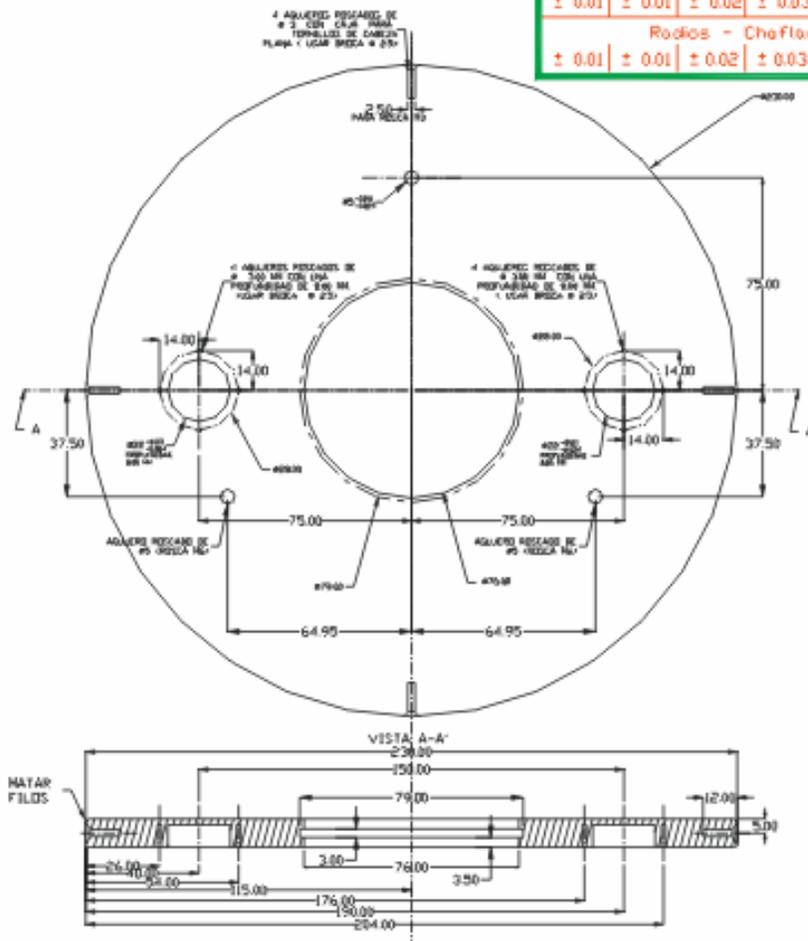


5	2	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 625
4	2	SOPORTE DEL RODAMIENTO	SPT-F-04
3	2	INSERTO PARA RODAMIENTO	SPT-F-03
2	1	SELLO DE TEFLON	SPT-F-02
1	1	PLACA SUPERIOR	SPT-F-01

No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
-----	------	-------------	---------------

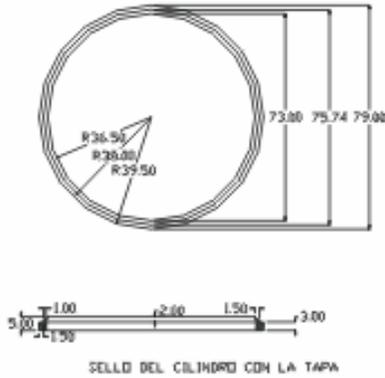
	PROYECTO <i>ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS</i>		ESCALA S/E
	TITULO <i>PLACA SUPERIOR</i>		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO L.M.G.C.	CLAVE PLACA.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPS-E-01

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



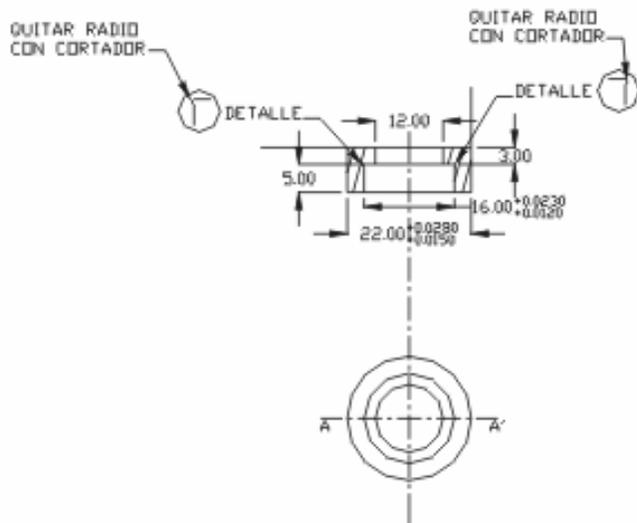
1	1	PLACA SUPERIOR (TAPA)	ALUMINIO	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E	
	TITULO PLACA SUPERIOR		ACOTACIONES mm	
	DISEÑO JTS	DIBUJO LMGC		CLAVE PLACA.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	PLANO SPS-F-01	

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	-.3	-.6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chiflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



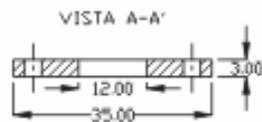
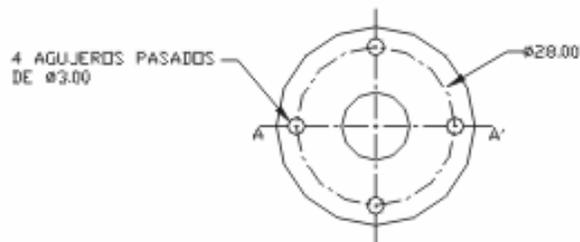
2	1	SELLO DE TEFLON	TEFLON
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACAC SUPERIOR		ACOTACIONES mm
	DISEÑO JTS	DIBUJO LMGC	CLAVE PLACA.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	PLANO SPS-F-02

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.05	-.3	-.6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflanes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



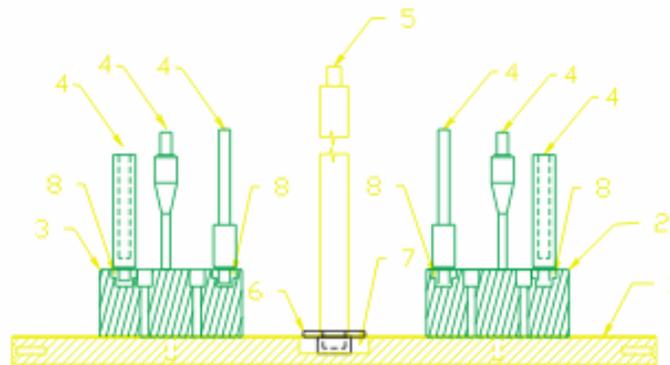
3	2	INSERTO PARA RODAMIENTO	ACERO 1018	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E	
	TITULO PLACA SUPERIOR		ACOTACIONES MM	
	DISEÑO JTS	DIBUJO LMGC		CLAVE PLACA.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	PLANO SPS-F-03	

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Cheflanes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



4	2	SOPORTE DEL RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA SUPERIOR		ACOTACIONES MM
	DISEÑO JTS	DIBUJO LMGC	
	FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	CLAVE PLACA.DWG
			PLANO SPS-F-04

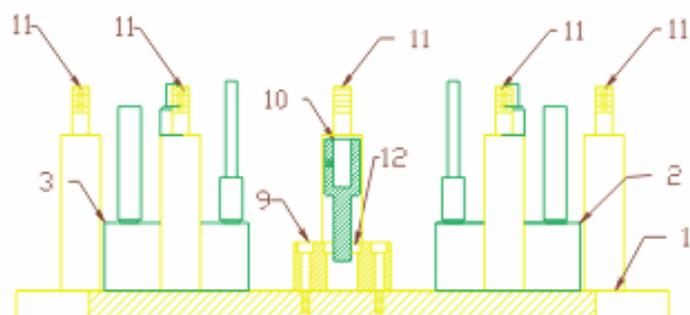
*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA PLACA BASE"*



8	1	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 618/4
7	1	RODAMIENTO DE BOLAS DE CARGA AXIAL	SKF 51101
6	1	COUPLE TBR-RODAMIENTO	SPB-F-05
5	1	POSTE SEPARADOR BASE TAPA	SPB-F-04
4	2 de C/U	FLECHAS PARA LAS POLEAS DE TRANSMISION	SPB-F-03
3	1	SOPORTES GUIA PARA SPLINE Y EJES POLEA DER.	SPB-F-02
2	1	SOPORTES GUIA PARA SPLINE Y EJES POLEA IZQ.	SPB-F-02
1	1	PLACA SOPORTE	SPB-F-01

No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
-----	------	-------------	---------------

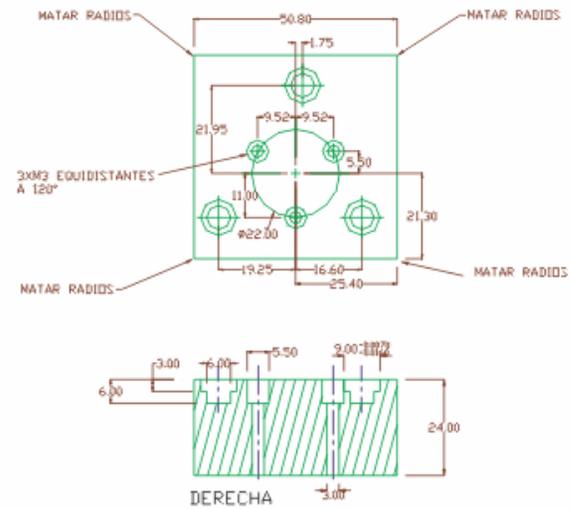
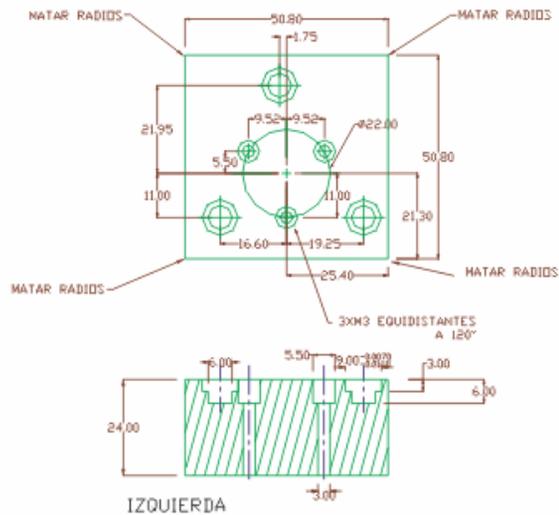
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA BASE		ACOTACIONES mm
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO L.M.G.C.	CLAVE PLACBASE.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPB-E-01/02



12	1	RODAMIENTO DE BOLAS	SKF 618/6
11	1	POSTE SEPARADOR	SPB-F-08
10	1	FLECHA PARA LA POLEA DE TRANSMISION DEL TBR	SPB-F-07
9	1	ALOJAMIENTO DEL RODAMIENTO DEL MOTOR A LA POLEA	SPB-F-06
3	1	SOPORTES GUIA PARA SPLINE Y EJES POLEA DER.	SPB-F-02
2	1	SOPORTES GUIA PARA SPLINE Y EJES POLEA IZO.	SPB-F-02
1	1	PLACA SOPORTE	SPB-F-01

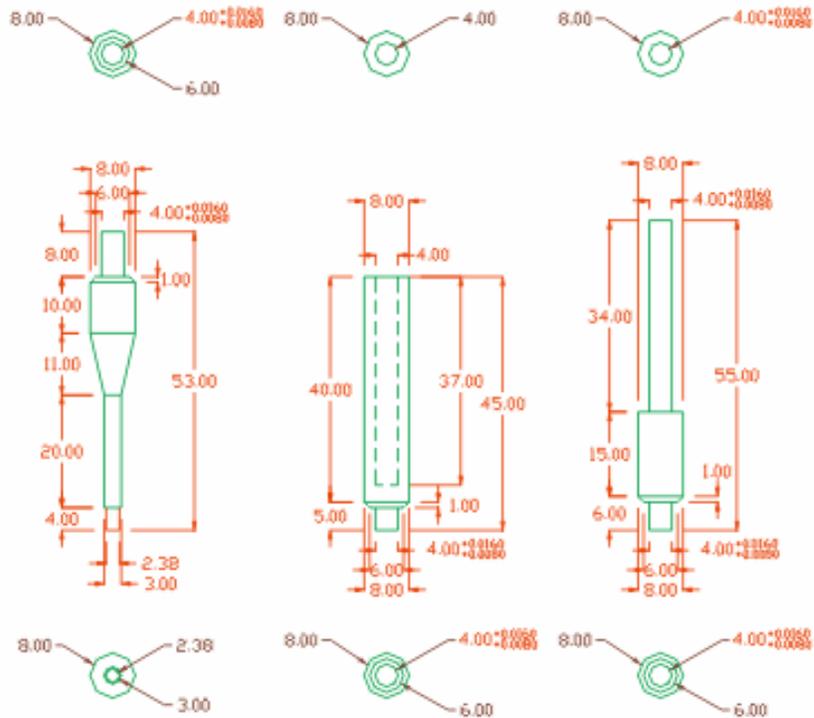
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E	
	TITULO PLACA BASE		ACOTACIONES mm	
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO L.M.G.C.		CLAVE PLACBASE.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPB-E-02/02	

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..05	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chaflores					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



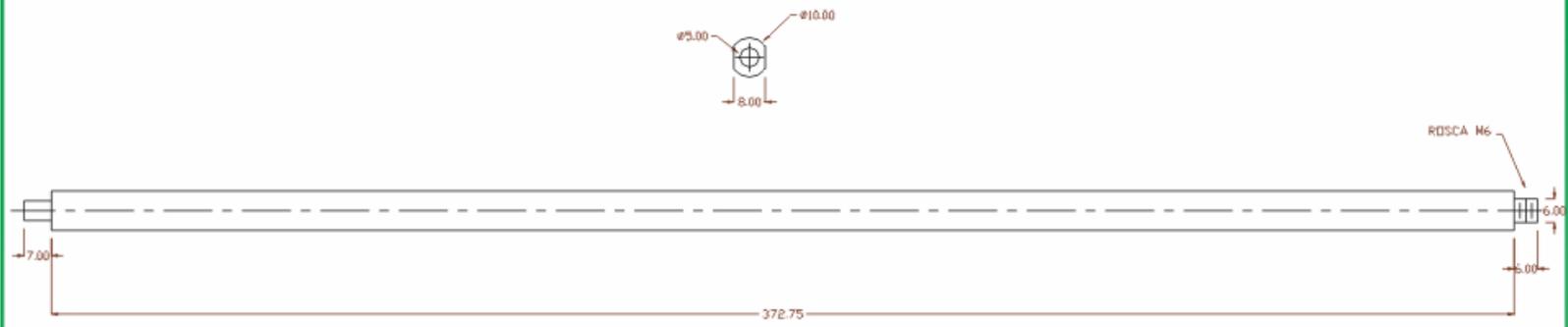
3	1	SOPORTES GUIA PARA SPLINE Y EJES POLEA DERECHO	ACERO 1018
2	1	SOPORTES GUIA PARA SPLINE Y EJES POLEA IZQUIERDO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS			ESCALA S/E
TITULO			ACOTACIONES mm
PLACA SOPORTE			
DISEÑO L.G.G.		DIBUJO ARMV	CLAVE PLACBASE.DWG
FECHA ENERO 2006		RESP. LGG	PLANO SPB-F-02

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
Radios - Chafilados					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



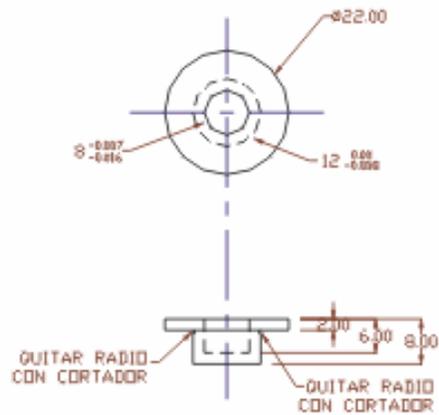
4	2 DE C/U	FLECHAS PARA LAS POLEAS DE TRANSMISION	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA
	TITULO		ACOTACIONES
	PLACA BASE		mm
	DISEÑO L.G.G.		DIBUJO ARMV
FECHA ENERO 2006		RESP. L.G.G.	PLANO SPB-F-03

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



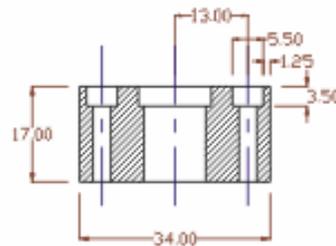
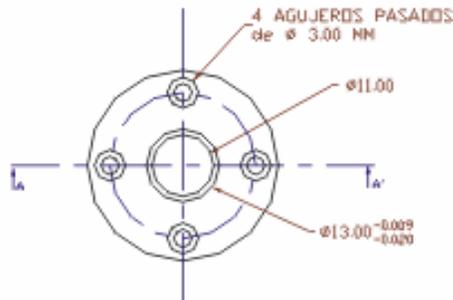
5	1	POSTE SEPARADOR BASE-TAPA	ACERO 1018	
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
 FI-UNAM		PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS	ESCALA S/E	
		TITULO PLACA BASE	ACOTACIONES mm	
		DISEÑO L.G.G.	DIBUJO ARMV	 CLAVE PLACBASE.DWG
		FECHA ENERO 2006	RESP. LGG	PLANO SPB-F-04

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflanes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



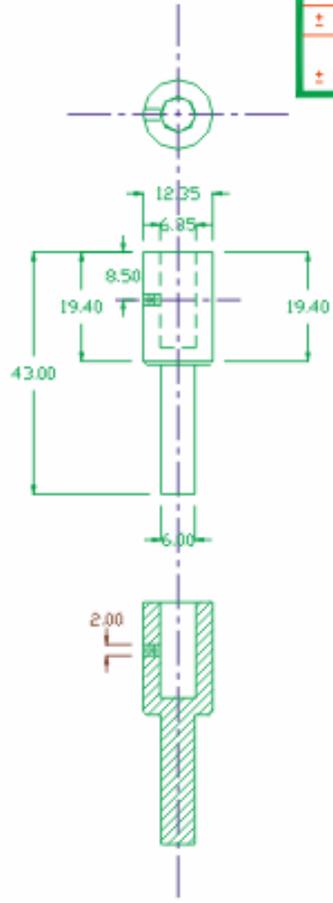
6	1	COPLER TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTES - RODAMIENTO	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO PLACA BASE		ACOTACIONES MM
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO ARMV	 CLAVE PLACBASE.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPB-F-05

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



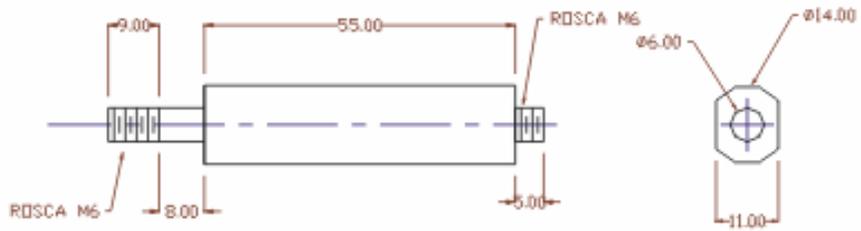
9	1	ALOJAMIENTO DEL RODAMIENTO DEL MOTOR A LA POLEA	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO		ACOTACIONES mm
	PLACA BASE		
	DISEÑO L.G.G.	DIBUJO ARMV	CLAVE PLACBASE.DWG
FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPB-F-06	

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflanes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



10	1	FLECHA PARA LA TRANSMISION AL TBR	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 cdm FI-UNAM	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA
	TITULO		S/E
	PLACA BASE		ACOTACIONES
			MM
		DISEÑO	DIBUJO
		L.G.G.	ARMV
		FECHA	RESP.
		ENERO 2006	L.G.G.
			CLAVE
			PLACBASE.DWG
			PLANO
			SPB-F-07

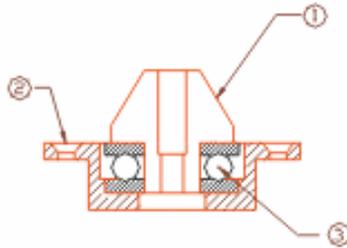
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-0.5	- 3	- 6	-30	-120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Cheflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



11	5	POSTE SEPARADOR	ACERO 1018
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO (DGAPA) ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA
	TITULO		S/E
	PLACA BASE		ACOTACIONES
			mm
			
DISEÑO L.G.G.	DIBUJO ARMV	CLAVE PLACBASE.DWG	
FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SPB-F-08	

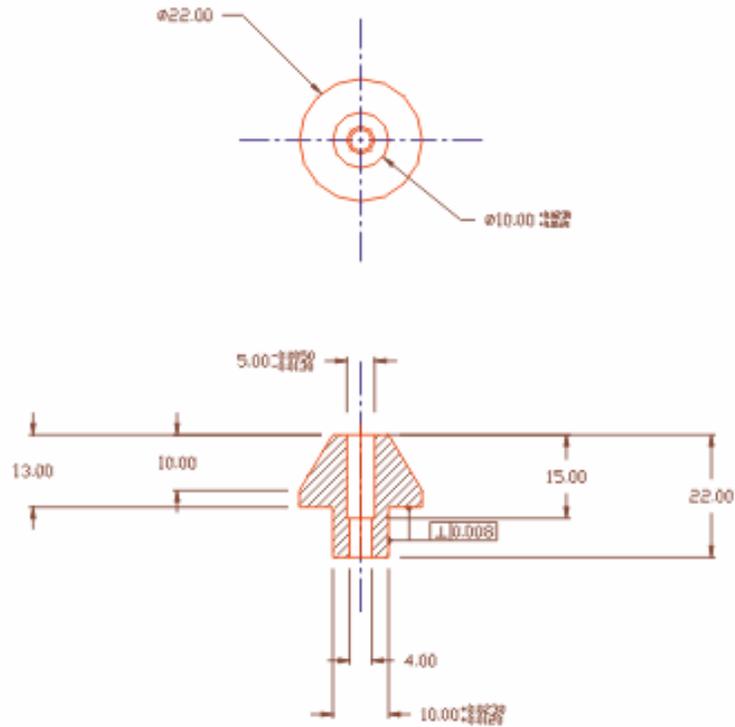
*PLANOS DE DETALLE Y
FABRICACIÓN DEL ROBOT PARA
TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
"SISTEMA SOPORTE PARA EL SPLINE"*

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 3	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Chóflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



3	1	RODAMIENTO AXIAL	51100 SKF
2	1	BASE	SSS-F-02
1	1	SOPORTE PARA EL SPLINE	SSS-F-01
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO SOPORTE PARA EL SPLINE		ACOTACIONES mm
	DISEÑO J.T.S.	DIBUJO A.R.M.V.	CLAVE SOP-SPLI.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SSS-E-01

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
-.0.5	- .3	- .6	-.30	-.120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflanes					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



1	1	SOPORTE PARA EL SPLINE	ALUMINIO
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FI-UNAM	PROYECTO ROBOT PARA CUARTOS LIMPIOS		ESCALA S/E
	TITULO SOPORTE PARA EL SPLINE		ACOTACIONES mm
	DISEÑO J.T.S.	DIBUJO A.R.M.V.	CLAVE SOP-SPLI.DWG
	FECHA ENERO 2006	RESP. L.G.G.	PLANO SSS-F-02

ANEXO 3

*TABLAS DE CONTEO
DE PARTÍCULAS
(ACONDICIONAMIENTO DE
LA CÁMARA DE CONTROL)*

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP1

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	06/01/2001 13:49:00	1	10:00	0	0
2	06/01/2001 13:59:00	1	10:00	0	0
3	06/01/2001 14:09:00	1	10:00	0	0
4	06/01/2001 14:19:00	1	10:00	0	0
5	06/01/2001 14:29:00	1	10:00	0	0
6	06/01/2001 14:39:00	1	10:00	0	0
7	06/01/2001 14:49:00	1	10:00	0	0
8	06/01/2001 14:59:00	1	10:00	0	0
9	06/01/2001 15:09:00	1	10:00	0	0
10	06/01/2001 15:19:00	1	10:00	0	0
11	06/01/2001 15:29:00	1	10:00	0	0
12	06/01/2001 15:39:00	1	10:00	0	0
13	06/01/2001 15:49:00	1	10:00	0	0
14	06/01/2001 15:59:00	1	10:00	0	0
15	06/01/2001 16:09:00	1	10:00	0	0
16	06/01/2001 16:19:00	1	10:00	0	0
17	06/01/2001 16:29:00	1	10:00	0	0
18	06/01/2001 16:39:00	1	10:00	0	0
19	06/01/2001 16:49:00	1	10:00	0	0
20	06/01/2001 16:59:00	1	10:00	0	0
21	06/01/2001 17:09:00	1	10:00	0	0
22	06/01/2001 17:19:00	1	10:00	0	0
23	06/01/2001 17:29:00	1	10:00	0	0
24	06/01/2001 17:39:00	1	10:00	0	0
25	06/01/2001 17:49:00	1	10:00	0	0
26	06/01/2001 17:59:00	1	10:00	0	0
27	06/01/2001 18:09:00	1	10:00	0	0
28	06/01/2001 18:19:00	1	10:00	0	0
29	06/01/2001 18:29:00	1	10:00	0	0
30	06/01/2001 18:39:00	1	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización AL				0	0

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP2

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	07/01/2001 14:00:00	2	10:00	0	0
2	07/01/2001 14:10:00	2	10:00	0	0
3	07/01/2001 14:20:00	2	10:00	0	0
4	07/01/2001 14:30:00	2	10:00	0	0
5	07/01/2001 14:40:00	2	10:00	0	0
6	07/01/2001 14:50:00	2	10:00	0	0
7	07/01/2001 15:00:00	2	10:00	0	0
8	07/01/2001 15:10:00	2	10:00	0	0
9	07/01/2001 15:20:00	2	10:00	0	0
10	07/01/2001 15:30:00	2	10:00	0	0
11	07/01/2001 15:40:00	2	10:00	0	0
12	07/01/2001 15:50:00	2	10:00	0	0
13	07/01/2001 16:00:00	2	10:00	0	0
14	07/01/2001 16:10:00	2	10:00	0	0
15	07/01/2001 16:20:00	2	10:00	0	0
16	07/01/2001 16:30:00	2	10:00	0	0
17	07/01/2001 16:40:00	2	10:00	0	0
18	07/01/2001 16:50:00	2	10:00	0	0
19	07/01/2001 17:00:00	2	10:00	0	0
20	07/01/2001 17:10:00	2	10:00	0	0
21	07/01/2001 17:20:00	2	10:00	0	0
22	07/01/2001 17:30:00	2	10:00	0	0
23	07/01/2001 17:40:00	2	10:00	0	0
24	07/01/2001 17:50:00	2	10:00	0	0
25	07/01/2001 18:00:00	2	10:00	0	0
26	07/01/2001 18:10:00	2	10:00	0	0
27	07/01/2001 18:20:00	2	10:00	0	0
28	07/01/2001 18:30:00	2	10:00	0	0
29	07/01/2001 18:40:00	2	10:00	0	0
30	07/01/2001 18:50:00	2	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización AL				0	0

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP3

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	08/01/2001 14:12:00	3	10:00	0	0
2	08/01/2001 14:22:00	3	10:00	0	0
3	08/01/2001 14:32:00	3	10:00	0	0
4	08/01/2001 14:42:00	3	10:00	0	0
5	08/01/2001 14:52:00	3	10:00	0	0
6	08/01/2001 15:02:00	3	10:00	0	0
7	08/01/2001 15:12:00	3	10:00	0	0
8	08/01/2001 15:22:00	3	10:00	0	0
9	08/01/2001 15:32:00	3	10:00	0	0
10	08/01/2001 15:42:00	3	10:00	0	0
11	08/01/2001 15:52:00	3	10:00	0	0
12	08/01/2001 16:02:00	3	10:00	0	0
13	08/01/2001 16:12:00	3	10:00	0	0
14	08/01/2001 16:22:00	3	10:00	0	0
15	08/01/2001 16:32:00	3	10:00	0	0
16	08/01/2001 16:42:00	3	10:00	0	0
17	08/01/2001 16:52:00	3	10:00	0	0
18	08/01/2001 17:02:00	3	10:00	0	0
19	08/01/2001 17:12:00	3	10:00	0	0
20	08/01/2001 17:22:00	3	10:00	0	0
21	08/01/2001 17:32:00	3	10:00	0	0
22	08/01/2001 17:42:00	3	10:00	0	0
23	08/01/2001 17:52:00	3	10:00	0	0
24	08/01/2001 18:02:00	3	10:00	0	0
25	08/01/2001 18:12:00	3	10:00	0	0
26	08/01/2001 18:22:00	3	10:00	0	0
27	08/01/2001 18:32:00	3	10:00	0	0
28	08/01/2001 18:42:00	3	10:00	0	0
29	08/01/2001 18:52:00	3	10:00	0	0
30	08/01/2001 19:02:00	3	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización A _L				0	0

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP4

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	09/01/2001 14:20:00	4	10:00	0	0
2	09/01/2001 14:30:00	4	10:00	3	0
3	09/01/2001 14:40:00	4	10:00	0	0
4	09/01/2001 14:50:00	4	10:00	0	0
5	09/01/2001 15:00:00	4	10:00	0	0
6	09/01/2001 15:10:00	4	10:00	0	0
7	09/01/2001 15:20:00	4	10:00	0	0
8	09/01/2001 15:30:00	4	10:00	0	0
9	09/01/2001 15:40:00	4	10:00	0	0
10	09/01/2001 15:50:00	4	10:00	0	0
11	09/01/2001 16:00:00	4	10:00	0	0
12	09/01/2001 16:10:00	4	10:00	0	0
13	09/01/2001 16:20:00	4	10:00	0	0
14	09/01/2001 16:30:00	4	10:00	0	0
15	09/01/2001 16:40:00	4	10:00	0	0
16	09/01/2001 16:50:00	4	10:00	0	0
17	09/01/2001 17:00:00	4	10:00	0	0
18	09/01/2001 17:10:00	4	10:00	0	0
19	09/01/2001 17:20:00	4	10:00	0	0
20	09/01/2001 17:30:00	4	10:00	0	0
21	09/01/2001 17:40:00	4	10:00	0	0
22	09/01/2001 17:50:00	4	10:00	0	0
23	09/01/2001 18:00:00	4	10:00	0	0
24	09/01/2001 18:10:00	4	10:00	0	0
25	09/01/2001 18:20:00	4	10:00	0	0
26	09/01/2001 18:30:00	4	10:00	0	0
27	09/01/2001 18:40:00	4	10:00	0	0
28	09/01/2001 18:50:00	4	10:00	0	0
29	09/01/2001 19:00:00	4	10:00	0	0
30	09/01/2001 19:10:00	4	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.1	0

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP5

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	10/01/2001 14:29:00	5	10:00	0	0
2	10/01/2001 14:39:00	5	10:00	0	0
3	10/01/2001 14:49:00	5	10:00	0	0
4	10/01/2001 14:59:00	5	10:00	0	0
5	10/01/2001 15:09:00	5	10:00	0	0
6	10/01/2001 15:19:00	5	10:00	0	0
7	10/01/2001 15:29:00	5	10:00	0	0
8	10/01/2001 15:39:00	5	10:00	0	0
9	10/01/2001 15:49:00	5	10:00	0	0
10	10/01/2001 15:59:00	5	10:00	0	0
11	10/01/2001 16:09:00	5	10:00	0	0
12	10/01/2001 16:19:00	5	10:00	0	0
13	10/01/2001 16:29:00	5	10:00	0	0
14	10/01/2001 16:39:00	5	10:00	0	0
15	10/01/2001 16:49:00	5	10:00	0	0
16	10/01/2001 16:59:00	5	10:00	0	0
17	10/01/2001 17:09:00	5	10:00	0	0
18	10/01/2001 17:19:00	5	10:00	0	0
19	10/01/2001 17:29:00	5	10:00	0	0
20	10/01/2001 17:39:00	5	10:00	0	0
21	10/01/2001 17:49:00	5	10:00	0	0
22	10/01/2001 17:59:00	5	10:00	0	0
23	10/01/2001 18:09:00	5	10:00	0	0
24	10/01/2001 18:19:00	5	10:00	0	0
25	10/01/2001 18:29:00	5	10:00	0	0
26	10/01/2001 18:39:00	5	10:00	0	0
27	10/01/2001 18:49:00	5	10:00	0	0
28	10/01/2001 18:59:00	5	10:00	0	0
29	10/01/2001 19:09:00	5	10:00	0	0
30	10/01/2001 19:19:00	5	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización AL				0	0

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP6

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	11/01/2001 14:38:00	6	10:00	0	0
2	11/01/2001 14:48:00	6	10:00	0	0
3	11/01/2001 14:58:00	6	10:00	0	0
4	11/01/2001 15:08:00	6	10:00	0	0
5	11/01/2001 15:18:00	6	10:00	0	0
6	11/01/2001 15:28:00	6	10:00	0	0
7	11/01/2001 15:38:00	6	10:00	0	0
8	11/01/2001 15:48:00	6	10:00	0	0
9	11/01/2001 15:58:00	6	10:00	0	0
10	11/01/2001 16:08:00	6	10:00	0	0
11	11/01/2001 16:18:00	6	10:00	0	0
12	11/01/2001 16:28:00	6	10:00	0	0
13	11/01/2001 16:38:00	6	10:00	0	0
14	11/01/2001 16:48:00	6	10:00	0	0
15	11/01/2001 16:58:00	6	10:00	0	0
16	11/01/2001 17:08:00	6	10:00	0	0
17	11/01/2001 17:18:00	6	10:00	0	0
18	11/01/2001 17:28:00	6	10:00	0	0
19	11/01/2001 17:38:00	6	10:00	0	0
20	11/01/2001 17:48:00	6	10:00	0	0
21	11/01/2001 17:58:00	6	10:00	0	0
22	11/01/2001 18:08:00	6	10:00	0	0
23	11/01/2001 18:18:00	6	10:00	0	0
24	11/01/2001 18:28:00	6	10:00	0	0
25	11/01/2001 18:38:00	6	10:00	0	0
26	11/01/2001 18:48:00	6	10:00	0	0
27	11/01/2001 18:58:00	6	10:00	0	0
28	11/01/2001 19:08:00	6	10:00	0	0
29	11/01/2001 19:18:00	6	10:00	0	0
30	11/01/2001 19:28:00	6	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización AL				0	0

ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP7

No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	12/01/2001 14:46:00	7	10:00	0	0
2	12/01/2001 14:56:00	7	10:00	0	0
3	12/01/2001 15:06:00	7	10:00	0	0
4	12/01/2001 15:16:00	7	10:00	0	0
5	12/01/2001 15:26:00	7	10:00	0	0
6	12/01/2001 15:36:00	7	10:00	0	0
7	12/01/2001 15:46:00	7	10:00	0	0
8	12/01/2001 15:56:00	7	10:00	0	0
9	12/01/2001 16:06:00	7	10:00	0	0
10	12/01/2001 16:16:00	7	10:00	0	0
11	12/01/2001 16:26:00	7	10:00	0	0
12	12/01/2001 16:36:00	7	10:00	0	0
13	12/01/2001 16:46:00	7	10:00	0	0
14	12/01/2001 16:56:00	7	10:00	0	0
15	12/01/2001 17:06:00	7	10:00	0	0
16	12/01/2001 17:16:00	7	10:00	0	0
17	12/01/2001 17:26:00	7	10:00	0	0
18	12/01/2001 17:36:00	7	10:00	0	0
19	12/01/2001 17:46:00	7	10:00	0	0
20	12/01/2001 17:56:00	7	10:00	0	0
21	12/01/2001 18:06:00	7	10:00	0	0
22	12/01/2001 18:16:00	7	10:00	0	0
23	12/01/2001 18:26:00	7	10:00	0	0
24	12/01/2001 18:36:00	7	10:00	0	0
25	12/01/2001 18:46:00	7	10:00	0	0
26	12/01/2001 18:56:00	7	10:00	0	0
27	12/01/2001 19:06:00	7	10:00	0	0
28	12/01/2001 19:16:00	7	10:00	0	0
29	12/01/2001 19:26:00	7	10:00	0	0
30	12/01/2001 19:36:00	7	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización AL				0	0

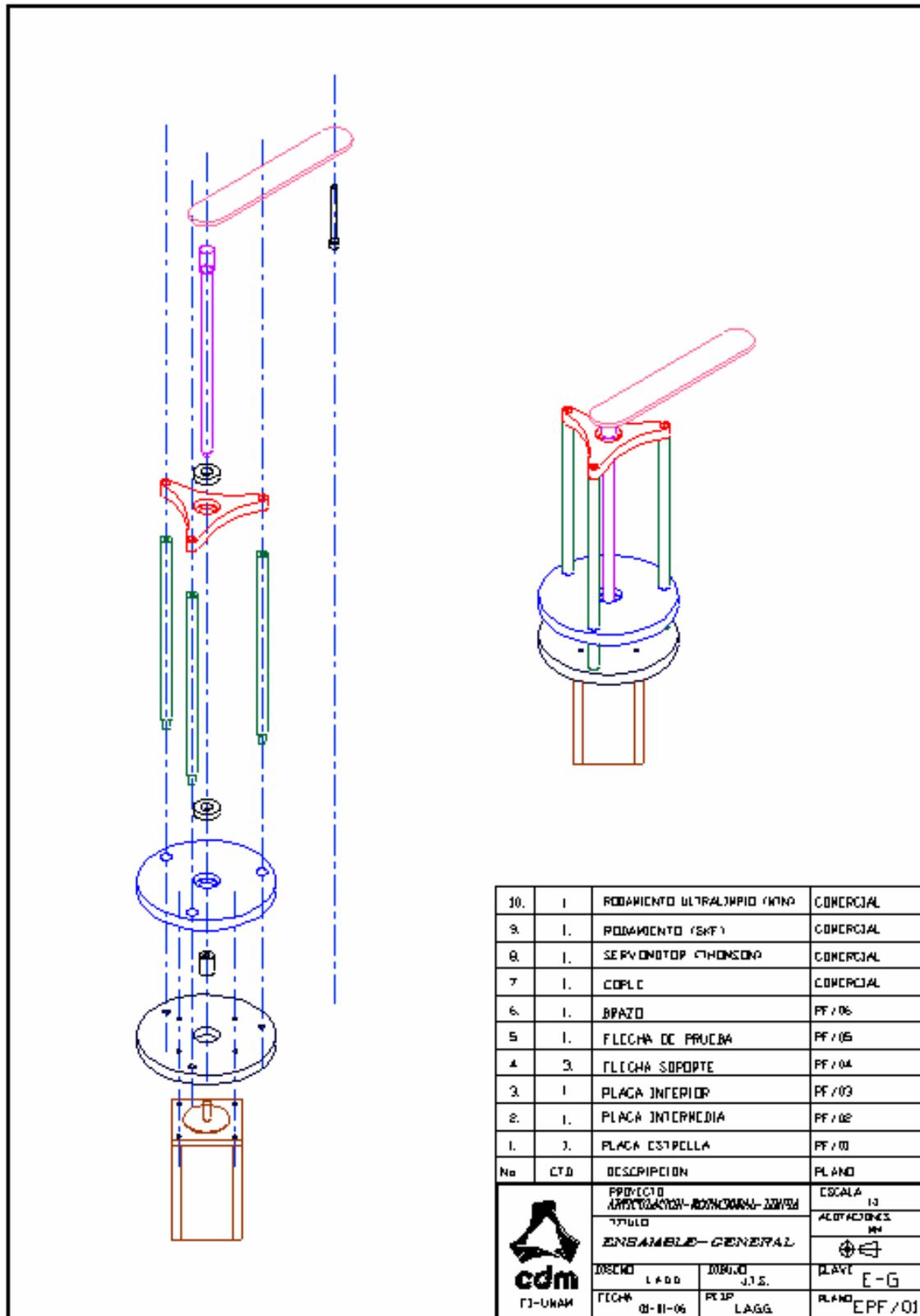
ACONDICIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CONTROL

PRUEBA AP8

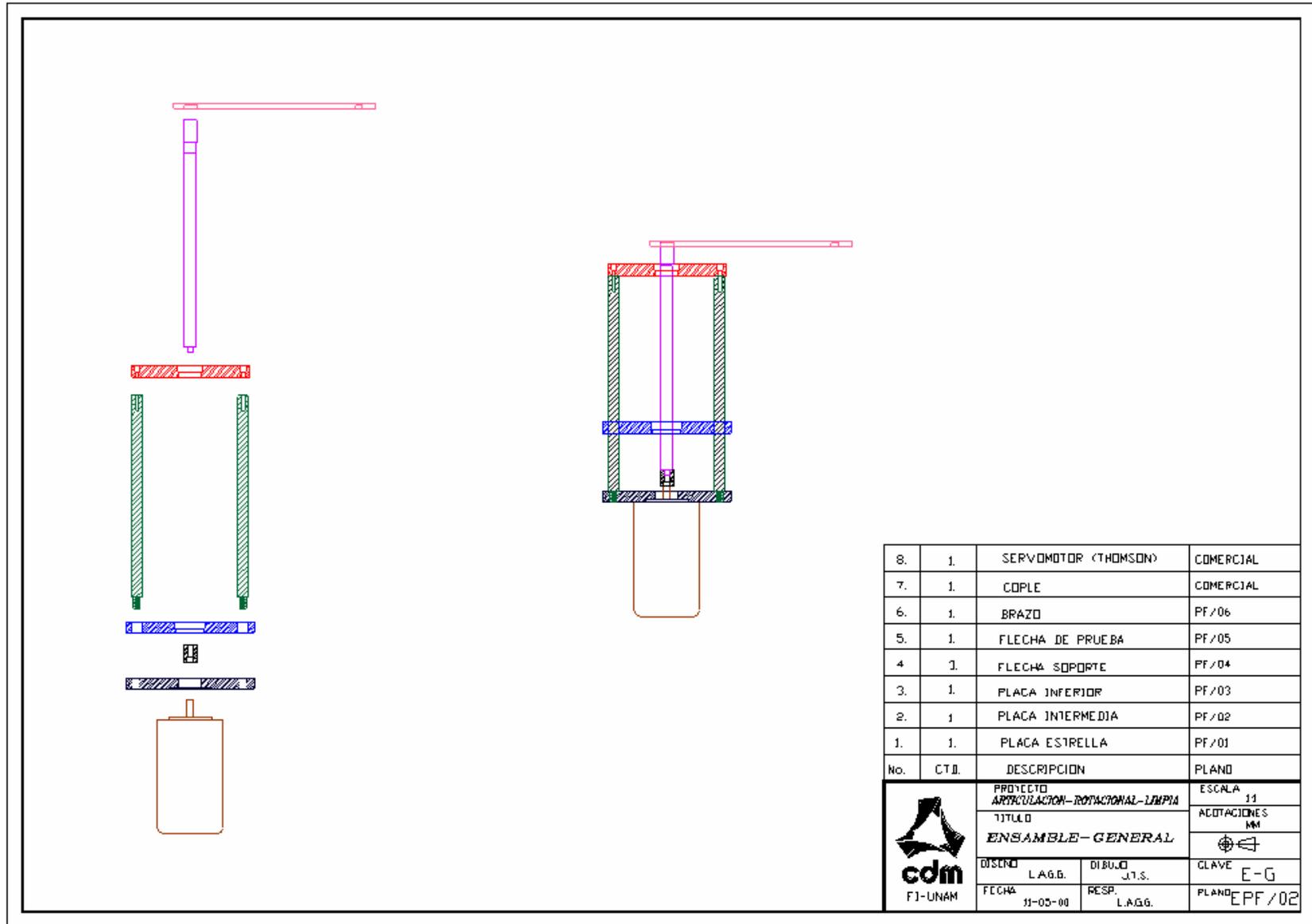
No.	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)	
				0.3	0.5
1	13/01/2001 14:55:00	8	10:00	0	0
2	13/01/2001 15:05:00	8	10:00	0	0
3	13/01/2001 15:15:00	8	10:00	0	0
4	13/01/2001 15:25:00	8	10:00	0	0
5	13/01/2001 15:35:00	8	10:00	0	0
6	13/01/2001 15:45:00	8	10:00	0	0
7	13/01/2001 15:55:00	8	10:00	0	0
8	13/01/2001 16:05:00	8	10:00	0	0
9	13/01/2001 16:15:00	8	10:00	0	0
10	13/01/2001 16:25:00	8	10:00	0	0
11	13/01/2001 16:35:00	8	10:00	0	0
12	13/01/2001 16:45:00	8	10:00	0	0
13	13/01/2001 16:55:00	8	10:00	0	0
14	13/01/2001 17:05:00	8	10:00	0	0
15	13/01/2001 17:15:00	8	10:00	0	0
16	13/01/2001 17:25:00	8	10:00	0	0
17	13/01/2001 17:35:00	8	10:00	0	0
18	13/01/2001 17:45:00	8	10:00	0	0
19	13/01/2001 17:55:00	8	10:00	0	0
20	13/01/2001 18:05:00	8	10:00	0	0
21	13/01/2001 18:15:00	8	10:00	0	0
22	13/01/2001 18:25:00	8	10:00	0	0
23	13/01/2001 18:35:00	8	10:00	0	0
24	13/01/2001 18:45:00	8	10:00	0	0
25	13/01/2001 18:55:00	8	10:00	0	0
26	13/01/2001 19:05:00	8	10:00	0	0
27	13/01/2001 19:15:00	8	10:00	0	0
28	13/01/2001 19:25:00	8	10:00	0	0
29	13/01/2001 19:35:00	8	10:00	0	0
30	13/01/2001 19:45:00	8	10:00	0	0
Concentración Promedio de la Localización AL				0	0

ANEXO 4

***PLANOS DE DETALLE
DE LA ARTICULACIÓN
ROTACIONAL DE PRUEBA***



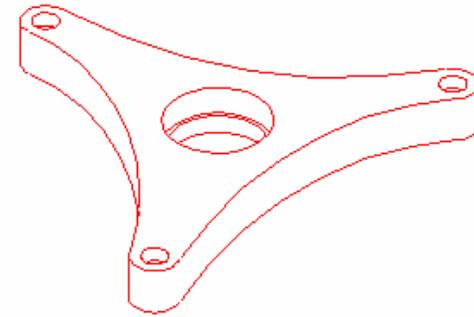
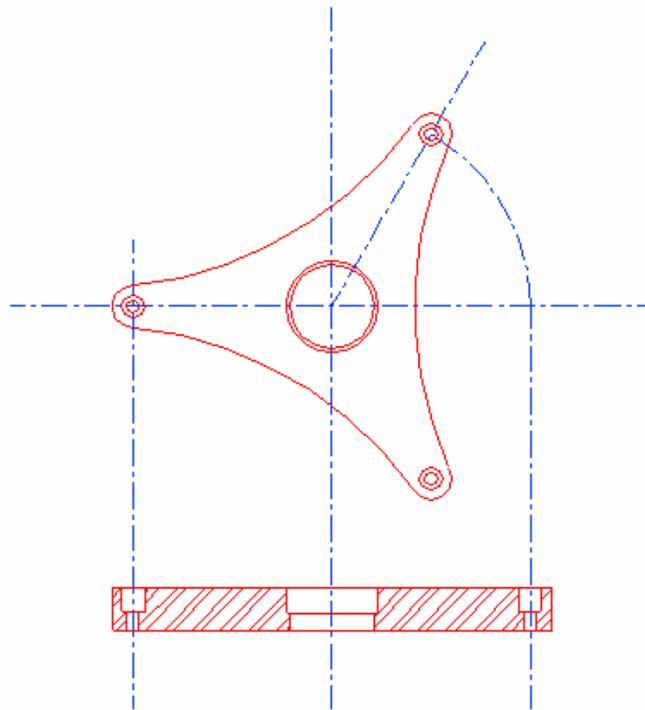
10.	1.	RODAMIENTO ULTRALIMPIO (MM)	COMERCIAL
9.	1.	RODAMIENTO (SM)	COMERCIAL
8.	1.	SERVOMOTOR THOMSON	COMERCIAL
7.	1.	COPLI	COMERCIAL
6.	1.	BRAZO	PF / 06
5.	1.	FLECHA DE PRUEBA	PF / 05
4.	3.	FLECHA SOPORTE	PF / 04
3.	1.	PLACA INTERIOR	PF / 03
2.	1.	PLACA INTERMEDIA	PF / 02
1.	3.	PLACA ESTRELLA	PF / 01
No	CTD	DESCRIPCION	PLANO
 CI-UNAM	PROYECTO APLICACION-ADONAL-2005/04 TITULO ENSAMBLAJE-GENERAL		ESCALA 1:3 ACOLOCACION MM 
	DISCEN LA 00	DIBUJO J.T.S.	PLATE E-G
FECHA 01-11-06	REVIS LAGG	PLANO EPF/01	



No.	CTB.	DESCRIPCION	PLANO
8.	1.	SERVOMOTOR (THOMSON)	COMERCIAL
7.	1.	COUPLE	COMERCIAL
6.	1.	BRAZO	PF/06
5.	1.	FLECHA DE PRUEBA	PF/05
4.	1.	FLECHA SOPORTE	PF/04
3.	1.	PLACA INFERIOR	PF/03
2.	1.	PLACA INTERMEDIA	PF/02
1.	1.	PLACA ESTRELLA	PF/01

 FI-UNAM	PROYECTO ARTICULACION-ROTACIONAL-LIMPIA		ESCALA 1:1
	TITULO ENSAMBLE-GENERAL		ADOTACIONES MM
	DISEÑO L.A.G.G.	DIBUJO J.T.S.	CLAVE E-G
	FECHA 11-05-00	RESP. L.A.G.G.	PLANO EPF/02

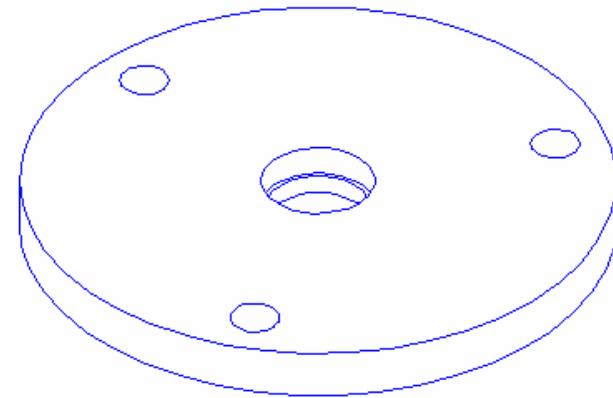
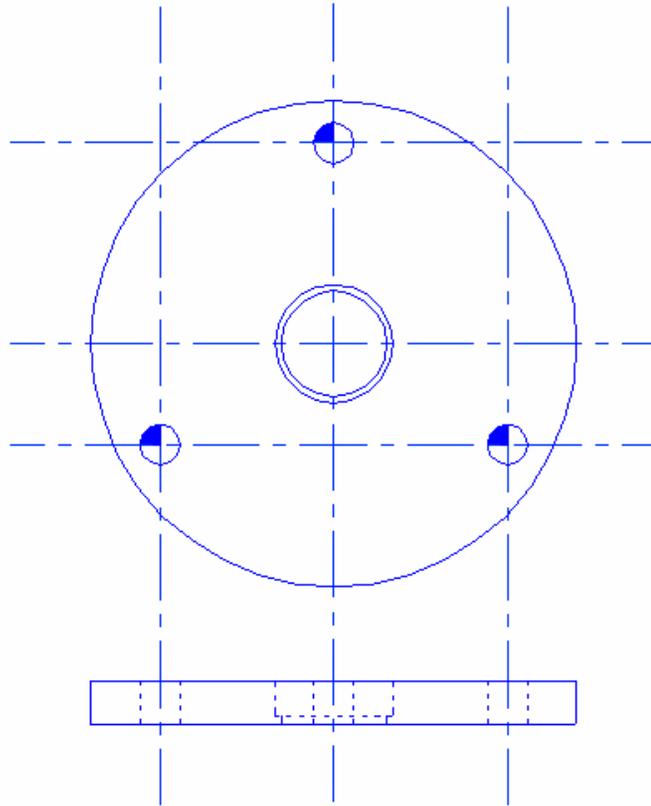
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Decimetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.4	± 0.8	± 0.15
Perforas - Centímetros					
± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.25	± 0.4	± 0.75



No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
	J	PLACA DE ALUMINIO	
		PROYECTO <i>ARTICULACION-ROTACIONAL-LIMPIA</i>	ESCALA 1:1
		TITULO <i>PLACA-ESTRELLA</i>	ACOTACIONES MM
			
		DISEÑO L.A.G.G. DIBUJO J.T.S. FECHA ENERO-2006 RESP. L.A.G.G.	CLAVE PE-01
			PLANO PF/01

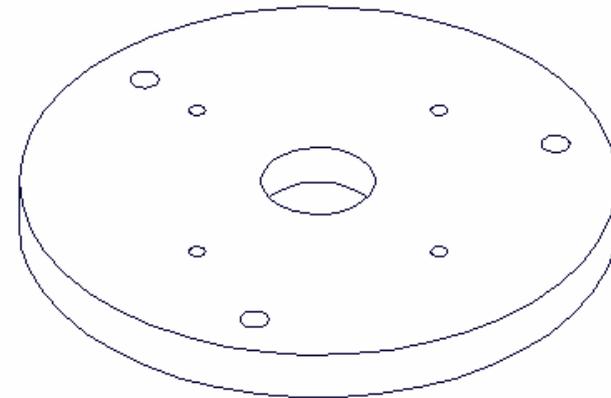
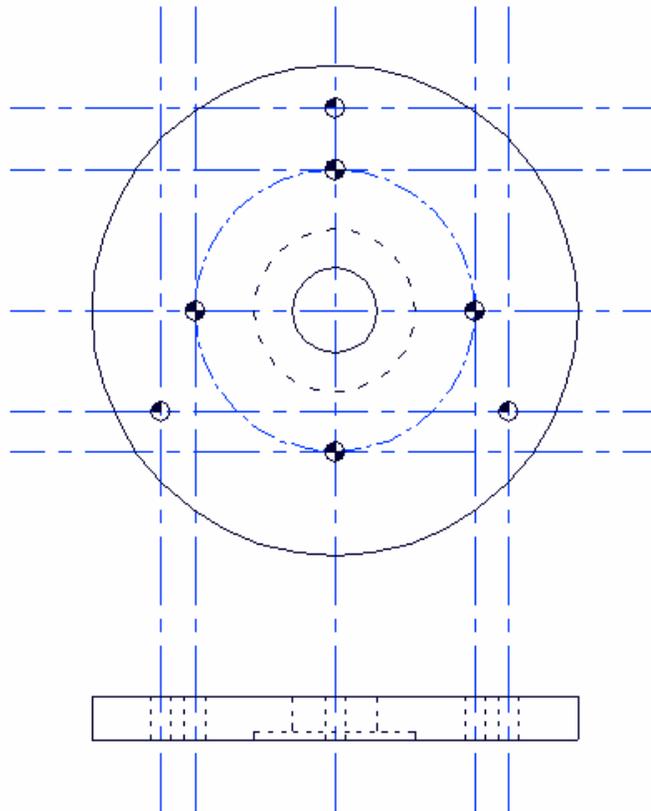


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Anillos					
> 02	> 05	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.3	± 0.4
Pegadas - Chavetas					
± 0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.05



	1	PLACA DE ALUMINIO		
No.	CTD.	DESCRIPCION	OBSERVACIONES	
	PROYECTO <i>ARTICULACION-ROTACIONAL-LIMPIA</i>		ESCALA 1:1	
	TITULO <i>PLACA-INTERMEDIA</i>		ACOTACIONES MM	
	DISEÑO L.A.G.G.	DIBUJO J.T.S.		CLAVE PI-01
	FECHA ENERO-2006	RESP. L.A.G.G.		PLANO PF/02

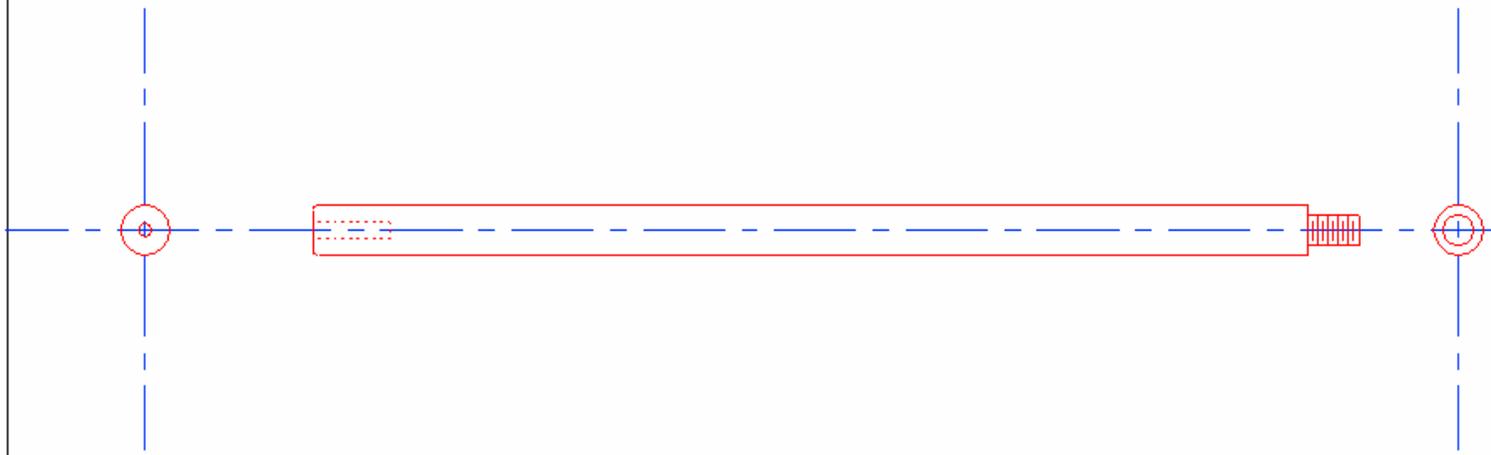
TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros			Radios - Chofleas		
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.05	± 0.1	± 0.2
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



No.	1	PLACA DE ALUMINIO	OBSERVACIONES
CTD.		DESCRIPCION	ESCALA 1:1
		PROYECTO <i>ARTICULACION-ROTACIONAL-LIMPIA</i>	ACOTACIONES MM
		TITULO <i>PLACA-INFERIOR</i>	
		DISEÑO L.A.G.G.	CLAVE PIN-01
		DIBUJO J.T.S.	PLANO PF/03
		FECHA ENERO-2006	RESP. L.A.G.G.

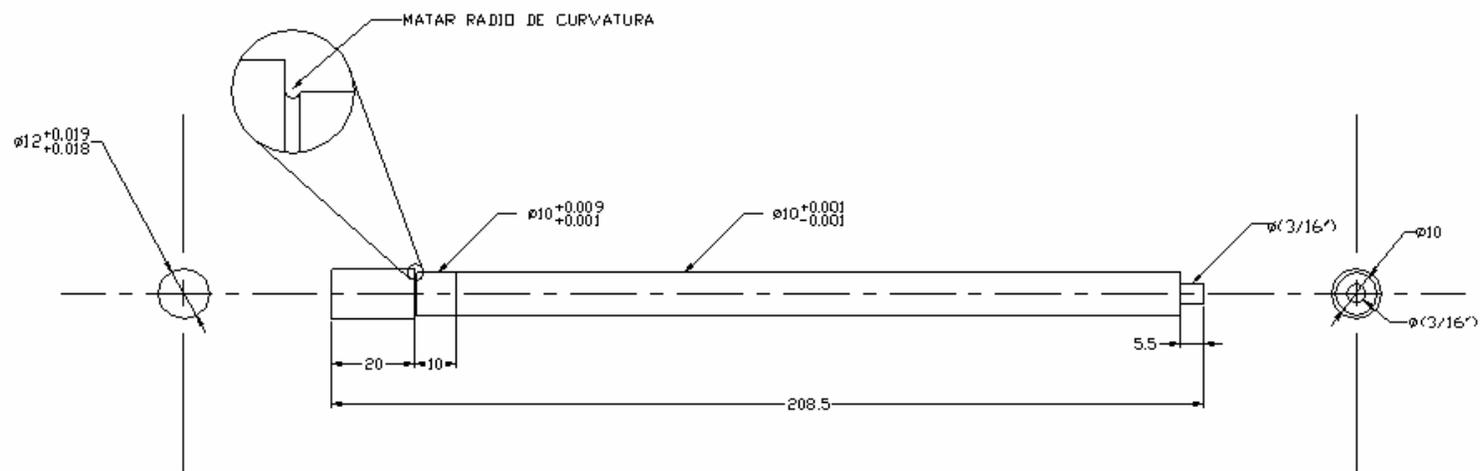


TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros			Chapas		
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..0.5	.. 1	.. 6	..30	..120	
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Radios - Choflones					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



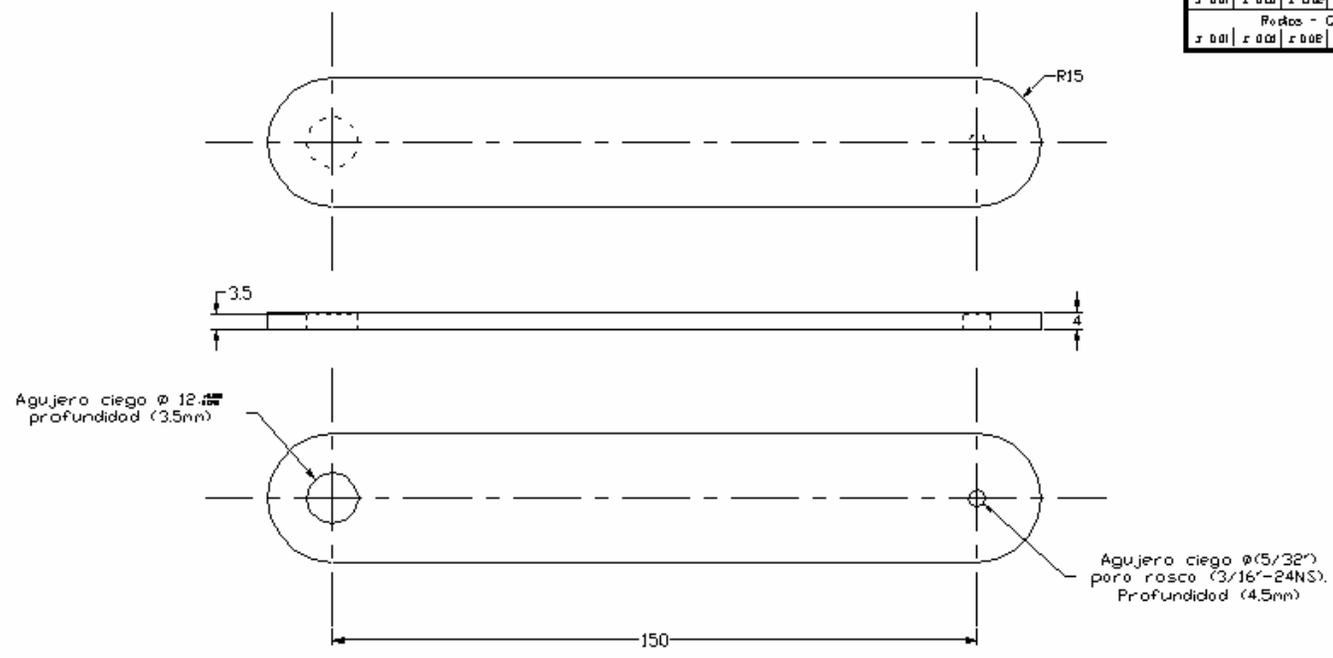
No.	3	BARRA DE ACERO INOX. 304	OBSERVACIONES
CTD.		DESCRIPCION	
 FJ-UNAM	PROYECTO CUARTO - LIMPIO		ESCALA 1:1
	TITULO FLECHA - SOPORTE		ACOTACIONES MM
	DISEÑO L.A.G.G.	DIBUJO J.T.S.	
	FECHA ENERO-2006	RESP. L.A.G.G.	CLAVE FS-01 PLANO PF/04

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.4	± 0.5
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05
Rostros - Chavetas					
± 0.01	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.04	± 0.05



No.	1	BARRA DE ACERO INOX.304	∅(1/2")
CTD.		DESCRIPCION	OBSERVACIONES
 FJ-UNAM	PROYECTO ARTICULACION-ROTACIONAL-LIMPIA		ESCALA 1:1
	TITULO FLECHA-DE-PRUEBA		ACOTACIONES MM
	DISEÑO L.A.G.G.	DIBUJO J.T.S.	CLAVE FP-01
	FECHA ENERO-2006	RESP. L.A.G.G.	PLANO PF/05

TOLERANCIAS NO INDICADAS					
Longitudes - Diámetros					
> 0.2	> 0.5	> 3	> 6	> 30	> 120
..05	..3	..6	..20	..120	
x 0.01	x 0.03	x 0.06	x 0.03	x 0.04	x 0.05
Redes - Grofloras					
x 0.01	x 0.03	x 0.06	x 0.03	x 0.04	x 0.05



	1	PLACA DE ALUMINIO		
No.	CTD.	DESCRIPCION		OBSERVACIONES
 F1-UNAM		PROYECTO <i>ARTICULACION-ROTACIONAL-LIMPIA</i>		ESCALA 1:1
		TITULO BRAZO		ACOTACIONES MM
		DISEÑO L.A.G.G.	DIBUJO J.T.S.	CLAVE A-01
		FECHA 11-05-00	RESP. L.A.G.G.	PLANO PF/06

ANEXO 5

*TABLAS DE CONTEO DE
PARTÍCULAS GENERADAS POR
LOS RODAMIENTOS*

5. A

*TABLAS DE CONTEO DE
PARTÍCULAS GENERADAS POR
EL RODAMIENTOS No. 1*

ROBOT PARA TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO

CONTEO DE PARTICULAS

RODAMIENTO No. 1

ARTICULACIÓN ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1H		Prueba C1L2R1a		
		Velocidad: 100 rpm				
No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	08-30-00 11:26:08	1	10.00	0	0	1000
2	08-30-00 11:36:11	1	10.00	1	0	1000
3	08-30-00 11:46:14	1	10.00	0	0	1000
4	08-30-00 11:56:17	1	10.00	0	0	1000
5	08-30-00 12:06:20	1	10.00	1	0	1000
6	08-30-00 12:16:23	1	10.00	0	0	1000
7	08-30-00 12:26:26	1	10.00	0	0	1000
8	08-30-00 12:36:29	1	10.00	0	0	1000
9	08-30-00 12:46:32	1	10.00	2	0	1000
10	08-30-00 12:56:35	1	10.00	0	0	1000
11	08-30-00 13:06:38	1	10.00	0	0	1000
12	08-30-00 13:16:41	1	10.00	1	0	1000
13	08-30-00 13:26:44	1	10.00	0	0	1000
14	08-30-00 13:36:47	1	10.00	3	0	1000
15	08-30-00 13:46:50	1	10.00	0	0	1000
16	08-30-00 13:56:53	1	10.00	0	0	1000
17	08-30-00 14:06:56	1	10.00	0	0	1000
18	08-30-00 14:16:58	1	10.00	1	0	1000
19	08-30-00 14:27:02	1	10.00	0	0	1000
20	08-30-00 14:37:05	1	10.00	0	0	1000
21	08-30-00 14:47:08	1	10.00	1	0	1000
22	08-30-00 14:57:11	1	10.00	1	0	1000
23	08-30-00 15:07:14	1	10.00	0	0	1000
24	08-30-00 15:17:17	1	10.00	2	0	1000
25	08-30-00 15:27:20	1	10.00	0	0	1000
26	08-30-00 15:37:23	1	10.00	0	0	1000
27	08-30-00 15:47:26	1	10.00	0	0	1000
28	08-30-00 15:57:29	1	10.00	0	0	1000
29	08-30-00 16:07:32	1	10.00	0	0	1000
30	08-30-00 16:17:35	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.433	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11 2R1aa**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
	08-30-00 16:27:38	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 16:37:41	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 16:47:44	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 16:57:47	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 17:07:50	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 17:17:53	2	10.00	1	0	1000
	08-30-00 17:27:56	2	10.00	1	0	1000
	08-30-00 17:37:58	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 17:48:02	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 17:58:05	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 18:08:08	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 18:18:11	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 18:28:14	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 18:38:17	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 18:48:20	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 18:58:23	2	10.00	2	0	1000
	08-30-00 19:08:26	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 19:18:29	2	10.00	1	0	1000
	08-30-00 19:28:32	2	10.00	1	0	1000
	08-30-00 19:38:35	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 19:48:38	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 19:58:41	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 20:08:44	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 20:18:47	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 20:28:50	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 20:38:53	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 20:48:56	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 20:58:58	2	10.00	0	0	1000
	08-30-00 21:09:02	2	10.00	1	0	1000
	08-30-00 21:19:05	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.233	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACIÓN ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-a

Ciclos acumulados: 60000

<u>Loc.</u>	<u>Concentración de partículas para cada muestra C_i</u>	<u>No. de muestras para cada localización N</u>	<u>Concentración Promedio para cada localización A_i</u>	
			<u>0.3</u>	<u>0.5</u>
L1	<u>Ver tabla C1L1R1a</u>	30	0.433	0.000
L2	<u>Ver tabla C1L2R1aa</u>	30	0.233	0.000
		<u>Media M</u>	0.333	0.000
	<u>Desviación Estándar</u>	<u>DS</u>	0.141	0.000
	<u>Error Estándar</u>	<u>ES</u>	0.100	0.000
	<u>Límite de Confianza Superior</u>	<u>UCL</u>	0.964	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11R1b**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	08-31-00 09:55:01	1	10.00	0	0	1000
2	08-31-00 10:05:04	1	10.00	0	0	1000
3	08-31-00 10:15:07	1	10.00	0	0	1000
4	08-31-00 10:25:10	1	10.00	0	0	1000
5	08-31-00 10:35:13	1	10.00	0	0	1000
6	08-31-00 10:45:16	1	10.00	1	0	1000
7	08-31-00 10:55:19	1	10.00	0	0	1000
8	08-31-00 11:05:22	1	10.00	0	0	1000
9	08-31-00 11:15:25	1	10.00	0	0	1000
10	08-31-00 11:25:28	1	10.00	0	0	1000
11	08-31-00 11:35:31	1	10.00	0	0	1000
12	08-31-00 11:45:34	1	10.00	0	0	1000
13	08-31-00 11:55:37	1	10.00	2	0	1000
14	08-31-00 12:05:40	1	10.00	0	0	1000
15	08-31-00 12:15:43	1	10.00	0	0	1000
16	08-31-00 12:25:46	1	10.00	0	0	1000
17	08-31-00 12:35:49	1	10.00	1	0	1000
18	08-31-00 12:45:52	1	10.00	0	0	1000
19	08-31-00 12:55:55	1	10.00	0	0	1000
20	08-31-00 13:05:58	1	10.00	1	0	1000
21	08-31-00 13:16:01	1	10.00	0	0	1000
22	08-31-00 13:26:04	1	10.00	0	0	1000
23	08-31-00 13:36:07	1	10.00	0	0	1000
24	08-31-00 13:46:10	1	10.00	3	0	1000
25	08-31-00 13:56:13	1	10.00	0	0	1000
26	08-31-00 14:06:16	1	10.00	0	0	1000
27	08-31-00 14:16:19	1	10.00	0	0	1000
28	08-31-00 14:26:22	1	10.00	0	0	1000
29	08-31-00 14:36:25	1	10.00	0	0	1000
30	08-31-00 14:46:28	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.267	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11.2R16b**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	08-31-00 14:56:31	2	10.00	0	0	1000
2	08-31-00 15:06:34	2	10.00	0	0	1000
3	08-31-00 15:16:37	2	10.00	0	0	1000
4	08-31-00 15:26:40	2	10.00	1	0	1000
5	08-31-00 15:36:43	2	10.00	0	0	1000
6	08-31-00 15:46:46	2	10.00	0	0	1000
7	08-31-00 15:56:49	2	10.00	0	0	1000
8	08-31-00 16:06:52	2	10.00	6	0	1000
9	08-31-00 16:16:55	2	10.00	0	0	1000
10	08-31-00 16:26:58	2	10.00	0	0	1000
11	08-31-00 16:37:01	2	10.00	0	0	1000
12	08-31-00 16:47:04	2	10.00	2	0	1000
13	08-31-00 16:57:07	2	10.00	0	0	1000
14	08-31-00 17:07:10	2	10.00	1	0	1000
15	08-31-00 17:17:13	2	10.00	0	0	1000
16	08-31-00 17:27:16	2	10.00	0	0	1000
17	08-31-00 17:37:19	2	10.00	0	0	1000
18	08-31-00 17:47:22	2	10.00	0	0	1000
19	08-31-00 17:57:25	2	10.00	0	0	1000
20	08-31-00 18:07:28	2	10.00	0	0	1000
21	08-31-00 18:17:31	2	10.00	0	0	1000
22	08-31-00 18:27:34	2	10.00	1	0	1000
23	08-31-00 18:37:37	2	10.00	0	0	1000
24	08-31-00 18:47:40	2	10.00	0	0	1000
25	08-31-00 18:57:43	2	10.00	0	0	1000
26	08-31-00 19:07:46	2	10.00	0	0	1000
27	08-31-00 19:17:49	2	10.00	0	0	1000
28	08-31-00 19:27:52	2	10.00	0	0	1000
29	08-31-00 19:37:55	2	10.00	0	0	1000
30	08-31-00 19:47:58	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.367	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACIÓN ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-b

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla <u>C1L1R1b</u>	30	0.267	0.000
L2	Ver tabla <u>C1L2R1bb</u>	30	0.367	0.000
		<u>Media M</u>	0.317	0.000
		<u>DS</u>	0.071	0.000
		<u>ES</u>	0.050	0.000
		<u>UCL</u>	0.632	0.000

Desviación Estándar

Error Estándar

Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CALRA:****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-01-09 08.35.58	1	10.00	1	0	1000
2	2000-01-09 08.46.01	1	10.00	0	0	1000
3	2000-01-09 08.56.04	1	10.00	0	0	1000
4	2000-01-09 09.06.07	1	10.00	0	0	1000
5	2000-01-09 09.16.10	1	10.00	1	0	1000
6	2000-01-09 09.26.13	1	10.00	0	0	1000
7	2000-01-09 09.36.16	1	10.00	0	0	1000
8	2000-01-09 09.46.19	1	10.00	0	0	1000
9	2000-01-09 09.56.22	1	10.00	1	0	1000
10	2000-01-09 10.06.25	1	10.00	0	0	1000
11	2000-01-09 10.16.28	1	10.00	0	0	1000
12	2000-01-09 10.26.31	1	10.00	0	0	1000
13	2000-01-09 10.36.34	1	10.00	0	0	1000
14	2000-01-09 10.46.37	1	10.00	0	0	1000
15	2000-01-09 10.56.40	1	10.00	2	0	1000
16	2000-01-09 11.06.43	1	10.00	0	0	1000
17	2000-01-09 11.16.46	1	10.00	0	0	1000
18	2000-01-09 11.26.49	1	10.00	0	0	1000
19	2000-01-09 11.36.52	1	10.00	0	0	1000
20	2000-01-09 11.46.55	1	10.00	1	0	1000
21	2000-01-09 11.56.58	1	10.00	0	0	1000
22	2000-01-09 12.07.01	1	10.00	0	0	1000
23	2000-01-09 12.17.04	1	10.00	0	0	1000
24	2000-01-09 12.27.07	1	10.00	1	0	1000
25	2000-01-09 12.37.10	1	10.00	0	0	1000
26	2000-01-09 12.47.13	1	10.00	0	0	1000
27	2000-01-09 12.57.16	1	10.00	1	0	1000
28	2000-01-09 13.07.19	1	10.00	0	0	1000
29	2000-01-09 13.17.22	1	10.00	0	0	1000
30	2000-01-09 13.27.25	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.267	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11R1cc**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-01-09 13.37.28	2	10.00	0	0	1000
2	2000-01-09 13.47.31	2	10.00	0	0	1000
3	2000-01-09 13.57.34	2	10.00	0	0	1000
4	2000-01-09 14.07.37	2	10.00	0	0	1000
5	2000-01-09 14.17.40	2	10.00	0	0	1000
6	2000-01-09 14.27.43	2	10.00	0	0	1000
7	2000-01-09 14.37.46	2	10.00	0	0	1000
8	2000-01-09 14.47.49	2	10.00	0	0	1000
9	2000-01-09 14.57.52	2	10.00	0	0	1000
10	2000-01-09 15.07.55	2	10.00	0	0	1000
11	2000-01-09 15.17.58	2	10.00	0	0	1000
12	2000-01-09 15.28.01	2	10.00	0	0	1000
13	2000-01-09 15.38.04	2	10.00	0	0	1000
14	2000-01-09 15.48.07	2	10.00	0	0	1000
15	2000-01-09 15.58.10	2	10.00	0	0	1000
16	2000-01-09 16.08.13	2	10.00	0	0	1000
17	2000-01-09 16.18.16	2	10.00	0	0	1000
18	2000-01-09 16.28.19	2	10.00	0	0	1000
19	2000-01-09 16.38.22	2	10.00	0	0	1000
20	2000-01-09 16.48.25	2	10.00	0	0	1000
21	2000-01-09 16.58.28	2	10.00	0	0	1000
22	2000-01-09 17.08.31	2	10.00	0	0	1000
23	2000-01-09 17.18.34	2	10.00	0	0	1000
24	2000-01-09 17.28.37	2	10.00	0	0	1000
25	2000-01-09 17.38.40	2	10.00	0	0	1000
26	2000-01-09 17.48.43	2	10.00	0	0	1000
27	2000-01-09 17.58.46	2	10.00	0	0	1000
28	2000-01-09 18.08.49	2	10.00	0	0	1000
29	2000-01-09 18.18.52	2	10.00	0	0	1000
30	2000-01-09 18.28.55	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.000	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-c

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla <u>C1L1R1c</u>	30	0.267	0.000
L2	Ver tabla <u>C1L2R1cc</u>	30	0.000	0.000
		Media M	0.134	0.000
		DS	0.189	0.000
		ES	0.134	0.000
		UCL	0.976	0.000

Desviación Estándar

Error Estándar

Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H****Prueba CAL1R1d****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-04-09 08.40.39	1	10.00	0	0	1000
2	2000-04-09 08.50.42	1	10.00	0	0	1000
3	2000-04-09 09.00.45	1	10.00	4	0	1000
4	2000-04-09 09.10.48	1	10.00	0	0	1000
5	2000-04-09 09.20.51	1	10.00	0	0	1000
6	2000-04-09 09.30.54	1	10.00	0	0	1000
7	2000-04-09 09.40.57	1	10.00	0	0	1000
8	2000-04-09 09.51.00	1	10.00	0	0	1000
9	2000-04-09 10.01.03	1	10.00	0	0	1000
10	2000-04-09 10.11.06	1	10.00	0	0	1000
11	2000-04-09 10.21.09	1	10.00	0	0	1000
12	2000-04-09 10.31.12	1	10.00	0	0	1000
13	2000-04-09 10.41.15	1	10.00	0	0	1000
14	2000-04-09 10.51.18	1	10.00	0	0	1000
15	2000-04-09 11.01.21	1	10.00	0	0	1000
16	2000-04-09 11.11.24	1	10.00	0	0	1000
17	2000-04-09 11.21.27	1	10.00	0	0	1000
18	2000-04-09 11.31.30	1	10.00	1	0	1000
19	2000-04-09 11.41.33	1	10.00	0	0	1000
20	2000-04-09 11.51.36	1	10.00	0	0	1000
21	2000-04-09 12.01.39	1	10.00	0	0	1000
22	2000-04-09 12.11.42	1	10.00	1	0	1000
23	2000-04-09 12.21.45	1	10.00	1	0	1000
24	2000-04-09 12.31.48	1	10.00	0	0	1000
25	2000-04-09 12.41.51	1	10.00	0	0	1000
26	2000-04-09 12.51.54	1	10.00	0	0	1000
27	2000-04-09 13.01.57	1	10.00	4	0	1000
28	2000-04-09 13.12.00	1	10.00	0	0	1000
29	2000-04-09 13.22.03	1	10.00	0	0	1000
30	2000-04-09 13.32.06	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.367	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C1L2R1dd

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-04-09 13.42.09	2	10.00	0	0	1000
2	2000-04-09 13.52.12	2	10.00	0	0	1000
3	2000-04-09 14.02.15	2	10.00	0	0	1000
4	2000-04-09 14.12.18	2	10.00	0	0	1000
5	2000-04-09 14.22.21	2	10.00	0	0	1000
6	2000-04-09 14.32.24	2	10.00	1	0	1000
7	2000-04-09 14.42.27	2	10.00	0	0	1000
8	2000-04-09 14.52.30	2	10.00	0	0	1000
9	2000-04-09 15.02.33	2	10.00	0	0	1000
10	2000-04-09 15.12.36	2	10.00	0	0	1000
11	2000-04-09 15.22.39	2	10.00	0	0	1000
12	2000-04-09 15.32.42	2	10.00	0	0	1000
13	2000-04-09 15.42.45	2	10.00	0	0	1000
14	2000-04-09 15.52.48	2	10.00	0	0	1000
15	2000-04-09 16.02.51	2	10.00	0	0	1000
16	2000-04-09 16.12.54	2	10.00	0	0	1000
17	2000-04-09 16.22.57	2	10.00	0	0	1000
18	2000-04-09 16.33.00	2	10.00	0	0	1000
19	2000-04-09 16.43.03	2	10.00	3	0	1000
20	2000-04-09 16.53.06	2	10.00	0	0	1000
21	2000-04-09 17.03.09	2	10.00	0	0	1000
22	2000-04-09 17.13.12	2	10.00	0	0	1000
23	2000-04-09 17.23.15	2	10.00	1	0	1000
24	2000-04-09 17.33.18	2	10.00	0	0	1000
25	2000-04-09 17.43.21	2	10.00	0	0	1000
26	2000-04-09 17.53.24	2	10.00	0	0	1000
27	2000-04-09 18.03.27	2	10.00	0	0	1000
28	2000-04-09 18.13.30	2	10.00	0	0	1000
29	2000-04-09 18.23.33	2	10.00	0	0	1000
30	2000-04-09 18.33.36	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.167	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-d

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R1d	30	0.367	0.000
L2	Ver tabla C1L2R1dd	30	0.167	0.000
		Media M	0.267	0.000
		DS	0.141	0.000
		ES	0.100	0.000
		UCL	0.898	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H****Prueba C11.1R#****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-06-09 09.07.43	1	10.00	0	0	1000
2	2000-06-09 09.17.46	1	10.00	0	0	1000
3	2000-06-09 09.27.49	1	10.00	0	0	1000
4	2000-06-09 09.37.52	1	10.00	0	0	1000
5	2000-06-09 09.47.55	1	10.00	0	0	1000
6	2000-06-09 09.57.58	1	10.00	0	0	1000
7	2000-06-09 10.08.01	1	10.00	0	0	1000
8	2000-06-09 10.18.04	1	10.00	0	0	1000
9	2000-06-09 10.28.07	1	10.00	1	0	1000
10	2000-06-09 10.38.10	1	10.00	0	0	1000
11	2000-06-09 10.48.13	1	10.00	0	0	1000
12	2000-06-09 10.58.16	1	10.00	0	0	1000
13	2000-06-09 11.08.19	1	10.00	0	0	1000
14	2000-06-09 11.18.22	1	10.00	0	0	1000
15	2000-06-09 11.28.25	1	10.00	2	0	1000
16	2000-06-09 11.38.28	1	10.00	0	0	1000
17	2000-06-09 11.48.31	1	10.00	0	0	1000
18	2000-06-09 11.58.34	1	10.00	0	0	1000
19	2000-06-09 12.08.37	1	10.00	0	0	1000
20	2000-06-09 12.18.40	1	10.00	0	0	1000
21	2000-06-09 12.28.43	1	10.00	2	0	1000
22	2000-06-09 12.38.46	1	10.00	0	0	1000
23	2000-06-09 12.48.49	1	10.00	0	0	1000
24	2000-06-09 12.58.52	1	10.00	0	0	1000
25	2000-06-09 13.08.55	1	10.00	0	0	1000
26	2000-06-09 13.18.58	1	10.00	1	0	1000
27	2000-06-09 13.29.01	1	10.00	0	0	1000
28	2000-06-09 13.39.04	1	10.00	1	0	1000
29	2000-06-09 13.49.07	1	10.00	0	0	1000
30	2000-06-09 13.59.10	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.233	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 N****Prueba C1L2R1H****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-06-09 14.09.13	2	10.00	0	0	1000
2	2000-06-09 14.19.16	2	10.00	0	0	1000
3	2000-06-09 14.29.19	2	10.00	0	0	1000
4	2000-06-09 14.39.22	2	10.00	0	0	1000
5	2000-06-09 14.49.25	2	10.00	0	0	1000
6	2000-06-09 14.59.28	2	10.00	0	0	1000
7	2000-06-09 15.09.31	2	10.00	0	0	1000
8	2000-06-09 15.19.34	2	10.00	0	0	1000
9	2000-06-09 15.29.37	2	10.00	1	0	1000
10	2000-06-09 15.39.40	2	10.00	0	0	1000
11	2000-06-09 15.49.43	2	10.00	0	0	1000
12	2000-06-09 15.59.46	2	10.00	0	0	1000
13	2000-06-09 16.09.49	2	10.00	0	0	1000
14	2000-06-09 16.19.52	2	10.00	0	0	1000
15	2000-06-09 16.29.55	2	10.00	0	0	1000
16	2000-06-09 16.39.58	2	10.00	1	0	1000
17	2000-06-09 16.50.01	2	10.00	0	0	1000
18	2000-06-09 17.00.04	2	10.00	2	0	1000
19	2000-06-09 17.10.07	2	10.00	0	0	1000
20	2000-06-09 17.20.10	2	10.00	0	0	1000
21	2000-06-09 17.30.13	2	10.00	0	0	1000
22	2000-06-09 17.40.16	2	10.00	0	0	1000
23	2000-06-09 17.50.19	2	10.00	0	0	1000
24	2000-06-09 18.00.22	2	10.00	0	0	1000
25	2000-06-09 18.10.25	2	10.00	1	0	1000
26	2000-06-09 18.20.28	2	10.00	0	0	1000
27	2000-06-09 18.30.31	2	10.00	0	0	1000
28	2000-06-09 18.40.34	2	10.00	0	0	1000
29	2000-06-09 18.50.37	2	10.00	1	0	1000
30	2000-06-09 19.00.40	2	10.00	1	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.233	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-f

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R1f	30	0.233	0.000
L2	Ver tabla C1L2R1f	30	0.233	0.000
		Media M	0.233	0.000
		DS	0.000	0.000
		ES	0.000	0.000
		UCL	0.233	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1N****Prueba C11R1g****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-07-09 10.22.58	1	10.00	0	0	1000
2	2000-07-09 10.33.01	1	10.00	0	0	1000
3	2000-07-09 10.43.04	1	10.00	0	0	1000
4	2000-07-09 10.53.07	1	10.00	0	0	1000
5	2000-07-09 11.03.10	1	10.00	0	0	1000
6	2000-07-09 11.13.13	1	10.00	0	0	1000
7	2000-07-09 11.23.16	1	10.00	0	0	1000
8	2000-07-09 11.33.19	1	10.00	0	0	1000
9	2000-07-09 11.43.22	1	10.00	0	0	1000
10	2000-07-09 11.53.25	1	10.00	0	0	1000
11	2000-07-09 12.03.28	1	10.00	3	0	1000
12	2000-07-09 12.13.31	1	10.00	0	0	1000
13	2000-07-09 12.23.34	1	10.00	3	0	1000
14	2000-07-09 12.33.37	1	10.00	1	0	1000
15	2000-07-09 12.43.40	1	10.00	1	1	1000
16	2000-07-09 12.53.43	1	10.00	0	0	1000
17	2000-07-09 13.03.46	1	10.00	1	0	1000
18	2000-07-09 13.13.49	1	10.00	7	0	1000
19	2000-07-09 13.23.52	1	10.00	4	0	1000
20	2000-07-09 13.33.55	1	10.00	12	0	1000
21	2000-07-09 13.43.58	1	10.00	9	1	1000
22	2000-07-09 13.54.01	1	10.00	4	0	1000
23	2000-07-09 14.04.04	1	10.00	3	0	1000
24	2000-07-09 14.14.07	1	10.00	4	0	1000
25	2000-07-09 14.24.10	1	10.00	9	0	1000
26	2000-07-09 14.34.13	1	10.00	10	0	1000
27	2000-07-09 14.44.16	1	10.00	9	0	1000
28	2000-07-09 14.54.19	1	10.00	5	1	1000
29	2000-07-09 15.04.22	1	10.00	11	0	1000
30	2000-07-09 15.14.25	1	10.00	4	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				3.33	0.1	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba CALR100

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-07-09 15.24.28	2	10.00	8	0	1000
2	2000-07-09 15.34.31	2	10.00	10	2	1000
3	2000-07-09 15.44.34	2	10.00	12	3	1000
4	2000-07-09 15.54.37	2	10.00	4	0	1000
5	2000-07-09 16.04.40	2	10.00	16	2	1000
6	2000-07-09 16.14.43	2	10.00	16	5	1000
7	2000-07-09 16.24.46	2	10.00	0	0	1000
8	2000-07-09 16.34.49	2	10.00	7	0	1000
9	2000-07-09 16.44.52	2	10.00	5	0	1000
10	2000-07-09 16.54.55	2	10.00	10	0	1000
11	2000-07-09 17.04.58	2	10.00	14	2	1000
12	2000-07-09 17.15.01	2	10.00	11	1	1000
13	2000-07-09 17.25.04	2	10.00	10	0	1000
14	2000-07-09 17.35.07	2	10.00	2	0	1000
15	2000-07-09 17.45.10	2	10.00	12	2	1000
16	2000-07-09 17.55.13	2	10.00	11	2	1000
17	2000-07-09 18.05.16	2	10.00	0	0	1000
18	2000-07-09 18.15.19	2	10.00	8	3	1000
19	2000-07-09 18.25.22	2	10.00	15	3	1000
20	2000-07-09 18.35.25	2	10.00	2	0	1000
21	2000-07-09 18.45.28	2	10.00	2	0	1000
22	2000-07-09 18.55.31	2	10.00	8	0	1000
23	2000-07-09 19.05.34	2	10.00	19	6	1000
24	2000-07-09 19.15.37	2	10.00	8	0	1000
25	2000-07-09 19.25.40	2	10.00	12	2	1000
26	2000-07-09 19.35.43	2	10.00	5	0	1000
27	2000-07-09 19.45.46	2	10.00	3	0	1000
28	2000-07-09 19.55.49	2	10.00	9	1	1000
29	2000-07-09 20.05.52	2	10.00	21	3	1000
30	2000-07-09 20.15.55	2	10.00	12	1	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				9.07	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-g

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla <u>C1L1R1g</u>	30	3.330	0.100
L2	Ver tabla <u>C1L2R1gg</u>	30	9.070	0.000
		Media M	6.200	0.050
		DS	4.059	0.071
		ES	2.870	0.050
		UCL	24.310	0.366

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H****Prueba C1L1R1b****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-08-09 07.32.12	1	10.00	18	7	1000
2	2000-08-09 07.42.15	1	10.00	11	0	1000
3	2000-08-09 07.52.18	1	10.00	20	4	1000
4	2000-08-09 08.02.21	1	10.00	27	9	1000
5	2000-08-09 08.12.24	1	10.00	18	5	1000
6	2000-08-09 08.22.27	1	10.00	21	6	1000
7	2000-08-09 08.32.30	1	10.00	29	8	1000
8	2000-08-09 08.42.33	1	10.00	54	31	1000
9	2000-08-09 08.52.36	1	10.00	16	3	1000
10	2000-08-09 09.02.39	1	10.00	11	2	1000
11	2000-08-09 09.12.42	1	10.00	14	4	1000
12	2000-08-09 09.22.45	1	10.00	16	5	1000
13	2000-08-09 09.32.48	1	10.00	13	2	1000
14	2000-08-09 09.42.51	1	10.00	13	1	1000
15	2000-08-09 09.52.54	1	10.00	15	1	1000
16	2000-08-09 10.02.57	1	10.00	29	8	1000
17	2000-08-09 10.13.00	1	10.00	19	9	1000
18	2000-08-09 10.23.03	1	10.00	36	10	1000
19	2000-08-09 10.33.06	1	10.00	18	6	1000
20	2000-08-09 10.43.09	1	10.00	35	12	1000
21	2000-08-09 10.53.12	1	10.00	34	16	1000
22	2000-08-09 11.03.15	1	10.00	35	6	1000
23	2000-08-09 11.13.18	1	10.00	23	8	1000
24	2000-08-09 11.23.21	1	10.00	51	17	1000
25	2000-08-09 11.33.24	1	10.00	17	4	1000
26	2000-08-09 11.43.27	1	10.00	60	19	1000
27	2000-08-09 11.53.30	1	10.00	61	31	1000
28	2000-08-09 12.03.33	1	10.00	49	27	1000
29	2000-08-09 12.13.36	1	10.00	34	13	1000
30	2000-08-09 12.23.39	1	10.00	99	52	1000
Concentración Promedio de la Localización AL				29.87	10.9	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C11R1bb

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-11-09 08.29.22	2	10.00	43	13	1000
2	2000-11-09 08.39.25	2	10.00	37	12	1000
3	2000-11-09 08.49.28	2	10.00	9	0	1000
4	2000-11-09 08.59.31	2	10.00	14	5	1000
5	2000-11-09 09.09.34	2	10.00	10	0	1000
6	2000-11-09 09.19.37	2	10.00	17	5	1000
7	2000-11-09 09.29.40	2	10.00	12	3	1000
8	2000-11-09 09.39.43	2	10.00	290	159	1000
9	2000-11-09 09.49.46	2	10.00	41	14	1000
10	2000-11-09 09.59.49	2	10.00	40	9	1000
11	2000-11-09 10.09.52	2	10.00	49	17	1000
12	2000-11-09 10.19.55	2	10.00	60	24	1000
13	2000-11-09 10.29.58	2	10.00	75	24	1000
14	2000-11-09 10.40.01	2	10.00	450	221	1000
15	2000-11-09 10.50.04	2	10.00	715	360	1000
16	2000-11-09 11.00.07	2	10.00	2164	838	1000
17	2000-11-09 11.10.10	2	10.00	157	56	1000
18	2000-11-09 11.20.13	2	10.00	127	44	1000
19	2000-11-09 11.30.16	2	10.00	85	30	1000
20	2000-11-09 11.40.19	2	10.00	403	218	1000
21	2000-11-09 11.50.22	2	10.00	837	333	1000
22	2000-11-09 12.00.25	2	10.00	1095	531	1000
23	2000-11-09 12.10.28	2	10.00	984	484	1000
24	2000-11-09 12.20.31	2	10.00	477	271	1000
25	2000-11-09 12.30.34	2	10.00	1972	736	1000
26	2000-11-09 12.40.37	2	10.00	1077	556	1000
27	2000-11-09 12.50.40	2	10.00	1536	832	1000
28	2000-11-09 13.00.43	2	10.00	3567	1622	1000
29	2000-11-09 13.10.46	2	10.00	1252	696	1000
30	2000-11-09 13.20.49	2	10.00	1881	715	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				649.20	294.27	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-h

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_1	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L 1	Ver tabla C1L1R1h	30	29.87	10.9
L2	Ver tabla C1L2R1hh	30	649.200	294.270
		Media M	339.535	152.585
		DS	437.932	200.373
		ES	309.665	141.685
		UCL	2293.521	1046.617

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CILIRII****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-12-09 10.36.30	1	10.00	5676	2166	1000
2	2000-12-09 10.46.33	1	10.00	5699	2315	1000
3	2000-12-09 10.56.36	1	10.00	3203	1206	1000
4	2000-12-09 11.06.39	1	10.00	3543	1540	1000
5	2000-12-09 11.16.42	1	10.00	1425	739	1000
6	2000-12-09 11.26.45	1	10.00	1043	619	1000
7	2000-12-09 11.36.48	1	10.00	2284	1316	1000
8	2000-12-09 11.46.51	1	10.00	3365	1863	1000
9	2000-12-09 11.56.54	1	10.00	3898	1663	1000
10	2000-12-09 12.06.57	1	10.00	3643	1800	1000
11	2000-12-09 12.17.00	1	10.00	2724	1425	1000
12	2000-12-09 12.27.03	1	10.00	3852	1872	1000
13	2000-12-09 12.37.06	1	10.00	3838	1718	1000
14	2000-12-09 12.47.09	1	10.00	5190	2426	1000
15	2000-12-09 12.57.12	1	10.00	2388	1014	1000
16	2000-12-09 13.07.15	1	10.00	3729	1923	1000
17	2000-12-09 13.17.18	1	10.00	4347	1894	1000
18	2000-12-09 13.27.21	1	10.00	6694	2556	1000
19	2000-12-09 13.37.24	1	10.00	1663	996	1000
20	2000-12-09 13.47.27	1	10.00	1569	891	1000
21	2000-12-09 13.57.30	1	10.00	1819	1099	1000
22	2000-12-09 14.07.33	1	10.00	2780	1467	1000
23	2000-12-09 14.17.36	1	10.00	2174	1208	1000
24	2000-12-09 14.27.39	1	10.00	3834	1469	1000
25	2000-12-09 14.37.42	1	10.00	5143	2042	1000
26	2000-12-09 14.47.45	1	10.00	4283	1900	1000
27	2000-12-09 14.57.48	1	10.00	2220	1252	1000
28	2000-12-09 15.07.51	1	10.00	3110	1513	1000
29	2000-12-09 15.17.54	1	10.00	3341	1459	1000
30	2000-12-09 15.27.57	1	10.00	1910	1152	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				3346.23	1550.1	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11R11i**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-13-00 09:05:04	2	10.00	7478	3153	1000
2	09-13-00 09:15:07	2	10.00	6288	2491	1000
3	09-13-00 09:25:10	2	10.00	5540	2370	1000
4	09-13-00 09:35:13	2	10.00	2735	1540	1000
5	09-13-00 09:45:16	2	10.00	2877	1662	1000
6	09-13-00 09:55:19	2	10.00	2613	1499	1000
7	09-13-00 10:05:22	2	10.00	8145	3124	1000
8	09-13-00 10:15:25	2	10.00	2005	1157	1000
9	09-13-00 10:25:28	2	10.00	3864	1801	1000
10	09-13-00 10:35:31	2	10.00	2475	1494	1000
11	09-13-00 10:45:34	2	10.00	2148	1262	1000
12	09-13-00 10:55:37	2	10.00	6337	3234	1000
13	09-13-00 11:05:40	2	10.00	4977	2506	1000
14	09-13-00 11:15:43	2	10.00	4909	2431	1000
15	09-13-00 11:25:46	2	10.00	3036	1622	1000
16	09-13-00 11:35:49	2	10.00	6613	3357	1000
17	09-13-00 11:45:52	2	10.00	4948	2190	1000
18	09-13-00 11:55:55	2	10.00	4538	2337	1000
19	09-13-00 12:05:58	2	10.00	3941	2264	1000
20	09-13-00 12:16:01	2	10.00	2144	1245	1000
21	09-13-00 12:26:04	2	10.00	5499	2295	1000
22	09-13-00 12:36:07	2	10.00	17495	7776	1000
23	09-13-00 12:46:10	2	10.00	4987	2130	1000
24	09-13-00 12:56:13	2	10.00	5349	2495	1000
25	09-13-00 13:06:16	2	10.00	6995	3185	1000
26	09-13-00 13:16:19	2	10.00	5345	2757	1000
27	09-13-00 13:26:22	2	10.00	7018	3366	1000
28	09-13-00 13:36:25	2	10.00	5321	2743	1000
29	09-13-00 13:46:28	2	10.00	3628	2056	1000
30	09-13-00 13:56:31	2	10.00	6062	2857	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				5177.00	2479.97	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-i

Ciclos acumulados: 6000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i		
			0.3	0.5	
L1	<u>Ver tabla C1L1R1i</u>	30	3346.23	1550.1	
L2	<u>Ver tabla C1L2R1ii</u>	30	5177.000	2479.970	
		<u>Media M</u>	4261.615	2015.035	
		<u>Desviación Estándar</u>	<u>DS</u>	1294.550	657.517
		<u>Error Estándar</u>	<u>ES</u>	915.385	464.935
		<u>Límite de Confianza Superior</u>	<u>UCL</u>		

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H****Prueba CILR1j****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-14-00 10:00:20	1	10.00	4944	2438	1000
2	09-14-00 10:10:23	1	10.00	6243	2404	1000
3	09-14-00 10:20:26	1	10.00	5935	2740	1000
4	09-14-00 10:30:29	1	10.00	5083	2102	1000
5	09-14-00 10:40:32	1	10.00	1650	975	1000
6	09-14-00 10:50:35	1	10.00	5030	2566	1000
7	09-14-00 11:00:38	1	10.00	8972	3606	1000
8	09-14-00 11:10:41	1	10.00	5635	2741	1000
9	09-14-00 11:20:44	1	10.00	5740	3129	1000
10	09-14-00 11:30:47	1	10.00	4981	2422	1000
11	09-14-00 11:40:50	1	10.00	6778	2718	1000
12	09-14-00 11:50:53	1	10.00	2845	1686	1000
13	09-14-00 12:00:56	1	10.00	4389	2088	1000
14	09-14-00 12:10:58	1	10.00	4305	2167	1000
15	09-14-00 12:21:02	1	10.00	4412	2260	1000
16	09-14-00 12:31:05	1	10.00	4497	2708	1000
17	09-14-00 12:41:08	1	10.00	4500	2371	1000
18	09-14-00 12:51:11	1	10.00	5991	2851	1000
19	09-14-00 13:01:14	1	10.00	8860	3587	1000
20	09-14-00 13:11:17	1	10.00	5583	2647	1000
21	09-14-00 13:21:20	1	10.00	5562	3259	1000
22	09-14-00 13:31:23	1	10.00	3727	2194	1000
23	09-14-00 13:41:26	1	10.00	6132	2700	1000
24	09-14-00 13:51:29	1	10.00	4257	1962	1000
25	09-14-00 14:01:32	1	10.00	3031	1794	1000
26	09-14-00 14:11:35	1	10.00	5364	2547	1000
27	09-14-00 14:21:38	1	10.00	2898	1682	1000
28	09-14-00 14:31:41	1	10.00	8749	3459	1000
29	09-14-00 14:41:44	1	10.00	3541	1714	1000
30	09-14-00 14:51:47	1	10.00	3071	1685	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				5090.17	2440.1	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CHARJi****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-14-00 15:01:50	2	10.00	7790	3296	1000
2	09-14-00 15:11:53	2	10.00	4314	2062	1000
3	09-14-00 15:21:56	2	10.00	4594	2237	1000
4	09-14-00 15:31:58	2	10.00	2868	1487	1000
5	09-14-00 15:42:02	2	10.00	3619	2037	1000
6	09-14-00 15:52:05	2	10.00	9399	4280	1000
7	09-14-00 16:02:08	2	10.00	2889	1578	1000
8	09-14-00 16:12:11	2	10.00	4827	2245	1000
9	09-14-00 16:22:14	2	10.00	2923	1395	1000
10	09-14-00 16:32:17	2	10.00	2199	1290	1000
11	09-14-00 16:42:20	2	10.00	3491	1741	1000
12	09-14-00 16:52:23	2	10.00	3889	2172	1000
13	09-14-00 17:02:26	2	10.00	2163	1228	1000
14	09-14-00 17:12:29	2	10.00	3459	1841	1000
15	09-14-00 17:22:32	2	10.00	4801	2262	1000
16	09-14-00 17:32:35	2	10.00	3136	1650	1000
17	09-18-00 13:26:44	2	10.00	6905	3638	1000
18	09-18-00 13:36:47	2	10.00	4893	2689	1000
19	09-18-00 13:46:50	2	10.00	6083	3079	1000
20	09-18-00 13:56:53	2	10.00	3867	1637	1000
21	09-18-00 14:06:56	2	10.00	5908	3240	1000
22	09-18-00 14:16:58	2	10.00	4364	2579	1000
23	09-18-00 14:27:02	2	10.00	6845	3209	1000
24	09-18-00 14:37:05	2	10.00	6255	3637	1000
25	09-18-00 14:47:08	2	10.00	7598	4129	1000
26	09-18-00 14:57:11	2	10.00	10794	5400	1000
27	09-18-00 15:07:14	2	10.00	4700	2702	1000
28	09-18-00 15:17:17	2	10.00	4965	3031	1000
29	09-18-00 15:27:20	2	10.00	3857	2218	1000
30	09-18-00 15:37:23	2	10.00	1964	1200	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				4845.30	2506.30	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R1-j

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R1j	30	5090.17	2440.1
L2	Ver tabla C1L2R1j	30	4845.300	2506.300
		Media M	4967.735	2473.200
		DS	173.149	46.810
		ES	122.435	33.100
		UCL	5740.300	2682.061

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

5. B

*TABLAS DE CONTEO DE
PARTÍCULAS GENERADAS POR EL
RODAMIENTO No. 2*

ROBOT PARA TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO
CONTEO DE PARTICULAS

RODAMIENTO No. 2

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1H		Prueba CALR2a		
		Velocidad: 100 rpm				
No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-21-00 18:35:31	1	10.00	2	0	1000
2	09-21-00 18:45:34	1	10.00	0	0	1000
3	09-21-00 18:55:37	1	10.00	0	0	1000
4	09-21-00 19:05:40	1	10.00	0	0	1000
5	09-21-00 19:15:43	1	10.00	0	0	1000
6	09-21-00 19:25:46	1	10.00	0	0	1000
7	09-21-00 19:35:49	1	10.00	1	0	1000
8	09-21-00 19:45:52	1	10.00	0	0	1000
9	09-21-00 19:55:55	1	10.00	2	0	1000
10	09-21-00 20:05:58	1	10.00	0	0	1000
11	09-21-00 20:16:01	1	10.00	0	0	1000
12	09-21-00 20:26:04	1	10.00	0	0	1000
13	09-21-00 20:36:07	1	10.00	0	0	1000
14	09-21-00 20:46:10	1	10.00	2	0	1000
15	09-21-00 20:56:13	1	10.00	1	0	1000
16	09-21-00 21:06:16	1	10.00	0	0	1000
17	09-21-00 21:16:19	1	10.00	0	0	1000
18	09-21-00 21:26:22	1	10.00	0	0	1000
19	09-21-00 21:36:25	1	10.00	0	0	1000
20	09-21-00 21:46:28	1	10.00	0	0	1000
21	09-21-00 21:56:31	1	10.00	0	0	1000
22	09-21-00 22:06:34	1	10.00	0	0	1000
23	09-21-00 22:16:37	1	10.00	0	0	1000
24	09-21-00 22:26:40	1	10.00	1	0	1000
25	09-21-00 22:36:43	1	10.00	0	0	1000
26	09-21-00 22:46:46	1	10.00	0	0	1000
27	09-21-00 22:56:49	1	10.00	2	0	1000
28	09-21-00 23:06:52	1	10.00	0	0	1000
29	09-21-00 23:16:55	1	10.00	0	0	1000
30	09-21-00 23:26:58	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.31	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm

Prueba CIL 1R2aa

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-21-00 23:37:01	2	10.00	0	0	1000
2	09-21-00 23:47:04	2	10.00	0	0	1000
3	09-21-00 23:57:07	2	10.00	0	0	1000
4	09-22-00 00:07:10	2	10.00	0	0	1000
5	09-22-00 00:17:13	2	10.00	0	0	1000
6	09-22-00 00:27:16	2	10.00	1	0	1000
7	09-22-00 00:37:19	2	10.00	0	0	1000
8	09-22-00 00:47:22	2	10.00	0	0	1000
9	09-22-00 00:57:25	2	10.00	0	0	1000
10	09-22-00 01:07:28	2	10.00	0	0	1000
11	09-22-00 01:17:31	2	10.00	0	0	1000
12	09-22-00 01:27:34	2	10.00	0	0	1000
13	09-22-00 01:37:37	2	10.00	0	0	1000
14	09-22-00 01:47:40	2	10.00	0	0	1000
15	09-22-00 01:57:43	2	10.00	0	0	1000
16	09-22-00 02:07:46	2	10.00	0	0	1000
17	09-22-00 02:17:49	2	10.00	0	0	1000
18	09-22-00 02:27:52	2	10.00	0	0	1000
19	09-22-00 02:37:55	2	10.00	0	0	1000
20	09-22-00 02:47:58	2	10.00	0	0	1000
21	09-22-00 02:58:01	2	10.00	0	0	1000
22	09-22-00 03:08:04	2	10.00	0	0	1000
23	09-22-00 03:18:07	2	10.00	0	0	1000
24	09-22-00 03:28:10	2	10.00	1	0	1000
25	09-22-00 03:38:13	2	10.00	0	0	1000
26	09-22-00 03:48:16	2	10.00	0	0	1000
27	09-22-00 03:58:19	2	10.00	0	0	1000
28	09-22-00 04:08:22	2	10.00	1	0	1000
29	09-22-00 04:18:25	2	10.00	0	0	1000
30	09-22-00 04:28:28	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.10	0.00	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-a

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2a	30	0.37	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2aa	30	0.10	0.000
		Media M	0.235	0.000
		DS	0.191	0.000
		ES	0.135	0.000
		UCL	1.087	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba CIL1R2b**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-22-00 04:38:31	1	10.00	0	0	1000
2	09-22-00 04:48:34	1	10.00	1	0	1000
3	09-22-00 04:58:37	1	10.00	0	0	1000
4	09-22-00 05:08:40	1	10.00	1	0	1000
5	09-22-00 05:18:43	1	10.00	0	0	1000
6	09-22-00 05:28:46	1	10.00	0	0	1000
7	09-22-00 05:38:49	1	10.00	0	0	1000
8	09-22-00 05:48:52	1	10.00	2	0	1000
9	09-22-00 05:58:55	1	10.00	2	0	1000
10	09-22-00 06:08:58	1	10.00	1	0	1000
11	09-22-00 06:19:01	1	10.00	0	0	1000
12	09-22-00 06:29:04	1	10.00	0	0	1000
13	09-22-00 06:39:07	1	10.00	0	0	1000
14	09-22-00 06:49:10	1	10.00	0	0	1000
15	09-22-00 06:59:13	1	10.00	0	0	1000
16	09-22-00 07:09:16	1	10.00	0	0	1000
17	09-22-00 07:19:19	1	10.00	0	0	1000
18	09-22-00 07:29:22	1	10.00	0	0	1000
19	09-22-00 07:39:25	1	10.00	0	0	1000
20	09-22-00 07:49:28	1	10.00	0	0	1000
21	09-22-00 07:59:31	1	10.00	0	0	1000
22	09-22-00 08:09:34	1	10.00	1	0	1000
23	09-22-00 08:19:37	1	10.00	1	0	1000
24	09-22-00 08:29:40	1	10.00	0	0	1000
25	09-22-00 08:39:43	1	10.00	1	0	1000
26	09-22-00 08:49:46	1	10.00	0	0	1000
27	09-22-00 08:59:49	1	10.00	0	0	1000
28	09-22-00 09:09:52	1	10.00	1	0	1000
29	09-22-00 09:19:55	1	10.00	0	0	1000
30	09-22-00 09:29:58	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.37	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C1L1R2b6****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-22-00 12:54:09	2	10.00	0	0	1000
2	09-22-00 13:04:12	2	10.00	0	0	1000
3	09-22-00 13:14:15	2	10.00	0	0	1000
4	09-22-00 13:24:18	2	10.00	0	0	1000
5	09-22-00 13:34:21	2	10.00	0	0	1000
6	09-22-00 13:44:24	2	10.00	0	0	1000
7	09-22-00 13:54:27	2	10.00	2	0	1000
8	09-22-00 14:04:30	2	10.00	0	0	1000
9	09-22-00 14:14:33	2	10.00	0	0	1000
10	09-22-00 14:24:36	2	10.00	1	0	1000
11	09-22-00 14:34:39	2	10.00	1	0	1000
12	09-22-00 14:44:42	2	10.00	0	0	1000
13	09-22-00 14:54:45	2	10.00	0	0	1000
14	09-22-00 15:04:48	2	10.00	0	0	1000
15	09-22-00 15:14:51	2	10.00	0	0	1000
16	09-22-00 15:24:54	2	10.00	0	0	1000
17	09-22-00 15:34:57	2	10.00	0	0	1000
18	09-22-00 15:45:00	2	10.00	1	0	1000
19	09-22-00 15:55:03	2	10.00	0	0	1000
20	09-22-00 16:05:06	2	10.00	0	0	1000
21	09-22-00 16:15:09	2	10.00	0	0	1000
22	09-22-00 16:25:12	2	10.00	0	0	1000
23	09-22-00 16:35:15	2	10.00	0	0	1000
24	09-22-00 16:45:18	2	10.00	0	0	1000
25	09-22-00 16:55:21	2	10.00	0	0	1000
26	09-22-00 17:05:24	2	10.00	0	0	1000
27	09-22-00 17:15:27	2	10.00	0	0	1000
28	09-22-00 17:25:30	2	10.00	0	0	1000
29	09-22-00 17:35:33	2	10.00	0	0	1000
30	09-22-00 17:45:36	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.17	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-b

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2b	30	0.37	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2bb	30	0.17	0.000
		Media \bar{M}	0.270	0.000
	Desviación Estándar	DS	0.141	0.000
	Error Estándar	ES	0.100	0.000
	Límite de Confianza Superior	UCL	0.901	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CILIRA:****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-25-00 09:49:07	1	10.00	0	0	1000
2	09-25-00 09:59:10	1	10.00	0	0	1000
3	09-25-00 10:09:13	1	10.00	0	0	1000
4	09-25-00 10:19:16	1	10.00	0	0	1000
5	09-25-00 10:29:19	1	10.00	0	0	1000
6	09-25-00 10:39:22	1	10.00	0	0	1000
7	09-25-00 10:49:25	1	10.00	0	0	1000
8	09-25-00 10:59:28	1	10.00	0	0	1000
9	09-25-00 11:09:31	1	10.00	0	0	1000
10	09-25-00 11:19:34	1	10.00	4	0	1000
11	09-25-00 11:29:37	1	10.00	0	0	1000
12	09-25-00 11:39:40	1	10.00	0	0	1000
13	09-25-00 11:49:43	1	10.00	0	0	1000
14	09-25-00 11:59:46	1	10.00	0	0	1000
15	09-25-00 12:09:49	1	10.00	0	0	1000
16	09-25-00 12:19:52	1	10.00	4	0	1000
17	09-25-00 12:29:55	1	10.00	1	0	1000
18	09-25-00 12:39:58	1	10.00	0	0	1000
19	09-25-00 12:50:01	1	10.00	0	0	1000
20	09-25-00 13:00:04	1	10.00	1	0	1000
21	09-25-00 13:10:07	1	10.00	0	0	1000
22	09-25-00 13:20:10	1	10.00	0	0	1000
23	09-25-00 13:30:13	1	10.00	2	0	1000
24	09-25-00 13:40:16	1	10.00	0	0	1000
25	09-25-00 13:50:19	1	10.00	0	0	1000
26	09-25-00 14:00:22	1	10.00	1	0	1000
27	09-25-00 14:10:25	1	10.00	0	0	1000
28	09-25-00 14:20:28	1	10.00	0	0	1000
29	09-25-00 14:30:31	1	10.00	0	0	1000
30	09-25-00 14:40:34	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.43	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CILIR&c****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-25-00 14:50:37	2	10.00	0	0	1000
2	09-25-00 15:00:40	2	10.00	0	0	1000
3	09-25-00 15:10:43	2	10.00	1	0	1000
4	09-25-00 15:20:46	2	10.00	0	0	1000
5	09-25-00 15:30:49	2	10.00	0	0	1000
6	09-25-00 15:40:52	2	10.00	1	0	1000
7	09-25-00 15:50:55	2	10.00	0	0	1000
8	09-25-00 16:00:58	2	10.00	0	0	1000
9	09-25-00 16:11:01	2	10.00	0	0	1000
10	09-25-00 16:21:04	2	10.00	0	0	1000
11	09-25-00 16:31:07	2	10.00	0	0	1000
12	09-25-00 16:41:10	2	10.00	0	0	1000
13	09-25-00 16:51:13	2	10.00	0	0	1000
14	09-25-00 17:01:16	2	10.00	0	0	1000
15	09-25-00 17:11:19	2	10.00	0	0	1000
16	09-25-00 17:21:22	2	10.00	0	0	1000
17	09-25-00 17:31:25	2	10.00	1	0	1000
18	09-25-00 17:41:28	2	10.00	0	0	1000
19	09-25-00 17:51:31	2	10.00	0	0	1000
20	09-25-00 18:01:34	2	10.00	0	0	1000
21	09-25-00 18:11:37	2	10.00	0	0	1000
22	09-25-00 18:21:40	2	10.00	0	0	1000
23	09-25-00 18:31:43	2	10.00	0	0	1000
24	09-25-00 18:41:46	2	10.00	0	0	1000
25	09-25-00 18:51:49	2	10.00	0	0	1000
26	09-25-00 19:01:52	2	10.00	0	0	1000
27	09-25-00 19:11:55	2	10.00	0	0	1000
28	09-25-00 19:21:58	2	10.00	0	0	1000
29	09-25-00 19:32:01	2	10.00	0	0	1000
30	09-25-00 19:42:04	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.10	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-c

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2c	30	0.43	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2cc	30	0.10	0.000
		Media M	0.265	0.000
		DS	0.233	0.000
		ES	0.165	0.000
		UCL	1.306	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C11R2d

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-25-00 19:55:20	1	10.00	0	0	1000
2	09-25-00 20:05:23	1	10.00	1	0	1000
3	09-25-00 20:15:26	1	10.00	0	0	1000
4	09-25-00 20:25:29	1	10.00	0	0	1000
5	09-25-00 20:35:32	1	10.00	0	0	1000
6	09-25-00 20:45:35	1	10.00	0	0	1000
7	09-25-00 20:55:38	1	10.00	0	0	1000
8	09-25-00 21:05:41	1	10.00	0	0	1000
9	09-25-00 21:15:44	1	10.00	0	0	1000
10	09-25-00 21:25:47	1	10.00	0	0	1000
11	09-25-00 21:35:50	1	10.00	0	0	1000
12	09-25-00 21:45:53	1	10.00	0	0	1000
13	09-25-00 21:55:56	1	10.00	0	0	1000
14	09-25-00 22:05:58	1	10.00	0	0	1000
15	09-25-00 22:16:02	1	10.00	0	0	1000
16	09-25-00 22:26:05	1	10.00	0	0	1000
17	09-25-00 22:36:08	1	10.00	0	0	1000
18	09-25-00 22:46:11	1	10.00	0	0	1000
19	09-25-00 22:56:14	1	10.00	2	0	1000
20	09-25-00 23:06:17	1	10.00	0	0	1000
21	09-25-00 23:16:20	1	10.00	0	0	1000
22	09-25-00 23:26:23	1	10.00	0	0	1000
23	09-25-00 23:36:26	1	10.00	0	0	1000
24	09-25-00 23:46:29	1	10.00	0	0	1000
25	09-25-00 23:56:32	1	10.00	0	0	1000
26	09-26-00 00:06:35	1	10.00	0	0	1000
27	09-26-00 00:16:38	1	10.00	2	0	1000
28	09-26-00 00:26:41	1	10.00	0	0	1000
29	09-26-00 00:36:44	1	10.00	0	0	1000
30	09-26-00 00:46:47	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.17	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C1L1R2dd**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-26-00 00:56:50	2	10.00	0	0	1000
2	09-26-00 01:06:53	2	10.00	0	0	1000
3	09-26-00 01:16:56	2	10.00	0	0	1000
4	09-26-00 01:26:58	2	10.00	0	0	1000
5	09-26-00 01:37:02	2	10.00	0	0	1000
6	09-26-00 01:47:05	2	10.00	0	0	1000
7	09-26-00 01:57:08	2	10.00	0	0	1000
8	09-26-00 02:07:11	2	10.00	1	0	1000
9	09-26-00 02:17:14	2	10.00	0	0	1000
10	09-26-00 02:27:17	2	10.00	1	0	1000
11	09-26-00 02:37:20	2	10.00	0	0	1000
12	09-26-00 02:47:23	2	10.00	0	0	1000
13	09-26-00 02:57:26	2	10.00	0	0	1000
14	09-26-00 03:07:29	2	10.00	0	0	1000
15	09-26-00 03:17:32	2	10.00	0	0	1000
16	09-26-00 03:27:35	2	10.00	0	0	1000
17	09-26-00 03:37:38	2	10.00	0	0	1000
18	09-26-00 03:47:41	2	10.00	1	0	1000
19	09-26-00 03:57:44	2	10.00	0	0	1000
20	09-26-00 04:07:47	2	10.00	0	0	1000
21	09-26-00 04:17:50	2	10.00	1	0	1000
22	09-26-00 04:27:53	2	10.00	0	0	1000
23	09-26-00 04:37:56	2	10.00	0	0	1000
24	09-26-00 04:47:58	2	10.00	0	0	1000
25	09-26-00 04:58:02	2	10.00	1	0	1000
26	09-26-00 05:08:05	2	10.00	0	0	1000
27	09-26-00 05:18:08	2	10.00	0	0	1000
28	09-26-00 05:28:11	2	10.00	0	0	1000
29	09-26-00 05:38:14	2	10.00	0	0	1000
30	09-26-00 05:48:17	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.17	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-d

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_L	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2d	30	0.17	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2dd	30	0.17	0.000
		Media M	0.170	0.000
		DS	0.000	0.000
		ES	0.000	0.000
		UCL	0.170	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H****Prueba C11R2e****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-26-00 05:58:20	1	10.00	0	0	1000
2	09-26-00 06:08:23	1	10.00	1	0	1000
3	09-26-00 06:18:26	1	10.00	0	0	1000
4	09-26-00 06:28:29	1	10.00	0	0	1000
5	09-26-00 06:38:32	1	10.00	0	0	1000
6	09-26-00 06:48:35	1	10.00	0	0	1000
7	09-26-00 06:58:38	1	10.00	0	0	1000
8	09-26-00 07:08:41	1	10.00	0	0	1000
9	09-26-00 07:18:44	1	10.00	0	0	1000
10	09-26-00 07:28:47	1	10.00	0	0	1000
11	09-26-00 07:38:50	1	10.00	0	0	1000
12	09-26-00 07:48:53	1	10.00	0	0	1000
13	09-26-00 07:58:56	1	10.00	2	0	1000
14	09-26-00 08:08:58	1	10.00	0	0	1000
15	09-26-00 08:19:02	1	10.00	0	0	1000
16	09-26-00 08:29:05	1	10.00	3	0	1000
17	09-26-00 08:39:08	1	10.00	0	0	1000
18	09-26-00 08:49:11	1	10.00	2	0	1000
19	09-26-00 08:59:14	1	10.00	0	0	1000
20	09-26-00 09:09:17	1	10.00	0	0	1000
21	09-26-00 09:19:20	1	10.00	0	0	1000
22	09-26-00 09:29:23	1	10.00	0	0	1000
23	09-26-00 09:39:26	1	10.00	1	0	1000
24	09-26-00 09:49:29	1	10.00	1	0	1000
25	09-26-00 09:59:32	1	10.00	0	0	1000
26	09-26-00 10:09:35	1	10.00	0	0	1000
27	09-26-00 10:19:38	1	10.00	0	0	1000
28	09-26-00 10:29:41	1	10.00	0	0	1000
29	09-26-00 10:39:44	1	10.00	0	0	1000
30	09-26-00 10:49:47	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.33	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba CIL1R2cc

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-26-00 13:28:42	2	10.00	0	0	1000
2	09-26-00 13:38:45	2	10.00	0	0	1000
3	09-26-00 13:48:48	2	10.00	0	0	1000
4	09-26-00 13:58:51	2	10.00	0	0	1000
5	09-26-00 14:08:54	2	10.00	0	0	1000
6	09-26-00 14:18:57	2	10.00	0	0	1000
7	09-26-00 14:29:00	2	10.00	0	0	1000
8	09-26-00 14:39:03	2	10.00	0	0	1000
9	09-26-00 14:49:06	2	10.00	0	0	1000
10	09-26-00 14:59:09	2	10.00	0	0	1000
11	09-26-00 15:09:12	2	10.00	0	0	1000
12	09-26-00 15:19:15	2	10.00	1	0	1000
13	09-26-00 15:29:18	2	10.00	0	0	1000
14	09-26-00 15:39:21	2	10.00	0	0	1000
15	09-26-00 15:49:24	2	10.00	0	0	1000
16	09-26-00 15:59:27	2	10.00	0	0	1000
17	09-26-00 16:09:30	2	10.00	0	0	1000
18	09-26-00 16:19:33	2	10.00	0	0	1000
19	09-26-00 16:29:36	2	10.00	0	0	1000
20	09-26-00 16:39:39	2	10.00	0	0	1000
21	09-26-00 16:49:42	2	10.00	0	0	1000
22	09-26-00 16:59:45	2	10.00	0	0	1000
23	09-26-00 17:09:48	2	10.00	0	0	1000
24	09-26-00 17:19:51	2	10.00	0	0	1000
25	09-26-00 17:29:54	2	10.00	0	0	1000
26	09-26-00 17:39:57	2	10.00	0	0	1000
27	09-26-00 17:50:00	2	10.00	1	0	1000
28	09-26-00 18:00:03	2	10.00	0	0	1000
29	09-26-00 18:10:06	2	10.00	0	0	1000
30	09-26-00 18:20:09	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.07	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-e

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2e	30	0.33	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2ee	30	0.07	0.000
		Media M	0.200	0.000
		DS	0.184	0.000
		ES	0.130	0.000
		UCL	1.020	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CIL1R2****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-26-00 19:12:52	1	10.00	1	0	1000
2	09-26-00 19:22:55	1	10.00	1	0	1000
3	09-26-00 19:32:58	1	10.00	0	0	1000
4	09-26-00 19:43:01	1	10.00	0	0	1000
5	09-26-00 19:53:04	1	10.00	0	0	1000
6	09-26-00 20:03:07	1	10.00	0	0	1000
7	09-26-00 20:13:10	1	10.00	0	0	1000
8	09-26-00 20:23:13	1	10.00	1	0	1000
9	09-26-00 20:33:16	1	10.00	0	0	1000
10	09-26-00 20:43:19	1	10.00	0	0	1000
11	09-26-00 20:53:22	1	10.00	0	0	1000
12	09-26-00 21:03:25	1	10.00	2	0	1000
13	09-26-00 21:13:28	1	10.00	0	0	1000
14	09-26-00 21:23:31	1	10.00	0	0	1000
15	09-26-00 21:33:34	1	10.00	0	0	1000
16	09-26-00 21:43:37	1	10.00	0	0	1000
17	09-26-00 21:53:40	1	10.00	0	0	1000
18	09-26-00 22:03:43	1	10.00	0	0	1000
19	09-26-00 22:13:46	1	10.00	1	0	1000
20	09-26-00 22:23:49	1	10.00	0	0	1000
21	09-26-00 22:33:52	1	10.00	1	0	1000
22	09-26-00 22:43:55	1	10.00	0	0	1000
23	09-26-00 22:53:58	1	10.00	0	0	1000
24	09-26-00 23:04:01	1	10.00	0	0	1000
25	09-26-00 23:14:04	1	10.00	2	0	1000
26	09-26-00 23:24:07	1	10.00	0	0	1000
27	09-26-00 23:34:10	1	10.00	0	0	1000
28	09-26-00 23:44:13	1	10.00	0	0	1000
29	09-26-00 23:54:16	1	10.00	0	0	1000
30	09-27-00 00:04:19	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.30	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C11R2H****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-27-00 00:14:22	2	10.00	2	0	1000
2	09-27-00 00:24:25	2	10.00	0	0	1000
3	09-27-00 00:34:28	2	10.00	0	0	1000
4	09-27-00 00:44:31	2	10.00	0	0	1000
5	09-27-00 00:54:34	2	10.00	0	0	1000
6	09-27-00 01:04:37	2	10.00	0	0	1000
7	09-27-00 01:14:40	2	10.00	0	0	1000
8	09-27-00 01:24:43	2	10.00	0	0	1000
9	09-27-00 01:34:46	2	10.00	1	0	1000
10	09-27-00 01:44:49	2	10.00	0	0	1000
11	09-27-00 01:54:52	2	10.00	0	0	1000
12	09-27-00 02:04:55	2	10.00	0	0	1000
13	09-27-00 02:14:58	2	10.00	0	0	1000
14	09-27-00 02:25:01	2	10.00	0	0	1000
15	09-27-00 02:35:04	2	10.00	0	0	1000
16	09-27-00 02:45:07	2	10.00	0	0	1000
17	09-27-00 02:55:10	2	10.00	0	0	1000
18	09-27-00 03:05:13	2	10.00	1	0	1000
19	09-27-00 03:15:16	2	10.00	0	0	1000
20	09-27-00 03:25:19	2	10.00	1	0	1000
21	09-27-00 03:35:22	2	10.00	0	0	1000
22	09-27-00 03:45:25	2	10.00	0	0	1000
23	09-27-00 03:55:28	2	10.00	0	0	1000
24	09-27-00 04:05:31	2	10.00	0	0	1000
25	09-27-00 04:15:34	2	10.00	0	0	1000
26	09-27-00 04:25:37	2	10.00	0	0	1000
27	09-27-00 04:35:40	2	10.00	0	0	1000
28	09-27-00 04:45:43	2	10.00	0	0	1000
29	09-27-00 04:55:46	2	10.00	0	0	1000
30	09-27-00 05:05:49	2	10.00	1	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.20	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-f

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla <u>C1L1R2f</u>	30	0.30	0.0
L2	Ver tabla <u>C1L2R2f</u>	30	0.20	0.000
		<u>Media M</u>	0.250	0.000
	<u>Desviación Estándar</u>	<u>DS</u>	0.071	0.000
	<u>Error Estándar</u>	<u>ES</u>	0.050	0.000
	<u>Límite de Confianza Superior</u>	<u>UCL</u>	0.566	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CIL1R2g****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-27-00 05:15:52	1	10.00	0	0	1000
2	09-27-00 05:25:55	1	10.00	0	0	1000
3	09-27-00 05:35:58	1	10.00	0	0	1000
4	09-27-00 05:46:01	1	10.00	0	0	1000
5	09-27-00 05:56:04	1	10.00	0	0	1000
6	09-27-00 06:06:07	1	10.00	0	0	1000
7	09-27-00 06:16:10	1	10.00	0	0	1000
8	09-27-00 06:26:13	1	10.00	0	0	1000
9	09-27-00 06:36:16	1	10.00	0	0	1000
10	09-27-00 06:46:19	1	10.00	0	0	1000
11	09-27-00 06:56:22	1	10.00	0	0	1000
12	09-27-00 07:06:25	1	10.00	0	0	1000
13	09-27-00 07:16:28	1	10.00	0	0	1000
14	09-27-00 07:26:31	1	10.00	0	0	1000
15	09-27-00 07:36:34	1	10.00	0	0	1000
16	09-27-00 07:46:37	1	10.00	0	0	1000
17	09-27-00 07:56:40	1	10.00	0	0	1000
18	09-27-00 08:06:43	1	10.00	0	0	1000
19	09-27-00 08:16:46	1	10.00	0	0	1000
20	09-27-00 08:26:49	1	10.00	0	0	1000
21	09-27-00 08:36:52	1	10.00	0	0	1000
22	09-27-00 08:46:55	1	10.00	1	0	1000
23	09-27-00 08:56:58	1	10.00	2	0	1000
24	09-27-00 09:07:01	1	10.00	0	0	1000
25	09-27-00 09:17:04	1	10.00	0	0	1000
26	09-27-00 09:27:07	1	10.00	0	0	1000
27	09-27-00 09:37:10	1	10.00	0	0	1000
28	09-27-00 09:47:13	1	10.00	0	0	1000
29	09-27-00 09:57:16	1	10.00	0	0	1000
30	09-27-00 10:07:19	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.10	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C11.1R2gg

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-27-00 10:21:39	2	10.00	0	0	1000
2	09-27-00 10:31:42	2	10.00	0	0	1000
3	09-27-00 10:41:45	2	10.00	1	0	1000
4	09-27-00 10:51:48	2	10.00	0	0	1000
5	09-27-00 11:01:51	2	10.00	0	0	1000
6	09-27-00 11:11:54	2	10.00	0	0	1000
7	09-27-00 11:21:57	2	10.00	0	0	1000
8	09-27-00 11:32:00	2	10.00	0	0	1000
9	09-27-00 11:42:03	2	10.00	0	0	1000
10	09-27-00 11:52:06	2	10.00	0	0	1000
11	09-27-00 12:02:09	2	10.00	0	0	1000
12	09-27-00 12:12:12	2	10.00	0	0	1000
13	09-27-00 12:22:15	2	10.00	0	0	1000
14	09-27-00 12:32:18	2	10.00	0	0	1000
15	09-27-00 12:42:21	2	10.00	0	0	1000
16	09-27-00 12:52:24	2	10.00	0	0	1000
17	09-27-00 13:02:27	2	10.00	0	0	1000
18	09-27-00 13:12:30	2	10.00	0	0	1000
19	09-27-00 13:22:33	2	10.00	0	0	1000
20	09-27-00 13:32:36	2	10.00	0	0	1000
21	09-27-00 13:42:39	2	10.00	0	0	1000
22	09-27-00 13:52:42	2	10.00	0	0	1000
23	09-27-00 14:02:45	2	10.00	2	0	1000
24	09-27-00 14:12:48	2	10.00	0	0	1000
25	09-27-00 14:22:51	2	10.00	1	0	1000
26	09-27-00 14:32:54	2	10.00	0	0	1000
27	09-27-00 14:42:57	2	10.00	0	0	1000
28	09-27-00 14:53:00	2	10.00	0	0	1000
29	09-27-00 15:03:03	2	10.00	0	0	1000
30	09-27-00 15:13:06	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.13	0.00	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-g

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2g	30	0.10	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2gg	30	0.13	0.000
		Media M	0.115	0.000
		DS	0.021	0.000
		ES	0.015	0.000
		UCL	0.210	0.000

Desviación Estándar

Error Estándar

Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CILR26****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-27-00 17:50:29	1	10.00	0	0	1000
2	09-27-00 18:00:32	1	10.00	0	0	1000
3	09-27-00 18:10:35	1	10.00	0	0	1000
4	09-27-00 18:20:38	1	10.00	1	0	1000
5	09-27-00 18:30:41	1	10.00	0	0	1000
6	09-27-00 18:40:44	1	10.00	0	0	1000
7	09-27-00 18:50:47	1	10.00	0	0	1000
8	09-27-00 19:00:50	1	10.00	0	0	1000
9	09-27-00 19:10:53	1	10.00	0	0	1000
10	09-27-00 19:20:56	1	10.00	0	0	1000
11	09-27-00 19:30:58	1	10.00	1	0	1000
12	09-27-00 19:41:02	1	10.00	0	0	1000
13	09-27-00 19:51:05	1	10.00	0	0	1000
14	09-27-00 20:01:08	1	10.00	0	0	1000
15	09-27-00 20:11:11	1	10.00	0	0	1000
16	09-27-00 20:21:14	1	10.00	0	0	1000
17	09-27-00 20:31:17	1	10.00	1	0	1000
18	09-27-00 20:41:20	1	10.00	0	0	1000
19	09-27-00 20:51:23	1	10.00	2	0	1000
20	09-27-00 21:01:26	1	10.00	0	0	1000
21	09-27-00 21:11:29	1	10.00	0	0	1000
22	09-27-00 21:21:32	1	10.00	0	0	1000
23	09-27-00 21:31:35	1	10.00	1	0	1000
24	09-27-00 21:41:38	1	10.00	0	0	1000
25	09-27-00 21:51:41	1	10.00	0	0	1000
26	09-27-00 22:01:44	1	10.00	0	0	1000
27	09-27-00 22:11:47	1	10.00	0	0	1000
28	09-27-00 22:21:50	1	10.00	0	0	1000
29	09-27-00 22:31:53	1	10.00	0	0	1000
30	09-27-00 22:41:56	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.20	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C11R2b

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-27-00 22:51:58	2	10.00	0	0	1000
2	09-27-00 23:02:02	2	10.00	0	0	1000
3	09-27-00 23:12:05	2	10.00	1	0	1000
4	09-27-00 23:22:08	2	10.00	0	0	1000
5	09-27-00 23:32:11	2	10.00	0	0	1000
6	09-27-00 23:42:14	2	10.00	1	0	1000
7	09-27-00 23:52:17	2	10.00	1	0	1000
8	09-28-00 00:02:20	2	10.00	0	0	1000
9	09-28-00 00:12:23	2	10.00	0	0	1000
10	09-28-00 00:22:26	2	10.00	0	0	1000
11	09-28-00 00:32:29	2	10.00	0	0	1000
12	09-28-00 00:42:32	2	10.00	1	0	1000
13	09-28-00 00:52:35	2	10.00	0	0	1000
14	09-28-00 01:02:38	2	10.00	0	0	1000
15	09-28-00 01:12:41	2	10.00	0	0	1000
16	09-28-00 01:22:44	2	10.00	0	0	1000
17	09-28-00 01:32:47	2	10.00	0	0	1000
18	09-28-00 01:42:50	2	10.00	0	0	1000
19	09-28-00 01:52:53	2	10.00	0	0	1000
20	09-28-00 02:02:56	2	10.00	0	0	1000
21	09-28-00 02:12:58	2	10.00	0	0	1000
22	09-28-00 02:23:02	2	10.00	0	0	1000
23	09-28-00 02:33:05	2	10.00	0	0	1000
24	09-28-00 02:43:08	2	10.00	0	0	1000
25	09-28-00 02:53:11	2	10.00	0	0	1000
26	09-28-00 03:03:14	2	10.00	0	0	1000
27	09-28-00 03:13:17	2	10.00	3	0	1000
28	09-28-00 03:23:20	2	10.00	1	0	1000
29	09-28-00 03:33:23	2	10.00	1	0	1000
30	09-28-00 03:43:26	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.30	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-h

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_L	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2h	30	0.20	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2hh	30	0.30	0.000
		Media M	0.250	0.000
	Desviación Estándar	DS	0.071	0.000
	Error Estándar	ES	0.050	0.000
	Limite de Confianza Superior	UCL	0.566	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C1L1R2**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-28-00 03:53:29	1	10.00	0	0	1000
2	09-28-00 04:03:32	1	10.00	0	0	1000
3	09-28-00 04:13:35	1	10.00	1	0	1000
4	09-28-00 04:23:38	1	10.00	0	0	1000
5	09-28-00 04:33:41	1	10.00	0	0	1000
6	09-28-00 04:43:44	1	10.00	0	0	1000
7	09-28-00 04:53:47	1	10.00	0	0	1000
8	09-28-00 05:03:50	1	10.00	0	0	1000
9	09-28-00 05:13:53	1	10.00	0	0	1000
10	09-28-00 05:23:56	1	10.00	1	0	1000
11	09-28-00 05:33:58	1	10.00	0	0	1000
12	09-28-00 05:44:02	1	10.00	0	0	1000
13	09-28-00 05:54:05	1	10.00	1	0	1000
14	09-28-00 06:04:08	1	10.00	0	0	1000
15	09-28-00 06:14:11	1	10.00	0	0	1000
16	09-28-00 06:24:14	1	10.00	0	0	1000
17	09-28-00 06:34:17	1	10.00	0	0	1000
18	09-28-00 06:44:20	1	10.00	1	0	1000
19	09-28-00 06:54:23	1	10.00	0	0	1000
20	09-28-00 07:04:26	1	10.00	0	0	1000
21	09-28-00 07:14:29	1	10.00	0	0	1000
22	09-28-00 07:24:32	1	10.00	0	0	1000
23	09-28-00 07:34:35	1	10.00	0	0	1000
24	09-28-00 07:44:38	1	10.00	0	0	1000
25	09-28-00 07:54:41	1	10.00	0	0	1000
26	09-28-00 08:04:44	1	10.00	0	0	1000
27	09-28-00 08:14:47	1	10.00	1	0	1000
28	09-28-00 08:24:50	1	10.00	0	0	1000
29	09-28-00 08:34:53	1	10.00	0	0	1000
30	09-28-00 08:44:56	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.17	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm****Prueba CAL 1R2i**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-28-00 08:54:58	2	10.00	0	0	1000
2	09-28-00 09:05:02	2	10.00	0	0	1000
3	09-28-00 09:15:05	2	10.00	0	0	1000
4	09-28-00 09:25:08	2	10.00	0	0	1000
5	09-28-00 09:35:11	2	10.00	0	0	1000
6	09-28-00 09:45:14	2	10.00	0	0	1000
7	09-28-00 09:55:17	2	10.00	0	0	1000
8	09-28-00 10:05:20	2	10.00	0	0	1000
9	09-28-00 10:15:23	2	10.00	0	0	1000
10	09-28-00 10:25:26	2	10.00	0	0	1000
11	09-28-00 10:56:30	2	10.00	0	0	1000
12	09-28-00 11:06:33	2	10.00	1	0	1000
13	09-28-00 11:16:36	2	10.00	0	0	1000
14	09-28-00 11:26:39	2	10.00	0	0	1000
15	09-28-00 11:36:42	2	10.00	0	0	1000
16	09-28-00 11:46:45	2	10.00	0	0	1000
17	09-28-00 11:56:48	2	10.00	1	0	1000
18	09-28-00 12:06:51	2	10.00	0	0	1000
19	09-28-00 12:16:54	2	10.00	0	0	1000
20	09-28-00 12:26:57	2	10.00	1	0	1000
21	09-28-00 12:37:00	2	10.00	1	0	1000
22	09-28-00 12:47:03	2	10.00	0	0	1000
23	09-28-00 12:57:06	2	10.00	1	0	1000
24	09-28-00 13:07:09	2	10.00	0	0	1000
25	09-28-00 13:17:12	2	10.00	1	0	1000
26	09-28-00 13:27:15	2	10.00	0	0	1000
27	09-28-00 13:37:18	2	10.00	0	0	1000
28	09-28-00 13:47:21	2	10.00	0	0	1000
29	09-28-00 13:57:24	2	10.00	0	0	1000
30	09-28-00 14:07:27	2	10.00	2	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.27	0.00	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-i

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla <u>C1L1R2i</u>	30	0.17	0.0
L2	Ver tabla <u>C1L2R2ii</u>	30	0.27	0.000
		<u>Media M</u>	0.220	0.000
	<u>Desviación Estándar</u>	<u>DS</u>	0.071	0.000
	<u>Error Estándar</u>	<u>ES</u>	0.050	0.000
	<u>Límite de Confianza Superior</u>	<u>UCL</u>	0.536	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C11.1R2

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1		1	10.00	0	0	1000
2		1	10.00	0	0	1000
3		1	10.00	1	0	1000
4		1	10.00	0	0	1000
5		1	10.00	2	0	1000
6		1	10.00	1	0	1000
7		1	10.00	1	0	1000
8		1	10.00	0	0	1000
9		1	10.00	0	0	1000
10		1	10.00	0	0	1000
11		1	10.00	0	0	1000
12		1	10.00	0	0	1000
13		1	10.00	0	0	1000
14		1	10.00	0	0	1000
15		1	10.00	0	0	1000
16		1	10.00	0	0	1000
17		1	10.00	0	0	1000
18		1	10.00	0	0	1000
19		1	10.00	1	0	1000
20		1	10.00	0	0	1000
21		1	10.00	0	0	1000
22		1	10.00	0	0	1000
23		1	10.00	0	0	1000
24		1	10.00	0	0	1000
25		1	10.00	0	0	1000
26		1	10.00	0	0	1000
27		1	10.00	2	0	1000
28		1	10.00	1	0	1000
29		1	10.00	0	0	1000
30		1	10.00	1	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.33	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C11R2j****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-28-00 21:20:22	2	10.00	1	0	1000
2	09-28-00 21:30:25	2	10.00	0	0	1000
3	09-28-00 21:40:28	2	10.00	0	0	1000
4	09-28-00 21:50:31	2	10.00	1	0	1000
5	09-28-00 22:00:34	2	10.00	0	0	1000
6	09-28-00 22:10:37	2	10.00	0	0	1000
7	09-28-00 22:20:40	2	10.00	0	0	1000
8	09-28-00 22:30:43	2	10.00	0	0	1000
9	09-28-00 22:40:46	2	10.00	2	0	1000
10	09-28-00 22:50:49	2	10.00	0	0	1000
11	09-28-00 23:00:52	2	10.00	0	0	1000
12	09-28-00 23:10:55	2	10.00	0	0	1000
13	09-28-00 23:20:58	2	10.00	1	0	1000
14	09-28-00 23:31:01	2	10.00	0	0	1000
15	09-28-00 23:41:04	2	10.00	1	0	1000
16	09-28-00 23:51:07	2	10.00	3	0	1000
17	09-29-00 00:01:10	2	10.00	3	0	1000
18	09-29-00 00:11:13	2	10.00	0	0	1000
19	09-29-00 00:21:16	2	10.00	0	0	1000
20	09-29-00 00:31:19	2	10.00	0	0	1000
21	09-29-00 00:41:22	2	10.00	0	0	1000
22	09-29-00 00:51:25	2	10.00	1	0	1000
23	09-29-00 01:01:28	2	10.00	0	0	1000
24	09-29-00 01:11:31	2	10.00	0	0	1000
25	09-29-00 01:21:34	2	10.00	0	0	1000
26	09-29-00 01:31:37	2	10.00	0	0	1000
27	09-29-00 01:41:40	2	10.00	1	0	1000
28	09-29-00 01:51:43	2	10.00	0	0	1000
29	09-29-00 02:01:46	2	10.00	0	0	1000
30	09-29-00 02:11:49	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.47	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-j

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2j	30	0.33	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2j	30	0.47	0.000
		Media M	0.400	0.000
	Desviación Estándar	DS	0.099	0.000
	Error Estándar	ES	0.070	0.000
	Límite de Confianza Superior	UCL	0.842	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba CULR2

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-29-00 02:21:52	1	10.00	0	0	1000
2	09-29-00 02:31:55	1	10.00	0	0	1000
3	09-29-00 02:41:58	1	10.00	0	0	1000
4	09-29-00 02:52:01	1	10.00	0	0	1000
5	09-29-00 03:02:04	1	10.00	0	0	1000
6	09-29-00 03:12:07	1	10.00	0	0	1000
7	09-29-00 03:22:10	1	10.00	1	0	1000
8	09-29-00 03:32:13	1	10.00	0	0	1000
9	09-29-00 03:42:16	1	10.00	0	0	1000
10	09-29-00 03:52:19	1	10.00	1	0	1000
11	09-29-00 04:02:22	1	10.00	1	0	1000
12	09-29-00 04:12:25	1	10.00	0	0	1000
13	09-29-00 04:22:28	1	10.00	1	0	1000
14	09-29-00 04:32:31	1	10.00	0	0	1000
15	09-29-00 04:42:34	1	10.00	0	0	1000
16	09-29-00 04:52:37	1	10.00	2	0	1000
17	09-29-00 05:02:40	1	10.00	0	0	1000
18	09-29-00 05:12:43	1	10.00	0	0	1000
19	09-29-00 05:22:46	1	10.00	0	0	1000
20	09-29-00 05:32:49	1	10.00	0	0	1000
21	09-29-00 05:42:52	1	10.00	0	0	1000
22	09-29-00 05:52:55	1	10.00	1	0	1000
23	09-29-00 06:02:58	1	10.00	0	0	1000
24	09-29-00 06:13:01	1	10.00	0	0	1000
25	09-29-00 06:23:04	1	10.00	0	0	1000
26	09-29-00 06:33:07	1	10.00	0	0	1000
27	09-29-00 06:43:10	1	10.00	1	0	1000
28	09-29-00 06:53:13	1	10.00	0	0	1000
29	09-29-00 07:03:16	1	10.00	0	0	1000
30	09-29-00 07:13:19	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.27	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1H		Prueba C11R2K		
		Velocidad: 100 rpm				
No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	09-29-00 07:23:22	2	10.00	0	0	1000
2	09-29-00 07:33:25	2	10.00	0	0	1000
3	09-29-00 07:43:28	2	10.00	1	0	1000
4	09-29-00 07:53:31	2	10.00	0	0	1000
5	09-29-00 08:03:34	2	10.00	0	0	1000
6	09-29-00 08:13:37	2	10.00	1	0	1000
7	09-29-00 08:23:40	2	10.00	2	0	1000
8	09-29-00 08:33:43	2	10.00	0	0	1000
9	09-29-00 08:43:46	2	10.00	0	0	1000
10	09-29-00 08:53:49	2	10.00	0	0	1000
11	2000-02-10 09.16.46	2	10.00	0	0	1000
12	2000-02-10 09.26.49	2	10.00	0	0	1000
13	2000-02-10 09.36.52	2	10.00	0	0	1000
14	2000-02-10 09.46.55	2	10.00	0	0	1000
15	2000-02-10 09.56.58	2	10.00	1	0	1000
16	2000-02-10 10.07.01	2	10.00	0	0	1000
17	2000-02-10 10.17.04	2	10.00	0	0	1000
18	2000-02-10 10.27.07	2	10.00	0	0	1000
19	2000-02-10 10.37.10	2	10.00	0	0	1000
20	2000-02-10 10.47.13	2	10.00	1	0	1000
21	2000-02-10 10.57.16	2	10.00	1	0	1000
22	2000-02-10 11.07.19	2	10.00	0	0	1000
23	2000-02-10 11.17.22	2	10.00	2	0	1000
24	2000-02-10 11.27.25	2	10.00	0	0	1000
25	2000-02-10 11.37.28	2	10.00	1	0	1000
26	2000-02-10 11.47.31	2	10.00	0	0	1000
27	2000-02-10 11.57.34	2	10.00	0	0	1000
28	2000-02-10 12.07.37	2	10.00	0	0	1000
29	2000-02-10 12.17.40	2	10.00	0	0	1000
30	2000-02-10 12.27.43	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.33	0.00	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-k

Ciclos acumulados: 60000

<i>Loc.</i>	<i>Concentración de partículas para cada muestra C_L</i>	<i>No. de muestras para cada localización N</i>	<i>Concentración Promedio para cada localización A_L</i>	
			<i>0.3</i>	<i>0.5</i>
L1	Ver tabla <u>C1L1R2k</u>	30	0.27	0.0
L2	Ver tabla <u>C1L2R2kk</u>	30	0.33	0.000
		<i>Media M</i>	0.300	0.000
	<i>Desviación Estándar</i>	<i>DS</i>	0.042	0.000
	<i>Error Estándar</i>	<i>ES</i>	0.030	0.000
	<i>Límite de Confianza Superior</i>	<i>UCL</i>	0.489	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11.1R2**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-03-10 12.05.08	1	10.00	0	0	1000
2	2000-03-10 12.15.11	1	10.00	0	0	1000
3	2000-03-10 12.25.14	1	10.00	0	0	1000
4	2000-03-10 12.35.17	1	10.00	0	0	1000
5	2000-03-10 12.45.20	1	10.00	0	0	1000
6	2000-03-10 12.55.23	1	10.00	0	0	1000
7	2000-03-10 13.05.26	1	10.00	0	0	1000
8	2000-03-10 13.15.29	1	10.00	0	0	1000
9	2000-03-10 13.25.32	1	10.00	0	0	1000
10	2000-03-10 13.35.35	1	10.00	0	0	1000
11	2000-03-10 13.45.38	1	10.00	0	0	1000
12	2000-03-10 13.55.41	1	10.00	0	0	1000
13	2000-03-10 14.05.44	1	10.00	0	0	1000
14	2000-03-10 14.15.47	1	10.00	0	0	1000
15	2000-03-10 14.25.50	1	10.00	0	0	1000
16	2000-03-10 14.35.53	1	10.00	0	0	1000
17	2000-03-10 14.45.56	1	10.00	5	0	1000
18	2000-03-10 14.55.58	1	10.00	0	0	1000
19	2000-03-10 15.06.02	1	10.00	0	0	1000
20	2000-03-10 15.16.05	1	10.00	0	0	1000
21	2000-03-10 15.26.08	1	10.00	0	0	1000
22	2000-03-10 15.36.11	1	10.00	0	0	1000
23	2000-03-10 15.46.14	1	10.00	0	0	1000
24	2000-03-10 15.56.17	1	10.00	0	0	1000
25	2000-03-10 16.06.20	1	10.00	0	0	1000
26	2000-03-10 16.16.23	1	10.00	1	0	1000
27	2000-03-10 16.26.26	1	10.00	0	0	1000
28	2000-03-10 16.36.29	1	10.00	0	0	1000
29	2000-03-10 16.46.32	1	10.00	0	0	1000
30	2000-03-10 16.56.35	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.20	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C11R2H****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-04-10 12.30.35	2	10.00	0	0	1000
2	2000-04-10 12.40.38	2	10.00	0	0	1000
3	2000-04-10 12.50.41	2	10.00	0	0	1000
4	2000-04-10 13.00.44	2	10.00	0	0	1000
5	2000-04-10 13.10.47	2	10.00	1	0	1000
6	2000-04-10 13.20.50	2	10.00	0	0	1000
7	2000-04-10 13.30.53	2	10.00	3	0	1000
8	2000-04-10 13.40.56	2	10.00	0	0	1000
9	2000-04-10 13.50.58	2	10.00	0	0	1000
10	2000-04-10 14.01.02	2	10.00	1	0	1000
11	2000-04-10 14.11.05	2	10.00	0	0	1000
12	2000-04-10 14.21.08	2	10.00	0	0	1000
13	2000-04-10 14.31.11	2	10.00	0	0	1000
14	2000-04-10 14.41.14	2	10.00	0	0	1000
15	2000-04-10 14.51.17	2	10.00	0	0	1000
16	2000-04-10 15.01.20	2	10.00	0	0	1000
17	2000-04-10 15.11.23	2	10.00	0	0	1000
18	2000-04-10 15.21.26	2	10.00	0	0	1000
19	2000-04-10 15.31.29	2	10.00	0	0	1000
20	2000-04-10 15.41.32	2	10.00	0	0	1000
21	2000-04-10 15.51.35	2	10.00	1	0	1000
22	2000-04-10 16.01.38	2	10.00	0	0	1000
23	2000-04-10 16.11.41	2	10.00	0	0	1000
24	2000-04-10 16.21.44	2	10.00	0	0	1000
25	2000-04-10 16.31.47	2	10.00	0	0	1000
26	2000-04-10 16.41.50	2	10.00	3	0	1000
27	2000-04-10 16.51.53	2	10.00	2	0	1000
28	2000-04-10 17.01.56	2	10.00	0	0	1000
29	2000-04-10 17.11.58	2	10.00	0	0	1000
30	2000-04-10 17.22.02	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.37	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-I

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2I	30	0.20	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2II	30	0.37	0.000
		Media M	0.285	0.000
	Desviación Estándar	DS	0.120	0.000
	Error Estándar	ES	0.085	0.000
	Límite de Confianza Superior	UCL	0.821	0.000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CALR2m****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-05-10 04.42.27	1	10.00	0	0	1000
2	2000-05-10 04.52.30	1	10.00	0	0	1000
3	2000-05-10 05.02.33	1	10.00	0	0	1000
4	2000-05-10 05.12.36	1	10.00	1	0	1000
5	2000-05-10 05.22.39	1	10.00	0	0	1000
6	2000-05-10 05.32.42	1	10.00	0	0	1000
7	2000-05-10 05.42.45	1	10.00	0	0	1000
8	2000-05-10 05.52.48	1	10.00	0	0	1000
9	2000-05-10 06.02.51	1	10.00	0	0	1000
10	2000-05-10 06.12.54	1	10.00	1	0	1000
11	2000-05-10 06.22.57	1	10.00	0	0	1000
12	2000-05-10 06.33.00	1	10.00	0	0	1000
13	2000-05-10 06.43.03	1	10.00	0	0	1000
14	2000-05-10 06.53.06	1	10.00	0	0	1000
15	2000-05-10 07.03.09	1	10.00	1	0	1000
16	2000-05-10 07.13.12	1	10.00	1	0	1000
17	2000-05-10 07.23.15	1	10.00	0	0	1000
18	2000-05-10 07.33.18	1	10.00	2	0	1000
19	2000-05-10 07.43.21	1	10.00	0	0	1000
20	2000-05-10 07.53.24	1	10.00	0	0	1000
21	2000-05-10 08.03.27	1	10.00	1	0	1000
22	2000-05-10 08.13.30	1	10.00	0	0	1000
23	2000-05-10 08.23.33	1	10.00	0	0	1000
24	2000-05-10 08.33.36	1	10.00	0	0	1000
25	2000-05-10 08.43.39	1	10.00	0	0	1000
26	2000-05-10 08.53.42	1	10.00	1	0	1000
27	2000-05-10 09.03.45	1	10.00	0	0	1000
28	2000-05-10 09.13.48	1	10.00	0	0	1000
29	2000-05-10 09.23.51	1	10.00	1	0	1000
30	2000-05-10 09.33.54	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.30	0.0	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C1L1R2m

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-05-10 11.36.39	2	10.00	0	0	1000
2	2000-05-10 11.46.42	2	10.00	0	0	1000
3	2000-05-10 11.56.45	2	10.00	1	0	1000
4	2000-05-10 12.06.48	2	10.00	0	0	1000
5	2000-05-10 12.16.51	2	10.00	0	0	1000
6	2000-05-10 12.26.54	2	10.00	0	0	1000
7	2000-05-10 12.36.57	2	10.00	0	0	1000
8	2000-05-10 12.47.00	2	10.00	0	0	1000
9	2000-05-10 12.57.03	2	10.00	0	0	1000
10	2000-05-10 13.07.06	2	10.00	1	0	1000
11	2000-05-10 13.17.09	2	10.00	2	0	1000
12	2000-05-10 13.27.12	2	10.00	0	0	1000
13	2000-05-10 13.37.15	2	10.00	0	0	1000
14	2000-05-10 13.47.18	2	10.00	0	0	1000
15	2000-05-10 13.57.21	2	10.00	0	0	1000
16	2000-05-10 14.07.24	2	10.00	0	0	1000
17	2000-05-10 14.17.27	2	10.00	0	0	1000
18	2000-05-10 14.27.30	2	10.00	0	0	1000
19	2000-05-10 14.37.33	2	10.00	0	0	1000
20	2000-05-10 14.47.36	2	10.00	1	0	1000
21	2000-05-10 14.57.39	2	10.00	2	0	1000
22	2000-05-10 15.07.42	2	10.00	1	0	1000
23	2000-05-10 15.17.45	2	10.00	0	0	1000
24	2000-05-10 15.27.48	2	10.00	0	0	1000
25	2000-05-10 15.37.51	2	10.00	0	0	1000
26	2000-05-10 15.47.54	2	10.00	1	0	1000
27	2000-05-10 15.57.57	2	10.00	0	0	1000
28	2000-05-10 16.08.00	2	10.00	0	0	1000
29	2000-05-10 16.18.03	2	10.00	0	0	1000
30	2000-05-10 16.28.06	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.30	0.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-n

Ciclos acumulados: 60000

<i>Loc.</i>	<i>Concentración de partículas para cada muestra C_1</i>	<i>No. de muestras para cada localización H</i>	<i>Concentración Promedio para cada localización A_L</i>	
			<i>0.3</i>	<i>0.5</i>
L1	<u>Ver tabla C1L1R2n</u>	30	0.30	0.0
L2	<u>Ver tabla C1L2R2nn</u>	30	0.30	0.000
		<i>Media M</i>	0.300	0.000
	<i>Desviación Estándar</i>		<i>DS</i>	0.000
	<i>Error Estándar</i>		<i>ES</i>	0.000
	<i>Límite de Confianza Superior</i>		<i>UCL</i>	0.300

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba CALR26**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-05-10 18.17.23	1	10.00	0	0	1000
2	2000-05-10 18.27.26	1	10.00	0	0	1000
3	2000-05-10 18.37.29	1	10.00	0	0	1000
4	2000-05-10 18.47.32	1	10.00	1	0	1000
5	2000-05-10 18.57.35	1	10.00	0	0	1000
6	2000-05-10 19.07.38	1	10.00	0	0	1000
7	2000-05-10 19.17.41	1	10.00	0	0	1000
8	2000-05-10 19.27.44	1	10.00	0	0	1000
9	2000-05-10 19.37.47	1	10.00	0	0	1000
10	2000-05-10 19.47.50	1	10.00	1	0	1000
11	2000-05-10 19.57.53	1	10.00	1	0	1000
12	2000-05-10 20.07.56	1	10.00	0	0	1000
13	2000-05-10 20.17.58	1	10.00	0	0	1000
14	2000-05-10 20.28.02	1	10.00	0	0	1000
15	2000-05-10 20.38.05	1	10.00	0	0	1000
16	2000-05-10 20.48.08	1	10.00	0	0	1000
17	2000-05-10 20.58.11	1	10.00	0	0	1000
18	2000-05-10 21.08.14	1	10.00	0	0	1000
19	2000-05-10 21.18.17	1	10.00	0	0	1000
20	2000-05-10 21.28.20	1	10.00	1	0	1000
21	2000-05-10 21.38.23	1	10.00	0	0	1000
22	2000-05-10 21.48.26	1	10.00	0	0	1000
23	2000-05-10 21.58.29	1	10.00	0	0	1000
24	2000-05-10 22.08.32	1	10.00	0	0	1000
25	2000-05-10 22.18.35	1	10.00	0	0	1000
26	2000-05-10 22.28.38	1	10.00	0	0	1000
27	2000-05-10 22.38.41	1	10.00	0	0	1000
28	2000-05-10 22.48.44	1	10.00	0	0	1000
29	2000-05-10 22.58.47	1	10.00	0	0	1000
30	2000-05-10 23.08.50	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L						Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1 H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C11 1R255

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-05-10 23.18.53	2	10.00	0	0	1000
2	2000-05-10 23.28.56	2	10.00	0	0	1000
3	2000-05-10 23.38.58	2	10.00	0	0	1000
4	2000-05-10 23.49.02	2	10.00	3	0	1000
5	2000-05-10 23.59.05	2	10.00	1	0	1000
6	2000-06-10 00.09.08	2	10.00	0	0	1000
7	2000-06-10 00.19.11	2	10.00	0	0	1000
8	2000-06-10 00.29.14	2	10.00	1	0	1000
9	2000-06-10 00.39.17	2	10.00	0	0	1000
10	2000-06-10 00.49.20	2	10.00	0	0	1000
11	2000-06-10 00.59.23	2	10.00	2	0	1000
12	2000-06-10 01.09.26	2	10.00	0	0	1000
13	2000-06-10 01.19.29	2	10.00	0	0	1000
14	2000-06-10 01.29.32	2	10.00	0	0	1000
15	2000-06-10 01.39.35	2	10.00	0	0	1000
16	2000-06-10 01.49.38	2	10.00	0	0	1000
17	2000-06-10 01.59.41	2	10.00	0	0	1000
18	2000-06-10 02.09.44	2	10.00	1	0	1000
19	2000-06-10 02.19.47	2	10.00	0	0	1000
20	2000-06-10 02.29.50	2	10.00	0	0	1000
21	2000-06-10 02.39.53	2	10.00	1	0	1000
22	2000-06-10 02.49.56	2	10.00	0	0	1000
23	2000-06-10 02.59.58	2	10.00	0	0	1000
24	2000-06-10 03.10.02	2	10.00	0	0	1000
25	2000-06-10 03.20.05	2	10.00	0	0	1000
26	2000-06-10 03.30.08	2	10.00	0	0	1000
27	2000-06-10 03.40.11	2	10.00	0	0	1000
28	2000-06-10 03.50.14	2	10.00	0	0	1000
29	2000-06-10 04.00.17	2	10.00	0	0	1000
30	2000-06-10 04.10.20	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.30	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-ñ

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2ñ	30	0.13	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2ññ	30	0.30	0.000
		Media M	0.215	0.000
		DS	0.120	0.000
		ES	0.085	0.000
		UCL	0.751	0.000

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11R20**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-09-10 09.01.58	1	10.00	0	0	1000
2	2000-09-10 09.12.02	1	10.00	0	0	1000
3	2000-09-10 09.22.05	1	10.00	0	0	1000
4	2000-09-10 09.32.08	1	10.00	0	0	1000
5	2000-09-10 09.42.11	1	10.00	0	0	1000
6	2000-09-10 09.52.14	1	10.00	0	0	1000
7	2000-09-10 10.02.17	1	10.00	0	0	1000
8	2000-09-10 10.12.20	1	10.00	0	0	1000
9	2000-09-10 10.22.23	1	10.00	2	0	1000
10	2000-09-10 10.32.26	1	10.00	0	0	1000
11	2000-09-10 10.42.29	1	10.00	0	0	1000
12	2000-09-10 10.52.32	1	10.00	0	0	1000
13	2000-09-10 11.02.35	1	10.00	0	0	1000
14	2000-09-10 11.12.38	1	10.00	0	0	1000
15	2000-09-10 11.22.41	1	10.00	0	0	1000
16	2000-09-10 11.32.44	1	10.00	0	0	1000
17	2000-09-10 11.42.47	1	10.00	0	0	1000
18	2000-09-10 11.52.50	1	10.00	2	0	1000
19	2000-09-10 12.02.53	1	10.00	0	0	1000
20	2000-09-10 12.12.56	1	10.00	2	0	1000
21	2000-09-10 12.22.58	1	10.00	8	3	1000
22	2000-09-10 12.33.02	1	10.00	6	0	1000
23	2000-09-10 12.43.05	1	10.00	1	0	1000
24	2000-09-10 12.53.08	1	10.00	351	0	1000
25	2000-09-10 13.03.11	1	10.00	1	0	1000
26	2000-09-10 13.13.14	1	10.00	1	0	1000
27	2000-09-10 13.23.17	1	10.00	3	0	1000
28	2000-09-10 13.33.20	1	10.00	12	2	1000
29	2000-09-10 13.43.23	1	10.00	3	0	1000
30	2000-09-10 13.53.26	1	10.00	17	4	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L						Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C1LR200****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-09-10 14.03.29	2	10.00	8	0	1000
2	2000-09-10 14.13.32	2	10.00	10	3	1000
3	2000-09-10 14.23.35	2	10.00	11	2	1000
4	2000-09-10 14.33.38	2	10.00	20	12	1000
5	2000-09-10 14.43.41	2	10.00	19	7	1000
6	2000-09-10 14.53.44	2	10.00	49	28	1000
7	2000-09-10 15.03.47	2	10.00	30	22	1000
8	2000-09-10 15.13.50	2	10.00	88	35	1000
9	2000-09-10 15.23.53	2	10.00	43	20	1000
10	2000-09-10 15.33.56	2	10.00	89	44	1000
11	2000-09-10 15.43.58	2	10.00	99	35	1000
12	2000-09-10 15.54.02	2	10.00	63	30	1000
13	2000-09-10 16.04.05	2	10.00	100	44	1000
14	2000-09-10 16.14.08	2	10.00	363	127	1000
15	2000-09-10 16.24.11	2	10.00	54	30	1000
16	2000-09-10 16.34.14	2	10.00	59	23	1000
17	2000-09-10 16.44.17	2	10.00	88	45	1000
18	2000-09-10 16.54.20	2	10.00	52	12	1000
19	2000-09-10 17.04.23	2	10.00	152	69	1000
20	2000-09-10 17.14.26	2	10.00	93	50	1000
21	2000-09-10 17.24.29	2	10.00	145	77	1000
22	2000-09-10 17.34.32	2	10.00	221	93	1000
23	2000-09-10 17.44.35	2	10.00	159	71	1000
24	2000-09-10 17.54.38	2	10.00	133	59	1000
25	2000-09-10 18.04.41	2	10.00	115	67	1000
26	2000-09-10 18.14.44	2	10.00	99	41	1000
27	2000-09-10 18.24.47	2	10.00	178	91	1000
28	2000-09-10 18.34.50	2	10.00	160	75	1000
29	2000-09-10 18.44.53	2	10.00	107	52	1000
30	2000-09-10 18.54.56	2	10.00	105	55	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				97.07	43.97	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-0

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2o	30	13.63	0.3
L2	Ver tabla C1L2R2oo	30	97.07	43.970
		Media M	55.350	22.135
	Desviación Estándar	DS	59.001	30.879
	Error Estándar	ES	41.720	21.835
	Límite de Confianza Superior	UCL	318.603	159.914

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C4.1R2a****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-09-10 19.12.02	1	10.00	148	62	1000
2	2000-09-10 19.22.05	1	10.00	57	30	1000
3	2000-09-10 19.32.08	1	10.00	113	56	1000
4	2000-09-10 19.42.11	1	10.00	6615	2806	1000
5	2000-09-10 19.52.14	1	10.00	102	57	1000
6	2000-09-10 20.02.17	1	10.00	139	77	1000
7	2000-09-10 20.12.20	1	10.00	191	101	1000
8	2000-09-10 20.22.23	1	10.00	132	56	1000
9	2000-09-10 20.32.26	1	10.00	161	73	1000
10	2000-09-10 20.42.29	1	10.00	238	120	1000
11	2000-09-10 20.52.32	1	10.00	192	70	1000
12	2000-09-10 21.02.35	1	10.00	143	71	1000
13	2000-09-10 21.12.38	1	10.00	210	112	1000
14	2000-09-10 21.22.41	1	10.00	224	118	1000
15	2000-09-10 21.32.44	1	10.00	102	60	1000
16	2000-09-10 21.42.47	1	10.00	147	84	1000
17	2000-09-10 21.52.50	1	10.00	124	60	1000
18	2000-09-10 22.02.53	1	10.00	132	56	1000
19	2000-09-10 22.12.56	1	10.00	180	94	1000
20	2000-09-10 22.22.58	1	10.00	91	44	1000
21	2000-09-10 22.33.02	1	10.00	128	56	1000
22	2000-09-10 22.43.05	1	10.00	269	136	1000
23	2000-09-10 22.53.08	1	10.00	139	71	1000
24	2000-09-10 23.03.11	1	10.00	123	59	1000
25	2000-09-10 23.13.14	1	10.00	98	48	1000
26	2000-09-10 23.23.17	1	10.00	106	60	1000
27	2000-09-10 23.33.20	1	10.00	95	53	1000
28	2000-09-10 23.43.23	1	10.00	59	31	1000
29	2000-09-10 23.53.26	1	10.00	3929	1898	1000
30	2000-10-10 00.03.29	1	10.00	139	71	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				484.20	223.0	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C1LR2m****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-10-10 00.13.32	2	10.00	107	59	1000
2	2000-10-10 00.23.35	2	10.00	98	43	1000
3	2000-10-10 00.33.38	2	10.00	90	55	1000
4	2000-10-10 00.43.41	2	10.00	122	66	1000
5	2000-10-10 00.53.44	2	10.00	170	79	1000
6	2000-10-10 01.03.47	2	10.00	119	67	1000
7	2000-10-10 01.13.50	2	10.00	69	32	1000
8	2000-10-10 01.23.53	2	10.00	97	52	1000
9	2000-10-10 01.33.56	2	10.00	56	35	1000
10	2000-10-10 01.43.58	2	10.00	92	36	1000
11	2000-10-10 01.54.02	2	10.00	189	96	1000
12	2000-10-10 02.04.05	2	10.00	75	32	1000
13	2000-10-10 02.14.08	2	10.00	77	38	1000
14	2000-10-10 02.24.11	2	10.00	108	50	1000
15	2000-10-10 02.34.14	2	10.00	211	108	1000
16	2000-10-10 02.44.17	2	10.00	151	74	1000
17	2000-10-10 02.54.20	2	10.00	107	52	1000
18	2000-10-10 03.04.23	2	10.00	126	56	1000
19	2000-10-10 03.14.26	2	10.00	64	33	1000
20	2000-10-10 03.24.29	2	10.00	139	71	1000
21	2000-10-10 03.34.32	2	10.00	117	57	1000
22	2000-10-10 03.44.35	2	10.00	100	38	1000
23	2000-10-10 03.54.38	2	10.00	199	85	1000
24	2000-10-10 04.04.41	2	10.00	218	99	1000
25	2000-10-10 04.14.44	2	10.00	152	77	1000
26	2000-10-10 04.24.47	2	10.00	102	49	1000
27	2000-10-10 04.34.50	2	10.00	90	56	1000
28	2000-10-10 04.44.53	2	10.00	105	62	1000
29	2000-10-10 04.54.56	2	10.00	187	94	1000
30	2000-10-10 05.04.58	2	10.00	131	65	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				122.27	60.53	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-p

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2p	30	484.20	223.0
L2	Ver tabla C1L2R2pp	30	122.27	60.530
		Media M	303.235	141.765
		DS	255.923	114.884
		ES	180.965	81.235
		UCL	1445.124	654.358

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11R2s**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	10-16-00 13:27:13	1	10.00	101	49	1000
2	10-16-00 13:37:16	1	10.00	25	12	1000
3	10-16-00 13:47:19	1	10.00	43	18	1000
4	10-16-00 13:57:22	1	10.00	73	26	1000
5	10-16-00 14:07:25	1	10.00	826	37	1000
6	10-16-00 14:17:28	1	10.00	243	91	1000
7	10-16-00 14:27:31	1	10.00	67	32	1000
8	10-16-00 14:37:34	1	10.00	178	58	1000
9	10-16-00 14:47:37	1	10.00	112	45	1000
10	10-16-00 14:57:40	1	10.00	221	105	1000
11	10-16-00 15:07:43	1	10.00	172	86	1000
12	10-16-00 15:17:46	1	10.00	902	433	1000
13	10-16-00 15:27:49	1	10.00	202	81	1000
14	10-16-00 15:37:52	1	10.00	162	81	1000
15	10-16-00 15:47:55	1	10.00	119	73	1000
16	10-16-00 15:57:58	1	10.00	105	50	1000
17	10-16-00 16:08:01	1	10.00	0	0	1000
18	10-16-00 16:18:04	1	10.00	0	0	1000
19	10-16-00 16:28:07	1	10.00	0	0	1000
20	10-16-00 16:38:10	1	10.00	0	0	1000
21	10-16-00 16:48:13	1	10.00	0	0	1000
22	10-16-00 16:58:16	1	10.00	90	39	1000
23	10-16-00 17:08:19	1	10.00	33	13	1000
24	10-16-00 17:18:22	1	10.00	29	6	1000
25	10-16-00 17:28:25	1	10.00	132	62	1000
26	10-16-00 17:38:28	1	10.00	612	303	1000
27	10-16-00 17:48:31	1	10.00	1779	625	1000
28	10-16-00 17:58:34	1	10.00	1936	729	1000
29	10-16-00 18:08:37	1	10.00	0	0	1000
30	10-16-00 18:18:40	1	10.00	66	33	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				274.27	102.9	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Condiciones:

Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm

Prueba C1L1R2ss

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	10-16-00 19:31:30	2	10.00	2515	1060	1000
2	10-16-00 19:41:33	2	10.00	4	0	1000
3	10-16-00 19:51:36	2	10.00	2	0	1000
4	10-16-00 20:01:39	2	10.00	12	2	1000
5	10-16-00 20:11:42	2	10.00	7	0	1000
6	10-16-00 20:21:45	2	10.00	4	0	1000
7	10-16-00 20:31:48	2	10.00	14	5	1000
8	10-16-00 20:41:51	2	10.00	15	5	1000
9	10-16-00 20:51:54	2	10.00	6	0	1000
10	10-16-00 21:01:57	2	10.00	3	0	1000
11	10-16-00 21:12:00	2	10.00	7	1	1000
12	10-16-00 21:22:03	2	10.00	177	89	1000
13	10-16-00 21:32:06	2	10.00	18	7	1000
14	10-16-00 21:42:09	2	10.00	17	3	1000
15	10-16-00 21:52:12	2	10.00	10	3	1000
16	10-16-00 22:02:15	2	10.00	19	7	1000
17	10-16-00 22:12:18	2	10.00	13	6	1000
18	10-16-00 22:22:21	2	10.00	106	46	1000
19	10-16-00 22:32:24	2	10.00	37	11	1000
20	10-16-00 22:42:27	2	10.00	54	28	1000
21	10-16-00 22:52:30	2	10.00	44	26	1000
22	10-16-00 23:02:33	2	10.00	121	64	1000
23	10-16-00 23:12:36	2	10.00	40	18	1000
24	10-16-00 23:22:39	2	10.00	51	23	1000
25	10-16-00 23:32:42	2	10.00	62	22	1000
26	10-16-00 23:42:45	2	10.00	64	31	1000
27	10-16-00 23:52:48	2	10.00	90	30	1000
28	10-17-00 00:02:51	2	10.00	65	40	1000
29	10-17-00 00:12:54	2	10.00	21	9	1000
30	10-17-00 00:22:57	2	10.00	3991	1888	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				252.97	114.13	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-s

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_L	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2s	30	274.26	102.9
L2	Ver tabla C1L2R2ss	30	252.97	114.130
		Media M	263.615	108.515
		DS	15.054	7.941
		ES	10.645	5.615
		UCL	330.78	143.95

Desviación Estándar

Error Estándar

Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CALR2x****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	10-23-00 08:19:03	1	10.00	8906	4218	1000
2	10-23-00 08:29:06	1	10.00	1841	525	1000
3	10-23-00 08:39:09	1	10.00	49	27	1000
4	10-23-00 08:49:12	1	10.00	0	0	1000
5	10-23-00 08:59:15	1	10.00	32	10	1000
6	10-23-00 09:09:18	1	10.00	20	11	1000
7	10-23-00 09:19:21	1	10.00	75	30	1000
8	10-23-00 09:29:24	1	10.00	197	75	1000
9	10-23-00 09:39:27	1	10.00	775	398	1000
10	10-23-00 09:49:30	1	10.00	170	86	1000
11	10-23-00 09:59:33	1	10.00	181	74	1000
12	10-23-00 10:09:36	1	10.00	140	73	1000
13	10-23-00 10:19:39	1	10.00	932	496	1000
14	10-23-00 10:29:42	1	10.00	1030	467	1000
15	10-23-00 10:39:45	1	10.00	1044	552	1000
16	10-23-00 10:49:48	1	10.00	476	250	1000
17	10-23-00 10:59:51	1	10.00	618	257	1000
18	10-23-00 11:09:54	1	10.00	541	270	1000
19	10-23-00 11:19:57	1	10.00	294	156	1000
20	10-23-00 11:30:00	1	10.00	213	95	1000
21	10-23-00 11:40:03	1	10.00	2790	1104	1000
22	10-23-00 11:50:06	1	10.00	270	124	1000
23	10-23-00 12:00:09	1	10.00	248	115	1000
24	10-23-00 12:10:12	1	10.00	225	106	1000
25	10-23-00 12:20:15	1	10.00	378	161	1000
26	10-23-00 12:30:18	1	10.00	238	100	1000
27	10-23-00 12:40:21	1	10.00	237	127	1000
28	10-23-00 12:50:24	1	10.00	233	105	1000
29	10-23-00 13:00:27	1	10.00	262	126	1000
30	10-23-00 13:10:30	1	10.00	1949	752	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				812.13	363.0	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1 H****Prueba C11.1R2uu****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	10-23-00 13:20:33	2	10.00	152	74	1000
2	10-23-00 13:30:36	2	10.00	148	65	1000
3	10-23-00 13:40:39	2	10.00	132	60	1000
4	10-23-00 13:50:42	2	10.00	283	129	1000
5	10-23-00 14:00:45	2	10.00	318	165	1000
6	10-23-00 14:10:48	2	10.00	207	111	1000
7	10-23-00 14:20:51	2	10.00	57	28	1000
8	10-23-00 14:30:54	2	10.00	209	86	1000
9	10-23-00 14:40:57	2	10.00	1011	486	1000
10	10-23-00 14:51:00	2	10.00	174	86	1000
11	10-23-00 15:01:03	2	10.00	3403	1656	1000
12	10-23-00 15:11:06	2	10.00	225	99	1000
13	10-23-00 15:21:09	2	10.00	271	123	1000
14	10-23-00 15:31:12	2	10.00	154	66	1000
15	10-23-00 15:41:15	2	10.00	104	43	1000
16	10-23-00 15:51:18	2	10.00	82	27	1000
17	10-23-00 16:01:21	2	10.00	54	25	1000
18	10-23-00 16:11:24	2	10.00	63	28	1000
19	10-23-00 16:21:27	2	10.00	60	24	1000
20	10-23-00 16:31:30	2	10.00	95	32	1000
21	10-23-00 16:41:33	2	10.00	45	12	1000
22	10-23-00 16:51:36	2	10.00	97	34	1000
23	10-23-00 17:01:39	2	10.00	351	130	1000
24	10-23-00 17:11:42	2	10.00	328	131	1000
25	10-23-00 17:21:45	2	10.00	167	63	1000
26	10-23-00 17:31:48	2	10.00	93	35	1000
27	10-23-00 17:41:51	2	10.00	136	51	1000
28	10-23-00 17:51:54	2	10.00	139	54	1000
29	10-23-00 18:01:57	2	10.00	103	46	1000
30	10-23-00 18:12:00	2	10.00	103	51	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				292.13	134.00	Ciclos Acum. = 30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-u

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_1	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2u	30	812.13	363.0
L2	Ver tabla C1L2R2uu	30	292.13	139.00
		Media M	552.130	251.000
		DS	367.696	158.392
		ES	260.000	112.000
		UCL	2192.73	957.72

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba CIL1R2**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	10-23-00 19:30:35	1	10.00	157	74	1000
2	10-23-00 19:40:38	1	10.00	97	35	1000
3	10-23-00 19:50:41	1	10.00	167	73	1000
4	10-23-00 20:00:44	1	10.00	291	125	1000
5	10-23-00 20:10:47	1	10.00	387	147	1000
6	10-23-00 20:20:50	1	10.00	194	79	1000
7	10-23-00 20:30:53	1	10.00	272	107	1000
8	10-23-00 20:40:56	1	10.00	2100	838	1000
9	10-23-00 20:50:58	1	10.00	2993	1132	1000
10	10-23-00 21:01:02	1	10.00	1944	653	1000
11	10-23-00 21:11:05	1	10.00	60	17	1000
12	10-23-00 21:21:08	1	10.00	496	204	1000
13	10-23-00 21:31:11	1	10.00	273	109	1000
14	10-23-00 21:41:14	1	10.00	325	144	1000
15	10-23-00 21:51:17	1	10.00	249	82	1000
16	10-23-00 22:01:20	1	10.00	393	181	1000
17	10-23-00 22:11:23	1	10.00	295	135	1000
18	10-23-00 22:21:26	1	10.00	164	49	1000
19	10-23-00 22:31:29	1	10.00	174	71	1000
20	10-23-00 22:41:32	1	10.00	190	72	1000
21	10-23-00 22:51:35	1	10.00	4762	2022	1000
22	10-23-00 23:01:38	1	10.00	6690	3112	1000
23	10-23-00 23:11:41	1	10.00	106	41	1000
24	10-23-00 23:21:44	1	10.00	98	35	1000
25	10-23-00 23:31:47	1	10.00	243	108	1000
26	10-23-00 23:41:50	1	10.00	275	122	1000
27	10-23-00 23:51:53	1	10.00	309	140	1000
28	10-24-00 00:01:56	1	10.00	428	201	1000
29	10-24-00 00:11:58	1	10.00	528	219	1000
30	10-24-00 00:22:02	1	10.00	248	106	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				830.27	347.8	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CIL 1R2v****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	10-24-00 00:32:05	2	10.00	3897	1711	1000
2	10-24-00 00:42:08	2	10.00	249	124	1000
3	10-24-00 00:52:11	2	10.00	330	148	1000
4	10-24-00 01:02:14	2	10.00	606	287	1000
5	10-24-00 01:12:17	2	10.00	546	258	1000
6	10-24-00 01:22:20	2	10.00	647	321	1000
7	10-24-00 01:32:23	2	10.00	540	227	1000
8	10-24-00 01:42:26	2	10.00	361	180	1000
9	10-24-00 01:52:29	2	10.00	361	157	1000
10	10-24-00 02:02:32	2	10.00	361	180	1000
11	10-24-00 02:12:35	2	10.00	2639	1056	1000
12	10-24-00 02:22:38	2	10.00	611	302	1000
13	10-24-00 02:32:41	2	10.00	2063	785	1000
14	10-24-00 02:42:44	2	10.00	175	74	1000
15	10-24-00 02:52:47	2	10.00	177	75	1000
16	10-24-00 03:02:50	2	10.00	151	66	1000
17	10-24-00 03:12:53	2	10.00	158	73	1000
18	10-24-00 03:22:56	2	10.00	1008	355	1000
19	10-24-00 03:32:58	2	10.00	262	125	1000
20	10-24-00 03:43:02	2	10.00	1490	578	1000
21	10-24-00 03:53:05	2	10.00	202	95	1000
22	10-24-00 04:03:08	2	10.00	424	204	1000
23	10-24-00 04:13:11	2	10.00	304	142	1000
24	10-24-00 04:23:14	2	10.00	2457	1079	1000
25	10-24-00 04:33:17	2	10.00	191	94	1000
26	10-24-00 04:43:20	2	10.00	329	169	1000
27	10-24-00 04:53:23	2	10.00	238	124	1000
28	10-24-00 05:03:26	2	10.00	222	105	1000
29	10-24-00 05:13:29	2	10.00	326	157	1000
30	10-24-00 05:23:32	2	10.00	257	103	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				719.40	311.80	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R2-v

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla <u>C1L1R2v</u>	30	830.27	347.8
L2	Ver tabla <u>C1L2R2vv</u>	30	719.40	311.80
		Media M	774.835	329.800
	Desviación Estándar	DS	78.397	25.456
	Error Estándar	ES	55.435	18.000
	Límite de Confianza Superior	UCL	1124.63	443.38

5. C

*TABLAS DE CONTEO DE
PARTÍCULAS GENERADAS POR
EL RODAMIENTO No. 3*

ROBOT PARA TRANSPORTAR DISCOS DE SILICIO

CONTEO DE PARTÍCULAS

RODAMIENTO No. 3

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA						
Condiciones:		Carga: 1H		Prueba CALR3a		
		Velocidad: 100 rpm				
No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-07-11 18.12.49	1	10.00	0	0	1000
2	2000-07-11 18.30.46	1	10.00	4	3	1000
3	2000-07-11 18.40.49	1	10.00	8	3	1000
4	2000-07-11 18.50.52	1	10.00	0	0	1000
5	2000-07-11 19.00.55	1	10.00	18	4	1000
6	2000-07-11 19.10.58	1	10.00	0	0	1000
7	2000-07-11 19.21.01	1	10.00	1	0	1000
8	2000-07-11 19.31.04	1	10.00	3	3	1000
9	2000-07-11 19.41.07	1	10.00	0	0	1000
10	2000-07-11 19.51.10	1	10.00	1	0	1000
11	2000-07-11 20.01.13	1	10.00	0	0	1000
12	2000-07-11 20.11.16	1	10.00	0	0	1000
13	2000-07-11 20.21.19	1	10.00	1	0	1000
14	2000-07-11 20.31.22	1	10.00	0	0	1000
15	2000-07-11 20.41.25	1	10.00	0	0	1000
16	2000-07-11 20.51.28	1	10.00	0	0	1000
17	2000-07-11 21.01.31	1	10.00	0	0	1000
18	2000-07-11 21.11.34	1	10.00	0	0	1000
19	2000-07-11 21.21.37	1	10.00	0	0	1000
20	2000-07-11 21.31.40	1	10.00	0	0	1000
21	2000-07-11 21.41.43	1	10.00	0	0	1000
22	2000-07-11 21.51.46	1	10.00	0	0	1000
23	2000-07-11 22.01.49	1	10.00	1	0	1000
24	2000-07-11 22.11.52	1	10.00	0	0	1000
25	2000-07-11 22.21.55	1	10.00	0	0	1000
26	2000-07-11 22.31.58	1	10.00	1	0	1000
27	2000-07-11 22.42.01	1	10.00	0	0	1000
28	2000-07-11 22.52.04	1	10.00	1	0	1000
29	2000-07-11 23.02.07	1	10.00	0	0	1000
30	2000-07-11 23.12.10	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				1.30	0.4	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C11R3a****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-07-11 23.22.13	2	10.00	1	0	1000
2	2000-07-11 23.32.16	2	10.00	0	0	1000
3	2000-07-11 23.42.19	2	10.00	0	0	1000
4	2000-07-11 23.52.22	2	10.00	0	0	1000
5	2000-08-11 00.02.25	2	10.00	0	0	1000
6	2000-08-11 00.12.28	2	10.00	0	0	1000
7	2000-08-11 00.22.31	2	10.00	0	0	1000
8	2000-08-11 00.32.34	2	10.00	1	0	1000
9	2000-08-11 00.42.37	2	10.00	0	0	1000
10	2000-08-11 00.52.40	2	10.00	0	0	1000
11	2000-08-11 01.02.43	2	10.00	0	0	1000
12	2000-08-11 01.12.46	2	10.00	0	0	1000
13	2000-08-11 01.22.49	2	10.00	0	0	1000
14	2000-08-11 01.32.52	2	10.00	0	0	1000
15	2000-08-11 01.42.55	2	10.00	0	0	1000
16	2000-08-11 01.52.58	2	10.00	0	0	1000
17	2000-08-11 02.03.01	2	10.00	1	0	1000
18	2000-08-11 02.13.04	2	10.00	0	0	1000
19	2000-08-11 02.23.07	2	10.00	0	0	1000
20	2000-08-11 02.33.10	2	10.00	1	0	1000
21	2000-08-11 02.43.13	2	10.00	0	0	1000
22	2000-08-11 02.53.16	2	10.00	0	0	1000
23	2000-08-11 03.03.19	2	10.00	0	0	1000
24	2000-08-11 03.13.22	2	10.00	0	0	1000
25	2000-08-11 03.23.25	2	10.00	0	0	1000
26	2000-08-11 03.33.28	2	10.00	0	0	1000
27	2000-08-11 03.43.31	2	10.00	1	0	1000
28	2000-08-11 03.53.34	2	10.00	0	0	1000
29	2000-08-11 04.03.37	2	10.00	0	0	1000
30	2000-08-11 04.13.40	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.17	0.00	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R3-a

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_L	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R3a	30	1.30	0.4
L2	Ver tabla C1L2R3aa	30	0.17	0.00
		Media M	0.735	0.200
	Desviación Estándar	DS	0.799	0.283
	Error Estándar	ES	0.565	0.200
	Limite de Confianza Superior	UCL	4.30	1.46

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H
Velocidad: 100 rpm****Prueba C11.1R.3b**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-08-11 04.23.43	1	10.00	0	0	1000
2	2000-08-11 04.33.46	1	10.00	1	0	1000
3	2000-08-11 04.43.49	1	10.00	0	0	1000
4	2000-08-11 04.53.52	1	10.00	0	0	1000
5	2000-08-11 05.03.55	1	10.00	0	0	1000
6	2000-08-11 05.13.58	1	10.00	0	0	1000
7	2000-08-11 05.24.01	1	10.00	0	0	1000
8	2000-08-11 05.34.04	1	10.00	0	0	1000
9	2000-08-11 05.44.07	1	10.00	0	0	1000
10	2000-08-11 05.54.10	1	10.00	0	0	1000
11	2000-08-11 06.04.13	1	10.00	0	0	1000
12	2000-08-11 06.14.16	1	10.00	0	0	1000
13	2000-08-11 06.24.19	1	10.00	0	0	1000
14	2000-08-11 06.34.22	1	10.00	0	0	1000
15	2000-08-11 06.44.25	1	10.00	0	0	1000
16	2000-08-11 06.54.28	1	10.00	0	0	1000
17	2000-08-11 07.04.31	1	10.00	1	0	1000
18	2000-08-11 07.14.34	1	10.00	0	0	1000
19	2000-08-11 07.24.37	1	10.00	1	0	1000
20	2000-08-11 07.34.40	1	10.00	0	0	1000
21	2000-08-11 07.44.43	1	10.00	0	0	1000
22	2000-08-11 07.54.46	1	10.00	0	0	1000
23	2000-08-11 08.04.49	1	10.00	0	0	1000
24	2000-08-11 08.14.52	1	10.00	0	0	1000
25	2000-08-11 08.24.55	1	10.00	0	0	1000
26	2000-08-11 08.34.58	1	10.00	0	0	1000
27	2000-08-11 08.45.01	1	10.00	0	0	1000
28	2000-08-11 08.55.04	1	10.00	0	0	1000
29	2000-08-11 09.05.07	1	10.00	0	0	1000
30	2000-08-11 09.15.10	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.10	0.0	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C4LR366****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-08-11 09.52.53	2	10.00	0	0	1000
2	2000-08-11 10.02.56	2	10.00	0	0	1000
3	2000-08-11 10.12.58	2	10.00	0	0	1000
4	2000-08-11 10.23.02	2	10.00	0	0	1000
5	2000-08-11 10.33.05	2	10.00	0	0	1000
6	2000-08-11 10.43.08	2	10.00	1	0	1000
7	2000-08-11 10.53.11	2	10.00	0	0	1000
8	2000-08-11 11.03.14	2	10.00	0	0	1000
9	2000-08-11 11.13.17	2	10.00	0	0	1000
10	2000-08-11 11.23.20	2	10.00	1	0	1000
11	2000-08-11 11.33.23	2	10.00	0	0	1000
12	2000-08-11 11.43.26	2	10.00	0	0	1000
13	2000-08-11 11.53.29	2	10.00	0	0	1000
14	2000-08-11 12.03.32	2	10.00	0	0	1000
15	2000-08-11 12.13.35	2	10.00	0	0	1000
16	2000-08-11 12.23.38	2	10.00	0	0	1000
17	2000-08-11 12.33.41	2	10.00	1	0	1000
18	2000-08-11 12.43.44	2	10.00	0	0	1000
19	2000-08-11 12.53.47	2	10.00	0	0	1000
20	2000-08-11 13.03.50	2	10.00	0	0	1000
21	2000-08-11 13.13.53	2	10.00	0	0	1000
22	2000-08-11 13.23.56	2	10.00	0	0	1000
23	2000-08-11 13.33.58	2	10.00	0	0	1000
24	2000-08-11 13.44.02	2	10.00	0	0	1000
25	2000-08-11 13.54.05	2	10.00	1	0	1000
26	2000-08-11 14.04.08	2	10.00	2	0	1000
27	2000-08-11 14.14.11	2	10.00	0	0	1000
28	2000-08-11 14.24.14	2	10.00	0	0	1000
29	2000-08-11 14.34.17	2	10.00	0	0	1000
30	2000-08-11 14.44.20	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.20	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R3-b

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_L	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R3b	30	0.10	0.0
L2	Ver tabla C1L2R3bb	30	0.20	0.00
		Media M	0.150	0.000
		DS	0.071	0.000
		ES	0.050	0.000
		UCL	0.47	0.00

Desviación Estándar

Error Estándar

Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C41.1R3e****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-09-11 16.07.36	1	10.00	0	0	1000
2	2000-09-11 16.17.39	1	10.00	4	0	1000
3	2000-09-11 16.27.42	1	10.00	0	0	1000
4	2000-09-11 16.37.45	1	10.00	0	0	1000
5	2000-09-11 16.47.48	1	10.00	0	0	1000
6	2000-09-11 16.57.51	1	10.00	0	0	1000
7	2000-09-11 17.07.54	1	10.00	2	0	1000
8	2000-09-11 17.17.57	1	10.00	0	0	1000
9	2000-09-11 17.28.00	1	10.00	0	0	1000
10	2000-09-11 17.38.03	1	10.00	2	0	1000
11	2000-09-11 17.48.06	1	10.00	0	0	1000
12	2000-09-11 17.58.09	1	10.00	0	0	1000
13	2000-09-11 18.08.12	1	10.00	0	0	1000
14	2000-09-11 18.18.15	1	10.00	0	0	1000
15	2000-09-11 18.28.18	1	10.00	0	0	1000
16	2000-09-11 18.38.21	1	10.00	0	0	1000
17	2000-09-11 18.48.24	1	10.00	1	0	1000
18	2000-09-11 18.58.27	1	10.00	1	0	1000
19	2000-09-11 19.08.30	1	10.00	0	0	1000
20	2000-09-11 19.18.33	1	10.00	0	0	1000
21	2000-09-11 19.28.36	1	10.00	0	0	1000
22	2000-09-11 19.38.39	1	10.00	0	0	1000
23	2000-09-11 19.48.42	1	10.00	0	0	1000
24	2000-09-11 19.58.45	1	10.00	0	0	1000
25	2000-09-11 20.08.48	1	10.00	0	0	1000
26	2000-09-11 20.18.51	1	10.00	0	0	1000
27	2000-09-11 20.28.54	1	10.00	1	0	1000
28	2000-09-11 20.38.57	1	10.00	0	0	1000
29	2000-09-11 20.49.00	1	10.00	0	0	1000
30	2000-09-11 20.59.03	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.37	0.0	Ciclos Acum. = 30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba CA11R3ec****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-09-11 21.22.29	2	10.00	0	0	1000
2	2000-09-11 21.32.32	2	10.00	0	0	1000
3	2000-09-11 21.42.35	2	10.00	0	0	1000
4	2000-09-11 21.52.38	2	10.00	1	0	1000
5	2000-09-11 22.02.41	2	10.00	0	0	1000
6	2000-09-11 22.12.44	2	10.00	0	0	1000
7	2000-09-11 22.22.47	2	10.00	0	0	1000
8	2000-09-11 22.32.50	2	10.00	0	0	1000
9	2000-09-11 22.42.53	2	10.00	0	0	1000
10	2000-09-11 22.52.56	2	10.00	3	0	1000
11	2000-09-11 23.02.58	2	10.00	0	0	1000
12	2000-09-11 23.13.02	2	10.00	2	0	1000
13	2000-09-11 23.23.05	2	10.00	0	0	1000
14	2000-09-11 23.33.08	2	10.00	0	0	1000
15	2000-09-11 23.43.11	2	10.00	0	0	1000
16	2000-09-11 23.53.14	2	10.00	0	0	1000
17	2000-10-11 00.03.17	2	10.00	0	0	1000
18	2000-10-11 00.13.20	2	10.00	0	0	1000
19	2000-10-11 00.23.23	2	10.00	0	0	1000
20	2000-10-11 00.33.26	2	10.00	0	0	1000
21	2000-10-11 00.43.29	2	10.00	0	0	1000
22	2000-10-11 00.53.32	2	10.00	0	0	1000
23	2000-10-11 01.03.35	2	10.00	0	0	1000
24	2000-10-11 01.13.38	2	10.00	0	0	1000
25	2000-10-11 01.23.41	2	10.00	1	0	1000
26	2000-10-11 01.33.44	2	10.00	0	0	1000
27	2000-10-11 01.43.47	2	10.00	1	0	1000
28	2000-10-11 01.53.50	2	10.00	0	0	1000
29	2000-10-11 02.03.53	2	10.00	0	0	1000
30	2000-10-11 02.13.56	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.27	0.00	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R3-e

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización N	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R2e	30	0.37	0.0
L2	Ver tabla C1L2R2ee	30	0.27	0.00
		Media M	0.320	0.000
		DS	0.071	0.000
		ES	0.050	0.000
		UCL	0.64	0.00

Desviación Estándar
Error Estándar
Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C1L1R3F****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc.	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-10-11 02.23.58	1	10.00	0	0	1000
2	2000-10-11 02.34.02	1	10.00	0	0	1000
3	2000-10-11 02.44.05	1	10.00	0	0	1000
4	2000-10-11 02.54.08	1	10.00	0	0	1000
5	2000-10-11 03.04.11	1	10.00	0	0	1000
6	2000-10-11 03.14.14	1	10.00	1	0	1000
7	2000-10-11 03.24.17	1	10.00	0	0	1000
8	2000-10-11 03.34.20	1	10.00	0	0	1000
9	2000-10-11 03.44.23	1	10.00	1	0	1000
10	2000-10-11 03.54.26	1	10.00	0	0	1000
11	2000-10-11 04.04.29	1	10.00	0	0	1000
12	2000-10-11 04.14.32	1	10.00	1	0	1000
13	2000-10-11 04.24.35	1	10.00	3	0	1000
14	2000-10-11 04.34.38	1	10.00	0	0	1000
15	2000-10-11 04.44.41	1	10.00	0	0	1000
16	2000-10-11 04.54.44	1	10.00	0	0	1000
17	2000-10-11 05.04.47	1	10.00	0	0	1000
18	2000-10-11 05.14.50	1	10.00	0	0	1000
19	2000-10-11 05.24.53	1	10.00	3	0	1000
20	2000-10-11 05.34.56	1	10.00	0	0	1000
21	2000-10-11 05.44.58	1	10.00	0	0	1000
22	2000-10-11 05.55.02	1	10.00	0	0	1000
23	2000-10-11 06.05.05	1	10.00	1	0	1000
24	2000-10-11 06.15.08	1	10.00	0	0	1000
25	2000-10-11 06.25.11	1	10.00	0	0	1000
26	2000-10-11 06.35.14	1	10.00	0	0	1000
27	2000-10-11 06.45.17	1	10.00	0	0	1000
28	2000-10-11 06.55.20	1	10.00	0	0	1000
29	2000-10-11 07.05.23	1	10.00	0	0	1000
30	2000-10-11 07.15.26	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.33	0.0	Ciclos Acum.=3000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C11R3H****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	2000-10-11 07.25.29	2	10.00	0	0	1000
2	2000-10-11 07.35.32	2	10.00	0	0	1000
3	2000-10-11 07.45.35	2	10.00	0	0	1000
4	2000-10-11 07.55.38	2	10.00	0	0	1000
5	2000-10-11 08.05.41	2	10.00	3	0	1000
6	2000-10-11 08.15.44	2	10.00	0	0	1000
7	2000-10-11 08.25.47	2	10.00	0	0	1000
8	2000-10-11 08.35.50	2	10.00	0	0	1000
9	2000-10-11 08.45.53	2	10.00	0	0	1000
10	2000-10-11 08.55.56	2	10.00	0	0	1000
11	2000-10-11 09.05.58	2	10.00	0	0	1000
12	2000-10-11 09.16.02	2	10.00	0	0	1000
13	2000-10-11 09.26.05	2	10.00	0	0	1000
14	2000-10-11 09.36.08	2	10.00	0	0	1000
15	2000-10-11 09.46.11	2	10.00	2	0	1000
16	2000-10-11 09.56.14	2	10.00	0	0	1000
17	2000-10-11 10.06.17	2	10.00	0	0	1000
18	2000-10-11 10.16.20	2	10.00	0	0	1000
19	2000-10-11 10.26.23	2	10.00	0	0	1000
20	2000-10-11 10.36.26	2	10.00	0	0	1000
21	2000-10-11 10.46.29	2	10.00	0	0	1000
22	2000-10-11 10.56.32	2	10.00	0	0	1000
23	2000-10-11 11.06.35	2	10.00	0	0	1000
24	2000-10-11 11.16.38	2	10.00	0	0	1000
25	2000-10-11 11.26.41	2	10.00	0	0	1000
26	2000-10-11 11.36.44	2	10.00	1	0	1000
27	2000-10-11 11.46.47	2	10.00	0	0	1000
28	2000-10-11 11.56.50	2	10.00	0	0	1000
29	2000-10-11 12.06.53	2	10.00	0	0	1000
30	2000-10-11 12.16.56	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.20	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R3-f

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	<u>Ver tabla C1L1R3f</u>	30	0.33	0.0
L2	<u>Ver tabla C1L2R3f</u>	30	0.20	0.00
		<u>Media M</u>	0.265	0.000
		<u>DS</u>	0.092	0.000
		<u>ES</u>	0.065	0.000
		<u>UCL</u>	0.68	0.00

Desviación Estándar

Error Estándar

Límite de Confianza Superior

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C1L1R3g****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	11-13-00 09:03:15	1	10.00	3	0	1000
2	11-13-00 09:13:18	1	10.00	3	0	1000
3	11-13-00 09:23:21	1	10.00	0	0	1000
4	11-13-00 09:33:24	1	10.00	0	0	1000
5	11-13-00 09:43:27	1	10.00	1	0	1000
6	11-13-00 09:53:30	1	10.00	0	0	1000
7	11-13-00 10:03:33	1	10.00	0	0	1000
8	11-13-00 10:13:36	1	10.00	0	0	1000
9	11-13-00 10:23:39	1	10.00	0	0	1000
10	11-13-00 10:33:42	1	10.00	0	0	1000
11	11-13-00 10:43:45	1	10.00	0	0	1000
12	11-13-00 10:53:48	1	10.00	0	0	1000
13	11-13-00 11:03:51	1	10.00	0	0	1000
14	11-13-00 11:13:54	1	10.00	0	0	1000
15	11-13-00 11:23:57	1	10.00	1	0	1000
16	11-13-00 11:34:00	1	10.00	0	0	1000
17	11-13-00 11:44:03	1	10.00	0	0	1000
18	11-13-00 11:54:06	1	10.00	0	0	1000
19	11-13-00 12:04:09	1	10.00	0	0	1000
20	11-13-00 12:14:12	1	10.00	0	0	1000
21	11-13-00 12:24:15	1	10.00	0	0	1000
22	11-13-00 12:34:18	1	10.00	0	0	1000
23	11-13-00 12:44:21	1	10.00	0	0	1000
24	11-13-00 12:54:24	1	10.00	0	0	1000
25	11-13-00 13:04:27	1	10.00	1	0	1000
26	11-13-00 13:14:30	1	10.00	0	0	1000
27	11-13-00 13:24:33	1	10.00	0	0	1000
28	11-13-00 13:34:36	1	10.00	1	0	1000
29	11-13-00 13:44:39	1	10.00	1	0	1000
30	11-13-00 13:54:42	1	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.37	0.0	Ciclos Acum. ≈ 30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA**Condiciones:****Carga: 1H****Prueba C1L1R3****Velocidad: 100 rpm**

No	Fecha y hora	Loc	Periodo	Tamaño de Partícula (micras)		Ciclos de trabajo
				0.3	0.5	
1	11-13-00 14:04:45	2	10.00	0	0	1000
2	11-13-00 14:14:48	2	10.00	1	0	1000
3	11-13-00 14:24:51	2	10.00	0	0	1000
4	11-13-00 14:34:54	2	10.00	1	0	1000
5	11-13-00 14:44:57	2	10.00	0	0	1000
6	11-13-00 14:55:00	2	10.00	1	0	1000
7	11-13-00 15:05:03	2	10.00	0	0	1000
8	11-13-00 15:15:06	2	10.00	0	0	1000
9	11-13-00 15:25:09	2	10.00	0	0	1000
10	11-13-00 15:35:12	2	10.00	0	0	1000
11	11-13-00 15:45:15	2	10.00	0	0	1000
12	11-13-00 15:55:18	2	10.00	0	0	1000
13	11-13-00 16:05:21	2	10.00	0	0	1000
14	11-13-00 16:15:24	2	10.00	0	0	1000
15	11-13-00 16:25:27	2	10.00	1	0	1000
16	11-13-00 16:35:30	2	10.00	0	0	1000
17	11-13-00 16:45:33	2	10.00	0	0	1000
18	11-13-00 16:55:36	2	10.00	2	0	1000
19	11-13-00 17:05:39	2	10.00	0	0	1000
20	11-13-00 17:15:42	2	10.00	0	0	1000
21	11-13-00 17:25:45	2	10.00	2	0	1000
22	11-13-00 17:35:48	2	10.00	0	0	1000
23	11-13-00 17:45:51	2	10.00	0	0	1000
24	11-13-00 17:55:54	2	10.00	0	0	1000
25	11-13-00 18:05:57	2	10.00	0	0	1000
26	11-13-00 18:16:00	2	10.00	0	0	1000
27	11-13-00 18:26:03	2	10.00	0	0	1000
28	11-13-00 18:36:06	2	10.00	0	0	1000
29	11-13-00 18:46:09	2	10.00	1	0	1000
30	11-13-00 18:56:12	2	10.00	0	0	1000
Concentración Promedio de la Localización A _L				0.30	0.00	Ciclos Acum.=30000

ARTICULACION ROTACIONAL DE PRUEBA

Recopilación de Datos

C1R3-g

Ciclos acumulados: 60000

Loc.	Concentración de partículas para cada muestra C_i	No. de muestras para cada localización H	Concentración Promedio para cada localización A_i	
			0.3	0.5
L1	Ver tabla C1L1R3g	30	0.37	0.0
L2	Ver tabla C1L2R3gg	30	0.30	0.00
		Media M	0.335	0.000
	Desviación Estándar	DS	0.049	0.000
	Error Estándar	ES	0.035	0.000
	Límite de Confianza Superior	UCL	0.56	0.00