

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO DE
PROBETAS METÁLICAS (CAPACIDAD DE 4 PROBETAS POR
HORA) PARA EL LABORATORIO DE METALURGIA DE LA FIM-E**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**MARCOS SEBASTIÁN PAREDES PROAÑO
DAVID WLADIMIR VIVANCO SALAZAR**

DIRECTOR: ING. VÍCTOR ANDRADE

CODIRECTOR: ING. GONZALO MORA

Sangolquí, 2006-03-28

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO DE PROBETAS METÁLICAS (CAPACIDAD DE 4 PROBETAS POR HORA) PARA EL LABORATORIO DE METALURGIA DE LA FIM-E” fue realizado en su totalidad por Marcos Sebastián Paredes Proaño y David Wladimir Vivanco Salazar, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Víctor Andrade

DIRECTOR

Ing. Gonzalo Mora

CODIRECTOR

Sangolquí, 2006-03-28

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE PULIDO DE PROBETAS METÁLICAS (CAPACIDAD DE 4 PROBETAS POR HORA) PARA EL LABORATORIO DE METALURGIA DE LA FIM-E”

ELABORADO POR:

Marcos Sebastián Paredes P.

David Wladimir Vivanco S.

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

MAYO. DE E.M. Ing. Edgar Pazmiño
DECANO

Sangolquí, 2006-03-28

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios por ser el creador de esos sueños que algún día se vuelven realidad.

A mi padre pues con su magnífico ejemplo me inculcó todos los parámetros de responsabilidad que en la vida se necesita.

A mi madre por ser esa persona divina que me entrego la vida y que la sabia naturaleza la supo mantener.

A mi hermano por haber sido siempre un importante apoyo además de mi mejor amigo y un ejemplo a seguir. A mi hermana pues con los años que compartimos juntos aprendimos a valorar los lazos de una fuerte relación afectiva.

A mis tías, tíos, primas, primos, en fin todos los que conforman mi familia pues cada uno de ellos es vital para la estructura familiar .

A mi enamorada por darme cariño y ánimo durante este tiempo.

Y en especial a mi hijo pues para él van dedicados todos mis triunfos venideros.

Marcos Sebastián Paredes Proaño

DEDICATORIA

Primeramente este trabajo se lo dedico a Dios que desde un principio me enseñó que la vida vale mucho y hay que saber apreciarla, cuidarla y valorarla haciendo cada vez buenas cosas que enriquezcan nuestra alma.

A mi madre la persona que me vio nacer y que desde siempre fue el apoyo que necesitaba y que me supo comprender a lo largo de mi vida, enseñándome cada uno de los valores que se necesitan para ser una persona de bien.

A mi padre por ser esa fuente de sabiduría diaria que me colmo de conocimientos a lo largo de mi vida y por eso es que puedo decir que este logro es por el buen trabajo de aprendizaje que el me brindó en todo el camino de mi crecimiento personal.

A mi hermana que fue mas que una amiga en todo este tiempo y agradecerle por todo lo que hemos compartido y aprendido juntos.

A la mujer que me brindó su amor y paciencia en todo el tiempo que llevamos juntos y que fue una gran ayuda para culminar esta etapa de mi vida.

A mis dos preciosas hijas que por ellas es la lucha diaria desde hoy en adelante para la cual dedico todo mi esfuerzo para que crezcan con salud e inteligencia en lo que me resta de vida.

David Wladimir Vivanco Salazar.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Escuela Politécnica del Ejército por habernos permitido culminar con éxito nuestra formación profesional.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica por haber inculcado valores de responsabilidad a nosotros futuros ingenieros de la Patria.

A los ingenieros Víctor Andrade y Gonzalo Mora por su valiosa colaboración para la culminación exitosa de este proyecto.

Al Señor Octavio Pazmiño por su enorme contribución en la construcción del sistema de pulido metalográfico ya que con su experiencia se ven evidenciados los óptimos resultados del proyecto.

ÍNDICE GENERAL

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO	ii
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA	ii
CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
DEDICATORIA	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIX
NOMENCLATURA	XXI
RESUMEN	XXV
CAPITULO 1	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	6
1.3 OBJETIVOS	6
OBJETIVO PRINCIPAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.4 ALCANCE DEL PROYECTO	7
CAPITULO 2	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 METALOGRAFÍA	8
2.2 SECUENCIA COMPLETA PARA LA PREPARACIÓN DE UNA MUESTRA METALOGRÁFICA.	13
2.2.1 SELECCIÓN DE MUESTRAS	14
2.2.2 CORTE	15
2.2.3 MONTAJE DE PROBETAS METALOGRÁFICAS	16

2.2.3.1 Montajes Fusibles -----	17
2.2.3.2 Montaje En Plásticos Sintéticos -----	17
2.2.3.2.1 Resinas termoendurecibles. -----	17
2.2.3.2.2 Resinas termoplásticas.-----	18
2.2.4 PULIDO MECÁNICO -----	18
2.2.4.1 Desbaste Tosco-----	18
2.2.4.2 Desbaste Fino -----	19
2.2.4.3 Pulido Tosco-----	20
2.2.4.3.1 Pasta De Diamante-----	21
2.2.4.4 Pulido Fino-----	21
2.2.4.4.1 Alúmina -----	22
2.2.5 ATAQUE QUÍMICO -----	22
2.2.6 ANÁLISIS MICROSCÓPICO -----	24
CAPITULO 3 -----	25
ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS-----	25
3.1 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE ASCENSO Y DESCENSO DE PROBETAS -----	25
3.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE ASCENSO Y DESCENSO -----	25
3.1.1.1 Sistema Hidráulico. -----	25
3.1.1.2 Sistema Neumático.-----	26
3.1.1.3 Sistema de movimiento mediante brazo mecánico. -----	27
3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ASCENSO Y DESCENSO. 27	
3.1.2.1 Sistema Hidráulico -----	27
3.1.2.2 Sistema Neumático -----	28
3.1.2.3 Sistema de brazo mecánico-----	29
3.1.3 MATRIZ DE DECISIÓN -----	29
3.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PULIDO -----	30
3.2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE MOVIMIENTO -----	30
3.2.1.1 Sistema de movimiento mediante engranes y bandas. -----	31
3.2.1.2 Sistema de movimiento mediante mesa y motor.-----	32
3.2.1.3 Sistema de movimiento por medio de leva. -----	33
3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE MOVIMIENTO-----	34

3.2.2.1 Sistema de movimiento mediante engranes	34
3.2.2.2 Sistema de movimiento mediante mesa y motor.....	34
3.2.2.3 Sistema de movimiento mediante leva.	35
3.2.3 MATRIZ DE DECISIÓN	36
3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL PULIDO TOSCO Y PARA EL PULIDO FINAL.	37
3.3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	37
3.3.1.1 Sistema de refrigeración constante.	37
3.3.1.2 Sistema de refrigeración recirculante.	38
3.3.1.3 Sistema de refrigeración manual.	38
3.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	39
3.3.2.1 Sistema de refrigeración constante	39
3.3.2.2 Sistema de refrigeración recirculante.	40
3.3.2.3 Sistema de refrigeración manual.	40
3.2.3 MATRIZ DE DECISIÓN	41
3.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA PORTA PROBETAS	42
3.4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE PORTA PROBETAS.....	42
3.4.1.1 Sistema de porta probetas por medio de entenallas.....	43
3.4.1.2 Sistema de porta probetas por medio de camisas con prisioneros.	44
3.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PORTA PROBETAS ----	45
3.4.2.1 Sistema de porta probetas por medio de camisa con prisioneros. 45	
3.4.3 MATRIZ DE DECISIÓN	46
CAPÍTULO 4	48
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	48
4.1 DISEÑO DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS	48
4.2 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO	86
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DEL SISTEMA.....	90
4.2.2 DESCRIPCIÓN DEL MOTOREDUCTOR	91
4.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA FLECHA DEL MOTOREDUCTOR	92
4.2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PLATO PORTA LIJAS. 93	

4.2.4.1 PLACA CON OJO CHINO.-----	93
4.2.4.2 CHUMACERA PARA PLATO PORTA LIJA.-----	94
4.2.4.3 PLATO PORTA LIJAS. -----	94
4.2.4.4 FLECHA DEL PLATO PORTA LIJAS.-----	95
4.2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PORTA BRAZO.	
97	
4.2.5.1 CHUMACERA -----	98
4.2.5.2 SOPORTE -----	98
4.2.5.3 CAMISA DE SUJECIÓN DEL BRAZO.-----	99
4.2.5.4 ENGRANE -----	99
4.2.5.5 FLECHA-----	100
4.2.6 BRAZO PORTA PROBETAS. -----	101
4.2.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PLACAS. -----	101
4.2.6.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CHUMACERAS DEL BRAZO---	103
4.2.6.3 ENGRANE -----	106
4.2.7 DESCRIPCIÓN DEL PLATO PORTA PROBETAS. -----	107
4.2.7.1 PLATO-----	107
4.2.7.2 SISTEMA DE CAMISAS PORTA PROBETAS. -----	108
4.2.8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. -----	110
4.2.8.1 CILINDRO -----	110
4.2.8.3 LLAVE -----	111
4.2.8.4 PEDESTAL PARA TANQUE DE AGUA.-----	111
4.2.9 ACCESORIOS PARA EL PLATO PORTA LIJAS. -----	112
4.2.10 SISTEMA DE ENCENDIDO Y APAGADO. -----	113
4.2.11 DESCRIPCIÓN DE PINTURA DE LA MÁQUINA. -----	114
4.3 <i>CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.</i> -----	114
4.3.1 SISTEMA DE FIJACIÓN DE ALTURA.-----	115
CAPITULO 5 -----	116
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO -----	116
5.1 <i>PUESTA A PUNTO</i> -----	116
5.1.1 CALIBRACIÓN DE LA ALTURA DEL BRAZO -----	116
5.1.2 CALIBRACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE POLEAS-----	118
5.1.3 PROBETAS DE ENSAYO -----	120

5.1.4 MONTAJE DE LAS PROBETAS METALGRÁFICAS EN BAQUELITA	122
5.1.4.1 Montaje de la probeta metalográfica -----	122
5.1.4.2 Montaje del cilindro en la prensa. -----	123
5.1.4.3 Aplicación de Calor. -----	124
5.1.4.4 Enfriamiento del cilindro. -----	125
5.1.4.5 Desmonte de la probeta metalográfica. -----	125
5.1.4.6 Resultado final. -----	126
5.1.5 PRUEBAS EN MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE METALURGIA.	127
5.1.6 PRUEBAS USANDO LA MÁQUINA PARA PROBETAS METALGRÁFICAS	129
5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS USANDO METALOGRAFÍA COMPUTARIZADA.	130
5.2.1 COMPARACIÓN DE LAS MUESTRAS -----	131
5.2.1.1 MUESTRAS DE ACERO DE TRANSMISIÓN Y BRONCE-----	131
5.2.1.1.1 Desbaste Tosco -----	131
5.2.1.1.2 Desbaste intermedio -----	132
5.2.1.1.3 Desbaste fino -----	136
5.2.1.1.4 PULIDO INTERMEDIO-----	137
5.2.1.1.5 PULIDO FINAL -----	139
CAPITULO 6 -----	141
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA -----	141
6.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA -----	141
6.1.1 COSTOS DEL PROYECTO -----	141
6.1.1.1 Costos Indirectos-----	141
6.1.1.1.1 Misceláneos-----	141
6.1.1.2 Costos Directos -----	141
6.1.1.2.1 Remuneración a profesionales -----	141
6.1.1.2.2 Remuneración a no profesionales -----	142
6.1.1.2.3 Adquisición de materiales y equipos-----	142
6.1.1.2.4 Costos de diseño-----	144
6.1.1.2.5 Otros Costos Directos -----	144
6.1.1.2.6 Total General de Costos del Proyecto -----	145

6.2 EVALUACIÓN FINANCIERA	145
6.2.1 CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)	145
6.2.2 EL CRITERIO DE LA TAZA INTERNA DE RETORNO	146
CAPITULO 7	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	148
7.1 CONCLUSIONES	148
7.2 RECOMENDACIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	150

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 2.1	DISCOS DE CORTE PARA PROBETAS DE MATERIAL DURO	14
FIG. 2.2	MATERIALES ESPECIALES PARA EL MONTAJE	15
FIG. 2.3	PLÁSTICOS SINTÉTICOS PARA MONTAJE DE MUESTRAS	16
FIG. 2.4	ATAQUE DE UNA PROBETA CON EL QUÍMICO ADECUADO	21
FIG. 2.5	MICROSCOPIO ELECTRÓNICO	22
FIG. 3.1	ESQUEMA DE UN SISTEMA DE MOVIMIENTO HIDRÁULICO	24
FIG. 3.2	SISTEMA DE MOVIMIENTO NEUMÁTICO	24
FIG. 3.3	SISTEMA DE MOVIMIENTO MEDIANTE BRAZO MECÁNICO	25
FIG. 3.4	RAJADURAS PUNTUALES	29
FIG. 3.5	RAJADURAS PUNTUALES CONCÉNTRICAS	29
FIG. 3.6	SISTEMA DE MOVIMIENTO MEDIANTE ENGRANES	29
FIG. 3.7	MESA CON MOVIMIENTO VAIVÉN	30
FIG. 3.8	SISTEMA DE MESA Y MOTOR CON TODAS SUS PARTES	30
FIG. 3.9	SISTEMA DE MOVIMIENTO POR LEVA	31
FIG. 3.10	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CONSTANTE	35
FIG. 3.11	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RECIRCULANTE	36
FIG. 3.12	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON PLATO GIRATORIO	37
FIG. 3.13.	PLATO PARA EL ACOUPLE DE ENTENALLAS	41
FIG. 3.14	PORTA PROBETAS POR MEDIO DE ENTENALLAS	42
FIG. 3.15	PLATO PARA MARIPOSA	43
FIG. 3.16	sistema de porta probetas por medio de mariposas	43
FIG. 4.A	ESQUEMA DEL MOTOR Y DE CAJA REDUCTORA	47
FIG. 4.B	Esquema general de la máquina de pulido	48
FIG. 4.1	ESQUEMA DEL SISTEMA TORNILLO SIN FIN CORONA	51
FIG. 4.2	ESQUEMA DE LOS ELEMENTOS DE LA FLECHA 2	52
FIG. 4.3	DCL F1	53
FIG. 4.4	DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE DE F1	54,55
FIG. 4.5	ELEMENTOS DEL SISTEMA PORTA LIJAS	58
FIG. 4.6	DCL F2	59
FIG. 4.7	DIAGRAMA DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE F2	60
FIG. 4.8	ELEMENTOS DE LA FLECHA DEL ENGRANE CONDUCTOR	62

FIG. 4.9	DCL F3	66
FIG. 4.10	DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE DE F3	67
FIG. 4.11	SISTEMA DE ENGRANE CONDUCIDO	70
FIG. 4.12	DCL F4	71
FIG. 4.13	DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE DE F4	72
FIG. 4.14	ESQUEMA DEL SISTEMA PORTA PROBETAS	75
FIG. 4.15	DCL F5	76
FIG. 4.16	DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE DE F5	78
FIG. 4.17	DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN	82
FIG. 4.18	ELIMINACIÓN DE PUNTAS CORTANTES DE LA BASE	83
FIG. 4.19	ESMERILADO DE ANGULO 1*1/8	83
FIG. 4.20	SUELDA DEL ANGULO A LA PLANCHA PRINCIPAL	84
FIG. 4.21	CONSTRUCCIÓN DE PLACAS PARA MOTOR	84
FIG. 4.22	MOTOR CON PLACA	85
FIG. 4.23	FLECHA DE CAJA REDUCTORA	85
FIG. 4.24	FLECHA CON SUS DOS POLEAS EN LA CAJA REDUCTORA	86
FIG. 4.25	OJO CHINO PARA AJUSTE DE BANDA EN PLACA	87
FIG. 4.26	CHUMACERA PARA EL MOVIMIENTO PLATO PORTA LIJAS	87
FIG. 4.27	SUELDA DE MANZANA AL PLATO PORTA LIJAS	88
FIG. 4.28	RECTIFICADA DE LA SUPERFICIE DEL DISCO	88
FIG. 4.29	AGUJERO DE PLACA DE OJO CHINO PARA MANTENIMIENTO	89
FIG. 4.30	SUELDA DE PLACA CON OJO CHINO A LA CHUMACERA	89
FIG. 4.31	PLATO PORTA LIJAS CON RODAMIENTOS, FLECHA Y POLEA	90
FIG. 4.32	SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PPL A LA BASE	90
FIG. 4.33	CHUMACERA CON RODAMIENTO EN SU INTERIOR	91
FIG. 4.34	ENSAMBLE DEL SOPORTE DEL SISTEMA PORTA BRAZO	92
FIG. 4.35	CAMISA DE SUJECIÓN CON PASADOR PLANO	92
FIG. 4.36	ENGRANE DE DURALON DE 30 DIENTES CON MANZANA	93
FIG. 4.37	TORNEADO DE LA FLECHA	93
FIG. 4.38	COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO PORTA BRAZO	94
FIG. 4.39	PLACAS DEL BRAZO CON PERILLAS Y ESLABONES DE UNIÓN A CAMISA	95
FIG. 4.40	ELABORACIÓN DE LA PERILLA	95
FIG. 4.41	SISTEMA DE ROSCADO PARA SUJECIÓN DE PERILLA	95

FIG. 4.42	SISTEMA DE SUJECIÓN COMPLETO	95
FIG. 4.43	SISTEMA DE UNIÓN DEL BRAZO PORTA PROBETAS	96
FIG. 4.44	CUBO DE ACERO ESTRUCTURAL PARA ELABORACIÓN DE CHUMACERA	96
FIG. 4.45	ELABORACIÓN DE CARRILES PARA FIJACIÓN EN LAS PLACAS DEL BRAZO	96
FIG. 4.46	ELABORACIÓN DE AGUJEROS PARA RODAMIENTOS	97
FIG. 4.47	VISTA LATERAL DE LAS CHUMACERAS	97
FIG. 4.48	COLOCACIÓN DE LAS CHUMACERAS EN EL BRAZO	97
FIG. 4.49	ELABORACIÓN DE POLEAS	97
FIG. 4.50	POLEAS DE HIERRO FUNDIDO	98
FIG. 4.51	ELABORACIÓN DE CARRILES EN LAS PLACAS DEL BRAZO	98
FIG. 4.52	SISTEMA DE CHUMACERAS ENSAMBLADO	99
FIG. 4.53	ENGRANE DE LA CHUMACERA CUADRADA	99
FIG. 4.54	BRAZO MECÁNICO	100
FIG. 4.55	MANUFACTURACIÓN DE PLATO EN TORNO (MANZANA)	101
FIG. 4.56	AGUJERO PARA FIJACIÓN DE CAMISAS PORTA PROBETAS	101
FIG. 4.57	CILINDRO DE ALMACENAMIENTO DE PROBETAS	102
FIG. 4.58	CILINDRO CON PLATILLO Y GUÍA	102
FIG. 4.59	SISTEMA DE SUJECIÓN DE PROBETAS ENSAMBLADO	102
FIG. 4.60	SISTEMA DE PLATO PORTA PROBETAS PARTE INFERIOR	103
FIG. 4.61	SISTEMA DE FIJACIÓN DE PROBETAS PARTE SUPERIOR	103
FIG. 4.62	CILINDRO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA	104
FIG. 4.63	LLAVE UNIDA AL CILINDRO DE ALMACENADO DE AGUA	105
FIG. 4.64	PEDESTAL	105
FIG. 4.65	DISCO DE ACERO INOXIDABLE	106
FIG. 4.66	BINCHA DE SUJECIÓN DE LIJAS Y PAÑOS	106
FIG. 4.67	SISTEMA ELÉCTRICO DE LA MAQUINA PULIDORA	107
FIG. 4.68	PINTURA PARA LA BASE	107
FIG. 4.69	PINTURA EN LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA PULIDORA	108
FIG. 4.70	SISTEMA DE FIJACIÓN DE ALTURA DEL BRAZO	109
FIG. 5.1	ACOPLE DEL TORNILLO CON EL BRAZO	111
FIG. 5.2	TORNILLO MILIMÉTRICO	111
FIG. 5.3	ACOPLE DEL BRAZO	111

FIG. 5.4	POLEAS Y BANDA PARA MOVER EL PLATO PORTA LIJAS	112
FIG. 5.5	SOPORTE EN CONSTRUCCIÓN CON DOS OJOS CHINOS	113
FIG. 5.6	POLEA Y BANDA INFERIOR	113
FIG. 5.7	SOPORTE EN CONSTRUCCIÓN CON OJOS CHINOS PARA REGULAR EL AJUSTE	113
FIG. 5.8	POLEAS Y BANDA QUE VAN A DAR EL MOVIMIENTO DEL PORTA PROBETAS	114
FIG. 5.9	AJUSTE DE LA BANDA QUE DEL PORTA PROBETAS	114
FIG. 5.10	CORTE DE LAS PROBETAS DE BRONCE	115
FIG. 5.11	PROBETAS DE BRONCE	115
FIG. 5.12	CORTE DE PROBETAS DE ACERO DE TRANSMISIÓN	115
FIG. 5.13	PROBETAS DE ACERO DE TRANSMISIÓN	115
FIG. 5.14	PREMOLDES	116
FIG. 5.15	MONTAJE DE PROBETA Y EL PREMOLDE EN EL CILINDRO	117
FIG. 5.16	SELLADO DEL CILINDRO. ADENTRO ESTÁ LA PROBETA Y EL PREMOLDE.	117
FIG. 5.17	MONTAJE DEL CILINDRO EN LA PRENSA	118
FIG. 5.18	MANÓMETRO INDICADOR DE PRESIÓN	118
FIG. 5.19	APLICACIÓN DE CALOR EN EL CILINDRO	119
FIG. 5.20	ENFRIAMIENTO DEL CILINDRO	119
FIG. 5.21	DESMONTAJE DEL CILINDRO	120
FIG. 5.22	PROBETAS METALOGRAFÍCAS DE ACERO DE TRANSMISIÓN	120
FIG. 5.23	PROBETAS METALOGRAFÍCAS DE BRONCE	120
FIG. 5.24	DESBASTE TOSCO DE LA PROBETA CON LIJA 120	121
FIG. 5.25	DESBASTE INTERMEDIO Y FINO. LIJAS 240, 320, 400 Y 600	122
FIG. 5.26	PULIDO INTERMEDIO	123
FIG. 5.27	PULIDO DE LAS CUATRO PROBETAS CON LA MÁQUINA PULIDORA	124
FIG. 5.28	MÁQUINA EN TRABAJO DE DESBASTE CON CUATRO PROBETAS	124
FIG. 5.29	LIJA 120 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	125

FIG. 5.30 LIJA 120 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	125
FIG. 5.31 LIJA 120 BRONCE MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	126
FIG. 5.32 LIJA 120 BRONCE MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	126
FIG. 5.33 LIJA 320 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	127
FIG. 5.34 LIJA 320 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	127
FIG. 5.35 LIJA 320 BRONCE MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	127
FIG. 5.36 LIJA 320 BRONCE MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	128
FIG. 5.37 LIJA 400 ACERO DE TRANSMISIÓN	128
FIG. 5.38 LIJA 400 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	129
FIG. 5.39 LIJA 400 BRONCE MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	129
FIG. 5.40 LIJA 400 BRONCE MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	129
FIG. 5.41 LIJA 600 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	130
FIG. 5.42 LIJA 600 ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	130

FIG. 5.43 LIJA 600 BRONCE MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	131
FIG. 5.44 LIJA 600 BRONCE MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	131
FIG. 5.45 PAÑO CON PASTA DE DIAMANTE Y ACEITE ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	132
FIG. 5.46 PAÑO CON PASTA DE DIAMANTE Y ACEITE BRONCE MÁQUINA DE LABORATORIO	132
FIG. 5.47 PAÑO CON PASTA DE DIAMANTE Y ACEITE BRONCE MAQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	132
FIG. 5.48 PAÑO CON PASTA ALUMINA ACERO DE TRANSMISIÓN LABORATORIO	133
FIG. 5.49 PAÑO CON ALUMINA Y ACEITE ACERO DE TRANSMISIÓN MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	133
FIG. 5.50 PAÑO CON ALUMINA BRONCE MÁQUINA DE LABORATORIO DE METALURGIA	134
FIG. 5.51 PAÑO CON ALÚMINA BRONCE MÁQUINA PULIDORA METALOGRAFICA	134

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 Trabajos realizados en el Laboratorio de Metalurgia FIME	1,2,3
TABLA 1.2 Algunos de los principales equipos del laboratorio de Metalurgia FIM-E	4
TABLA 2.1 Tabla periódica de los elementos	7
TABLA 2.2 Tabla de reactivos más utilizados	22
TABLA 3.1 Matriz de decisión del sistema de ascenso y descenso	28
TABLA 3.2 Matriz de decisión de los sistemas de movimiento para el pulido	34
TABLA 3.3 Matriz de decisión del sistema de refrigeración para el pulido tosco y final	40
TABLA 3.4 Matriz de decisión de los sistemas de sujeción de probetas	46
TABLA 4.1 Partes de la máquina de pulido metalográfico	48,49
TABLA 4.2 Diámetros calculados y diámetros a ser utilizados	80
TABLA 4.2 Tabla de construcción de perillas	93
TABLA 4.3 Elaboración de chumaceras cuadradas	94,95
TABLA 6.1 Costos Misceláneos	135
TABLA 6.2 Remuneración a profesionales	136
TABLA 6.4 Costos de materiales y equipos	136, 137, 138
TABLA 6.5 Costos de diseño	138

TABLA 6.6 Otros Costos Directos	139
TABLA 6.7 Total Costos Directos	140
TABLA 6.8 Total General de Costos del Proyecto	141

NOMENCLATURA

FIM-E: Facultad de Ingeniería Mecánica

ASTM: American Society for Testing and Materials

°C: Grados Centígrados

g: Gramos

cc: Centímetros cúbicos

ml: Mililitro

FIG: Figura

M1: Sistema hidráulico

M2: Sistema neumático

M3: Sistema de brazo mecánico

R1: Sistema de engranes

R2: Sistema de mesa y motor

R3: Sistema del tipo leva

S1: Sistema de refrigeración constante

S2: Sistema de refrigeración re circulante

S3: Sistema de refrigeración manual

PP1: Sistema de refrigeración constante

PP2: Sistema de refrigeración recirculante

F1: Flecha del moto reductor

F2: Flecha del plato porta lijas

PL: Plato porta lijas

F3: Flecha para transmisión de engranes

RHT: Regulador de altura total

F4: Flecha para engrane transmitido

BM: Brazo Mecánico

F5: Flecha para porta probetas

PP: Plato porta probetas

P: Potencia

Hp: Caballos de fuerza

rpm: Revoluciones por minuto

ESPE: Escuela Politécnica del Ejercito

T: Torque
lb: Libras
plg: Pulgadas
i: Relación de transmisión
De: Diámetro del engrane
Wte: Fuerza tangencial del engrane
Wre: Fuerza radial del engrane
Wxe: Fuerza normal del engrane
 λ : Angulo de desplazamiento
 Φ_t : Angulo de presión normal
vt: Velocidad tangencial
vs: Velocidad de salida
 Φ_n : Angulo normal
 μ : Coeficiente deslizamiento tornillo sin fin
Dpol: Diámetro de la polea
Fb: Fuerza cortante
D.C.L: Diagrama e cuerpo libre
Su: Esfuerzo último
Sy: Esfuerzo a flexión
sn: Tensión por durabilidad
Dap: Diámetro aproximado
Cs: Factor de tamaño
Cr: Factor de confianza
Snn: Esfuerzo útil
M: Momento Flector
Kt: Factor de concentración de esfuerzos
N: Factor de diseño
CQ: Factor de corrección de potencia
Cl: Factor de corrección por longitud de banda
Dplato: Diámetro del plato
m: Módulo
Np: Número de dientes del piñón
Pd: Paso diametral
Dp: Diámetro de paso

F: Ancho del diente
Jp: Factor de geometría
Ka: Factor de carga
Ks: Factor de tamaño
Km: Factor de distribución de carga
Kb: Factor de espesor de corona
Kv: Factor dinámico
stp: Esfuerzo a tensión en el piñón
Jg: Factor de geometría del engrane
stg: Esfuerzo a tensión en el engrane
Kr: Confiabilidad
Kl: Factor de vida útil
sttg: Esfuerzo a tensión por flexión en el engrane
sttp: Esfuerzo a tensión por flexión en el piñón
m: metros
LMF: Laboratorio de metalurgia
RS: Recubrimiento de caucho
USD: Dólares
Cant: Cantidad
m²: Metro cuadrado
Inox: Inoxidable
lt: litro
VAN: Valor agregado neto
BNt: Beneficio neto del Flujo de periodo t.
Io: Inversión inicial
n: Número de años
i: Tasa de descuento
TIR: Tasa interna de retorno
x: Aumento del microscopio

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Planos

ANEXO B: Manual del operador

ANEXO C: Características del Reductor

ANEXO D: Documentos de apoyo

RESUMEN

El laboratorio de Metalurgia de la FIM-E cuenta con varios equipos que realizan el trabajo de pulido metalográfico. Para obtener los resultados necesarios que el pulido amerita se hace necesario utilizar varias máquinas existentes en el laboratorio lo que produce los resultados en un tiempo demasiado extenso especialmente cuando se requiere realizar la práctica para varias probetas. Es por esta razón que se justifica el diseño y construcción de un equipo que realice el mismo trabajo que realizan todas las máquinas existentes actualmente en un tiempo mas corto.

El funcionamiento de una máquina encaminada a realizar este tipo de trabajo debe ser similar a las de una máquina pulidora tomando en cuenta que para la obtención de resultados mas rápidamente se deben hacer trabajar simultáneamente dos superficies, la primera que será la encargada de almacenar las lijas y paños, y la segunda que será la encargada de almacenar de una a cuatro probetas metalográficas de las mismas dimensiones. Una de las características con las que debe contar el sistema es que permita el cambio de lijas y paños de manera fácil y brindado las seguridades necesarias que la el trabajo amerita. Y la característica principal del dispositivo de almacenamiento de probetas metalográficas es de que permita realizar el trabajo de manera lo mas paralela posible a la superficie donde van a estar apoyados los elementos desbastadores.

Una vez entendida la manera como se debe realizar el pulido se optó por la utilización de elementos transmisores de potencia como las bandas tipo V y los engranes, que a de más de ser eficientes permiten jugar con las dimensiones la máquina. El uso de un moto reductor permitió que el trabajo se simplifique pues nos brindó los parámetros básicos para el trabajo de pulido como son la velocidad de rotación del sistema y el sentido de giro de la flecha que mediante elementos transmisores moverá a otros elementos rotatorios.

El trabajo de diseño y construcción se lo realizó en un taller mecánico ubicado en Quito y que cuenta con todas las herramientas necesarias para realizar los elementos que una máquina de estas características necesita. El diseño especialmente de los elementos móviles, que son los que mas rápido se desgastan o fallan, se lo realizó con cálculos que permiten garantizar la vida útil y seguridad de estos.

Finalmente los beneficiarios de esta máquina son todas la personas en general que necesiten un estudio metalográfico, especialmente los estudiantes de la FIM-E pues cuando se haga necesario realizar el trabajo de pulido lo harán de manera más rápida y segura.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Laboratorio de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército es un departamento encargado de realizar prácticas de ensayos metalográficos y de fundición tanto para estudiantes como para personas particulares.

El Laboratorio de Metalurgia de la FIM-E está ubicado en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia San Pedro (Avenida El Progreso S/N, ESPE), Ecuador. Fue creado el 13 de Octubre de 1976 como una respuesta a las necesidades de las Fuerzas Armadas de promover su desarrollo sobre la base del conocimiento científico y tecnológico, a la vez que cooperar al progreso general del país, conforme sus objetivos institucionales.

En la tabla 1.1 se exponen las actividades realizadas por el Laboratorio y en la tabla 1.2 se muestran los principales equipos existentes en el Laboratorio.

TABLA 1.1 Trabajos realizados en el Laboratorio de Metalurgia FIME

Nº	PRÁCTICAS	DESCRIPCIÓN
1	Preparación Metalográfica	Procedimientos estandarizados para observación y análisis de micro y macro estructura en muestras metálicas bajo el microscopio óptico, con registro fotográfico
2	Conocimiento del comportamiento de los materiales de uso industrial	Identificación de las propiedades y características de los materiales de uso industrial a través de pruebas sencillas.

3	Ensayo de Chispa.	Identificación cualitativa de diferentes tipos de aceros mediante la observación del haz de chispas.
4	Ensayo de llama	Identificación cualitativa de diferentes tipos de plásticos mediante la observación de la reacción del material al calor.
5	Determinación del tamaño de grano.	Determinación del tamaño de grano en muestras metálicas mediante tres métodos: Intercepción, planimétrico y ASTM
6	Ensayos no destructivos (Tintas Penetrantes) método A3 o B3	Detección de presencia de defectos superficiales en muestras no porosas
7	Ensayos no destructivos (Partículas Magnéticas)	Detección de presencia de defectos superficiales en materiales ferromagnéticos
8	Comprobación de propiedades relevantes en materiales con estructura BCC, FCC y HC	Verificación experimental de las principales propiedades que tienen materiales metálicos con diferente estructura cristalina mediante pruebas sencillas.
9	Observación y descripción del fenómeno de cristalización	Comprobación de mecanismos de solidificación en metales, es parecido a la que se observan en sales en solución
10	Solidificación de metales puros	Influencia de la rapidez de enfriamiento con respecto al cambio microestructural y de dureza
11	Solidificación - Macroestructuras	Identificación del desarrollo de la macroestructura de una fundición durante la solidificación

12	Soldadura por Difusión	Experimentar una de las aplicaciones de la difusión , analizando las zonas afectadas por el calor en diferentes puntos de suelda
13	Soldadura por Fricción	Experimentar una de las aplicaciones de la difusión, analizando zonas afectadas por el calor.
14	Cementado	Experimentar una de las aplicaciones de la difusión, mediante el endurecimiento superficial de aceros
15	Sinterizado	Experimentar una de las aplicaciones de la difusión, mediante la obtención de muestras a partir de polvo metálico.
16	Endurecimiento por deformación	Cuantificación de la influencia de la deformación en frío en muestras metálicas de diferente estructura cristalina.
17	Recocido Total	Restauración de las propiedades que han sido modificadas cuando éstas, se han endurecido por deformación en frío
18	Microestructura en los metales trabajado en frío	Identificación de los cambios microestructurales en muestras metálicas producido por endurecimiento por deformación. Analizar la presencia de inclusiones en un acero bajo norma INEN 1482
19	Implicación del recocido a altas temperaturas	Análisis el efecto que produce el calentamiento en muestras soldadas

		calentamiento en muestras soldadas en las que previamente han sido trabajadas en frío.
20	Tratamiento Térmico de Temple y Revenido	Endurecimiento de acero mediante calentamiento y enfriamiento controlados
21	Tratamiento térmico de Normalizado	Obtención de una estructura perlítica fina en aceros
22	Curvas de penetración de dureza	Comprobar que para un acero de composición y tamaño de grano austeníticos determinados sin considerar la forma o el tamaño de la pieza ni las condiciones de temple, dondequiera que la rapidez real de enfriamiento sea la misma, la dureza debe ser la misma.
23	Ensayo Jominy	Practicar el procedimiento para medir la templabilidad de los aceros.
24	Tratamiento térmico por envejecimiento en aleaciones de aluminio	Evaluar el cambio microestructural y de dureza en muestras de aluminio, cuando éstas han sido envejecidas
25	Reconocimiento de los constituyentes de aceros al carbono	Identificar los principales constituyentes de un acero al carbono, al analizar su microestructura.

FUENTE: Documentación del Laboratorio de Metalurgia FIME

TABLA 1.2 Algunos de los principales equipos del laboratorio de Metalurgia FIME

HORNOS DE COCIDO		
		
HORNOS DE FUNDICIÓN		
		
RECIPIENTE DE ACEITE (TEMPLE)	ALMACÉN DE ARENA (MOLDES)	MAQUINA MOLDEADORA ARENA
		
DURÓMETRO	PRENSA	MICROSCOPIO
		
CORTADORA DE DISCO	PULIDORAS MANUAL Y ROTATIVA	
		

FUENTE: PROPIA

El Laboratorio brinda un servicio un tanto lento en cuanto al ensayo metalográfico de probetas metálicas puesto que la maquinaria es del tipo manual, por tanto los estudiantes egresados de la Facultad deben estar dispuestos a solucionar estos tipos de mejoras con la realización de sistemas que permitan dar perfeccionamientos a un sinnúmero de necesidades de los distintos laboratorios de la Escuela Politécnica del Ejército y así realizar un trabajo mas ágil en este caso de las probetas metálicas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el Laboratorio de Metalurgia cuenta con equipos para realizar pulidos de probetas metálicas de manera adecuada pero demorosa, con el presente proyecto se satisface la necesidad de realizar el trabajo de además de brindar servicio a los Ingenieros tanto Mecánicos como personas en general con la prestación de servicios que realiza el laboratorio.

1.3 OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL

Diseñar y Construir un sistema de pulido de probetas metálicas (Capacidad de 4 probetas por hora) para el Laboratorio de Metalurgia de la FIM-E.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un estudio teórico del trabajo de pulido metalográfico.
- Realizar un estudio de las características de los sistemas de pulido metalográfico y seleccionar las más óptimas.
- Diseñar y construir un sistema mecánico que permita realizar los movimientos adecuados que el pulido metalográfico requiere.
- Diseñar y construir un sistema que permita realizar el pulido de cuatro muestras metalográficas simultáneamente en un tiempo máximo de una hora.
- Analizar las muestras obtenidas en la máquina diseñada y compararlas con las realizadas con los equipos existentes en laboratorio.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto se encamina a Diseñar y Construir un sistema de pulido de probetas metálicas para el LABORATORIO DE METALURGIA de la FIM-E para lograr un mejoramiento del proceso de pulido en un tiempo menor al existente actualmente con las máquinas de pulido manual, lo que beneficiará a los usuarios de este equipo.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 METALOGRAFÍA

La metalografía se llama a la ciencia que estudia la relación entre la composición, estructura, las propiedades de los metales, las aleaciones y las leyes de sus cambios bajo las sollicitaciones externas: calóricas, químicas, mecánicas, electromagnéticas y radiactivas. De todos los elementos conocidos hasta hoy día más de la mitad son metales. En la figura 2.1 se muestra la tabla periódica de los elementos, en cuya parte derecha se han separado los elementos no metálicos. Tales elementos, como el Si, Ge, As, Se, Te, Sn, están considerados como elementos intermedios entre los metales y los metaloides.

TABLA. 2.1 TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS

La imagen muestra la tabla periódica de los elementos con una leyenda de clasificación por propiedades químicas. Los elementos están coloreados de acuerdo a la siguiente leyenda:

- No metales (amarillo)
- Metales alcalinotérreos (verde)
- Otros metales (azul claro)
- Actínidos (gris)
- Gases nobles (púrpura)
- Metales alcalinos (naranja)
- Metales de transición (azul oscuro)
- Halógenos (rojo)
- Lantánidos (verde claro)

Tabla periódica de los elementos

La tabla periódica de los elementos agrupa a éstos en filas y columnas según sus propiedades químicas. Los elementos aparecen ordenados por su número atómico. Haciendo clic en un elemento de la tabla obtendrá información sobre el nombre, la historia, la configuración electrónica y la masa atómica del mismo. Las masas atómicas entre paréntesis indican la masa del isótopo más estable.

Fuente: Enciclopedia Encarta 2005

Los metales en estado sólido y parcialmente en estado líquido poseen alta conductividad calórica y eléctrica, tienen un coeficiente positivo de electroresistencia térmica. Con el aumento de la temperatura la resistencia eléctrica de los metales puros crece; una gran cantidad de metales tienen superconductividad; en estos metales a una temperatura cercana al cero absoluto, la resistencia eléctrica cae a saltos hasta una magnitud muy pequeña. Además, todos los metales poseen emisión termoelectrónica, es decir, la propiedad de emitir electrones durante el calentamiento; buena capacidad reflectiva y susceptibilidad a la deformación plástica. Los metales no son transparentes y tienen un brillo metálico muy específico.

Los no metales (metaloides), por regla general, son frágiles y se caracterizan por tener una baja conductividad calórica y un coeficiente negativo de resistencia eléctrica. Todos los metales y aleaciones metálicas son cuerpos cristalinos. Los átomos (iones) están distribuidos dentro de ellos uniforme y periódicamente a diferencia de los cuerpos amorfos, en los cuales los átomos están distribuidos en forma caótica.

Los metales son cuerpos policristalinos, compuestos de una gran cantidad de cristales finos orientados (10^{-1} — 10^{-4} cm.) en diferente forma unos con respecto a otros. En dependencia de la cristalización éstos tienen forma irregular y a diferencia de los cristales de forma regular se llaman cristalitas o granos de metal.

Los metales puros¹ tienen baja resistencia y en una serie de casos no garantizan las propiedades físico-químicas y de ingeniería requeridas.

¹ La noción «metal puro» es muy convencional. Cualquier metal puro en mayor o en menor cantidad contiene impurezas y debe ser considerado como aleación. Así, por ejemplo, en el aluminio puro (99,99% de Al), además de las conocidas impurezas como el hierro, silicio, cobre, en los últimos tiempos se han encontrado cerca de 15 impurezas más en una cantidad del 0,01 al 0,0001%. La metalurgia moderna permite obtener algunos metales de súper elevada pureza (99,9999%).

Sin embargo las impurezas incluso en pequeñas cantidades (de cerca de 0,0001%) pueden ejercer una influencia esencial en las propiedades del metal. En lo sucesivo por «metal puro» consideraremos el metal que contiene

menos de 0,01—0,001% de impurezas. En todos los de más casos se entenderá el metal puro con una pequeña cantidad de impurezas (0,5—0,1%), obtenido por el método de las fábricas.

Por eso, éstos se emplean muy raramente en la técnica. Tienen un uso más amplio las aleaciones.

Las aleaciones se obtienen por fusión o sinterización ² de dos o más metales o de metales con metaloide. Ellos poseen propiedades características, propias del estado metálico. Las sustancias que forman la aleación se llaman componentes.

La aleación puede estar compuesta de dos o más componentes. Para examinar la estructura, transformaciones y propiedades de los metales y aleaciones se han introducido las nociones de "fase" y "estructura".

Se llama fase la parte homogénea del sistema (del metal o la aleación), que posee una misma composición, iguales propiedades físicas y químicas y una superficie interfásica separada de los demás partes del sistema. Por ejemplo, el metal líquido homogéneo (aleación) es un sistema monofásico. La mezcla de dos cristales distintos por su composición y estructura, separados por la superficie de interfase, o bien la presencia simultánea de aleación líquida (metal) y cristales es un sistema bifásico.

Por estructura se entiende la estructura del metal o de la aleación.

Se distinguen: **1) la macroestructura**, que es la estructura del metal o de la aleación, observada a simple vista o con un aumento insignificante (de 30 a 40 veces); **2) la microestructura**, que es la estructura del metal o de la aleación, observada con la ayuda de un microscopio a elevados aumentos. La microestructura da una idea sobre la distribución mutua de las fases, su forma y dimensiones. Se llaman componentes estructurales de la aleación las partes aisladas de la aleación, que al ser observados al microscopio poseen igual estructura con las particularidades características propias de ellas.

² Algunas aleaciones se obtienen sin fusión, es decir, sin el paso al estado líquido, cuando en estado sólido se sinterizan polvos metálicos o combinaciones químicas.

Los componentes estructurales pueden constar de una, dos o más fases. Es muy significativo, que entre la microestructura y muchas de las propiedades de la aleación existe una dependencia cualitativa. Una de las tareas fundamentales de la metalografía consiste en la determinación de las relaciones entre la estructura y las propiedades de las aleaciones metálicas.

El primero en determinar esta relación fue P. P. Anósov (1799—1851) empleando para el estudio de la estructura de los metales el microscopio. Más tarde (en 1863) el microscopio fue empleado para la investigación de la estructura de los metales por Sorbí (Inglaterra). Sin embargo, la base de la metalografía científica fue fundada por el eminente metalúrgico ruso D. K. Chernov (1839—1921), que por sus trabajos fue llamado en la literatura padre de la metalografía.

D. K. Chernov en la obra publicada en 1868, demostró, que en el acero en estado sólido durante su calentamiento (enfriamiento) hasta determinadas temperaturas (posteriormente denominadas puntos críticos) tienen lugar transformaciones estructurales (de fase), que producen cambios considerables de sus propiedades. Posteriormente, en 1878 D. K. Chernov expuso los fundamentos de la teoría moderna de la cristalización de los metales. Estos y sus trabajos posteriores crearon el fundamento de la metalografía moderna y del tratamiento térmico del acero. La continuación de los trabajos de D. K. Chernov fueron las investigaciones de un gran grupo de científicos: N. V. Gutovski, A. A. Rzheshotarski, N. P. Chizhevski, A. A. Baikov (Rusia), F. Osmond (Francia), R. Austen (Inglaterra), B. Rozebom (Holanda), P. Gerens (Alemania) y otros.

A comienzos del siglo XX un gran papel en el desarrollo de la metalografía desempeñaron los trabajos de N. S. Kurnakov, que empleó para la investigación de los metales el método de análisis físico-químico (eléctrico, dilatométrico, magnético y otros).

El amplio empleo de los métodos de análisis estructural por rayos X permitió determinar la estructura cristalina de las aleaciones metálicas y de las fases

y estudiar las variaciones de ésta en dependencia del tratamiento de la aleación. Estas investigaciones importantes fueron realizadas por M. Laue y P. Debye (Alemania), G. V. Vulf (URSS), U. G. Bragg y U. L. Bragg (Inglaterra), A. Westgren, B. Frøman (Suecia) y otros. Desde 1928 — 1930 se empezó a darle gran importancia a la cinética de las transformaciones de fase, es decir, al estudio de las transformaciones de fase durante el proceso de su transcurso. Esto permitió establecer el mecanismo de las transformaciones y elaborar la teoría y los problemas prácticos del tratamiento térmico del acero, duraluminio y de serie de aleaciones de importancia en el sentido técnico. En esta orientación fueron realizadas investigaciones por S. S. Steinberg (URSS), E. Bain y R. Mili (USA), Weler (Alemania).

Un gran significado en el desarrollo de la metalografía y del tratamiento térmico tuvieron los trabajos de G. V. Kurdiumov, A. A. Bochvar, N. A. Minkévich, N. T. Gudtsov (URSS), Hume - Rothery y N. Mott (Inglaterra), F. Zeits (USA) y otros.

En los últimos años se crearon nuevos tipos de tratamiento térmico y químico-térmico del acero, se han elaborado los fundamentos de la aleación del acero, se introdujeron nuevos aceros y aleaciones de alta resistencia, resistentes a la corrosión, refractarios, como también aleaciones a base de aluminio, titanio y otros metales. En relación con el desarrollo de la técnica del electro vacío, la electrónica de semiconductores, la producción de energía atómica, un amplio empleo en la técnica han obtenido los metales raros y sus aleaciones.

La composición de fase y la estructura del acero en las condiciones de equilibrio se dan inmediatamente después de la descripción del diagrama de estado hierro - carbono. El examen de las transformaciones de fase en las aleaciones Fe-C (transformación perlítica e intermedia de la austenita sobre enfriada, de la transformación martensítica, de la transformación durante el revenido, etc.) se dan también considerando la influencia de los elementos de aleación.

Semejante exposición del curso es mucho más correcto en el sentido metodológico, puesto que permitió examinar en forma más detallada la tecnología del tratamiento térmico del acero: recocido isotérmico y temple, tratamiento a temperatura bajo cero, tratamiento termomecánico y muchos otros. Además, esto dio la posibilidad de evitar las repeticiones, inevitables cuando se separa el material sobre la influencia de los elementos de aleación en las propiedades y estructura del acero en un capítulo independiente, después de examinar la teoría y tecnología del tratamiento térmico.

2.2 SECUENCIA COMPLETA PARA LA PREPARACIÓN DE UNA MUESTRA METALGRÁFICA.

Sin duda alguna, la parte más importante de la metalografía es el examen microscópico de una probeta adecuadamente preparada, empleando aumentos que, con el microscopio óptico, oscilan entre 100 y 2000 aumentos, aproximadamente. Tales estudios microscópicos, en manos de un metalógrafo experimentado, proporcionan una abundante información sobre la constitución del metal o aleación investigados. Mediante ellos se pueden definir características estructurales, como el tamaño de grano, con toda claridad; se puede conocer el tamaño, forma y distribución de las fases que comprenden la aleación y de las inclusiones no metálicas, así como la presencia de segregaciones y otras heterogeneidades que tan profundamente pueden modificar las propiedades mecánicas y el comportamiento general de un metal. Cuando el examen microscópico ha permitido la determinación de estas y otras características constitucionales, es posible predecir con gran seguridad el comportamiento del metal cuando se le utilice para un fin específico. Importancia parecida tiene el hecho de que, con ciertas limitaciones, la microestructura refleja casi la historia completa del tratamiento mecánico y térmico que ha sufrido el material.

La experiencia demuestra que poco a nada se puede obtener del examen microscópico si antes no se prepara la probeta, para obtener una superficie satisfactoria, con arreglo a normas más o menos rígidas y precisas. Una

preparación defectuosa puede arrancar todas las inclusiones interesantes, destruir los bordes de grano, revenir un acero templado y, en resumen, originar una estructura, por lo menos en la superficie, que no guarda ninguna relación con la verdaderamente representativa y característica del metal. Esta claro que el examen de una tal superficie dará lugar a interpretaciones erróneas y a conclusiones inadmisibles.

La preparación de la probeta consiste, en general, en obtener primero una superficie plana y semipulida, mediante el empleo de papeles de esmeril de finura de grano creciente o realizando este desbaste con discos adecuados sobre los que se deposita un abrasivo, terminando con un pulido fino y final sobre discos provistos de paños. El final de la operación es la obtención de una superficie especular que es la requerida para, después, efectuar el ataque y observar adecuadamente la estructura.

Uno de los factores más esenciales que influyen sobre la técnica de la preparación de probetas es el cuidado con que se las maneja en todas las fases de operación. De igual importancia es el trabajar con limpieza, por que una partícula del esmeril o de una materia extraña puede inutilizar una probeta que sin ello estaría perfectamente pulida. A intervalos frecuentes, durante el transcurso de la preparación, tanto la probeta como las manos del laborante deben lavarse con agua y jabón. Tal operación de limpieza es necesaria para evitar que la superficie se raye a causa de los deterioros del papel de esmeril y es en particular indispensable cuando se pasa de un papel a otro más fino.

2.2.1 SELECCIÓN DE MUESTRAS

La elección de la muestra que ha de ser examinada al microscopio es de gran importancia, ya que ha de lograrse una probeta representativa del material a examinar; por desgracia, no se le suele dar toda la importancia que merece. Las probetas seleccionadas deben ser características del metal estudiado y servir para el fin a que se dirige tal estudio; por ejemplo, si se ha roto durante el servicio una pieza y el objeto del estudio metalográfico es determinar las causas de la rotura, la probeta debe seleccionarse y obtenerse de aquella región particular de la fractura

que pueda dar el máximo de información. Para poder hacer comparaciones, una probeta de esta naturaleza debe complementarse con otra tomada en una sección normal y sana de la pieza en cuestión. El examen de ambos tipos de probeta es deseable por que las inclusiones y otras características pueden no observarse satisfactoriamente sobre probetas tomadas en una sola de estas direcciones.

2.2.2 CORTE

Si la sección que ha de ser observada y ha de tomarse como probeta es relativamente blanda, la separación puede hacerse mediante una sierra mecánica o manual. Cuando las aleaciones son frágiles, como ocurre con las fundiciones y algunos bronceos ricos en estaño, se puede romper la pieza con un martillo y seleccionar un fragmento adecuado como probeta.



FIG. 2.1 DISCOS DE CORTE PARA PROBETAS DE MATERIAL DURO³

Las probetas de materiales duros, que no se pueden serrar con facilidad, tales como aceros templados y las aleaciones no férreas endurecidas por envejecimiento, se pueden cortar con seguridad empleando discos abrasivos. Tales disco son generalmente delgados y son un conglomerado de un abrasivo adecuado, tal como esmeril, carborundo o polvo de diamante. El enfriamiento se logra manteniendo la probeta totalmente sumergida en agua u otros líquidos refrigerantes, o proyectando sobre ella una corriente ininterrumpida del líquido de refrigeración y precisamente en la región que se corta.

³Tomado de Kehl, George: Fundamentos de la práctica metalográfica

Si no se elige cuidadosamente el disco de corte y no se enfría suficientemente la probeta durante el corte, se altera radicalmente la estructura original, por lo menos en la superficie obtenida por el corte, como consecuencia del calor desarrollado por el frotamiento.

Siempre que sea posible, las probetas deben tener un tamaño conveniente y cómodo de manejar. Las probetas de superficie muy grande pueden requerir tiempos de pulido excesivamente largos, mientras las demasiado pequeñas tienden a redondearse durante el desbaste, obteniéndose superficies preparadas curvas con los bordes estropeados. Las probetas pequeñas deben montarse, como se describe mas adelante.

2.2.3 MONTAJE DE PROBETAS METALGRÁFICAS

Cuando las probetas metalográficas son pequeñas o de una forma que no permite un manejo fácil en las operaciones de desbaste y pulido, como ocurre, por ejemplo con virutas, alambres, varillas y tubos pequeños, chapas, secciones delgadas, etc. Es necesario montarlas en un material adecuado para hacer posible la preparación.



FIG. 2.2 MATERIALES ESPECIALES PARA EL MONTAJE DE PROBETAS⁴

⁴ Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey www.mty.itesm.mx

2.2.3.1 Montajes Fusibles

Existen muchos materiales fusibles que son adecuados, con algunas limitaciones, para el montaje de probetas metalográficas, tales como el azufre, el lacre, los plásticos dentales y las aleaciones de bajo punto de fusión. Los puntos de fusión de estos materiales difieren mucho, y debe seleccionarse el necesario para que el calentamiento requerido no altere la estructura de la probeta.

2.2.3.2 Montaje En Plásticos Sintéticos

El montaje de las probetas pequeñas en materiales plásticos sintéticos, como la bakelita, lucita, etc., es uno de los métodos más satisfactorios que se emplean hoy para facilitar el manejo de tales probetas. La manipulación es sencilla; pero como es preciso aplicar calor y presión simultáneamente, se requiere una prensa montadora especial.



FIG. 2.3 PLÁSTICOS SINTÉTICOS PARA EL MONTAJE DE PROBETAS⁵

2.2.3.2.1 Resinas termoendurecibles.

Los plásticos termoendurecibles como la bakelita y los compuestos de anilina y formaldehídos, son los más populares entre los empleados para montar probetas metalográficas. Los polvos de moldeo de bakelita se encuentran en el comercio en gran variedad de colores, y esta circunstancia es de interés, por que simplifica la identificación y archivo de las probetas.

⁵ Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey www.mty.itesm.mx

Los plásticos termoendurecibles, a diferencia de las resinas termoplásticas, endurecen durante el moldeo a la temperatura y presión adecuada por que sufren un cambio químico. El estado más duro adquirido ya no se altera por la temperatura, aun que esta se aproxime a la que pueda causar la carbonización de la resina. Para la mayoría de los polvos de moldeo de bakelita, la temperatura máxima requerida para el endurecimiento es de 135 a 150 °C, juntamente con una presión de 2500 a 3500 libras por pulgada cuadrada.

2.2.3.2.2 Resinas termoplásticas.

Las resinas de este tipo, tales como el poliestireno, compuestos de metacrilato de metilo (lucite) y materiales a base de celulosa, tienen la propiedad de ser claras y transparentes como el cristal si se las moldea correctamente.

Las resinas termoplásticas no endurecen durante el moldeo, si no que, por el contrario, se reblandecen y fluyen cada vez que se les aplica una combinación adecuada de temperatura y presión. El montaje se realiza satisfactoriamente moldeando a una presión de 2500 a 3500 libras por pulgada cuadrada y a temperaturas de 140 a 165 °C.

2.2.4 PULIDO MECÁNICO

Consiste en una serie de procedimientos que permiten obtener una probeta metálica plenamente preparada para su estudio metalográfico.

2.2.4.1 Desbaste Tosco

La superficie que haya de observarse se debe de hacer primero plana mediante un desbaste grosero. Cuando el área es grande, se puede terminar en un tiempo muy corto si se le gira ligeramente mientras se desbasta. Ni durante el desbaste grosero, ni durante los posteriores, intermedio y final, se debe aplicar la probeta contra el medio abrasivo con presión demasiado grande. La presión excesiva no sólo produce rayas muy profundas, difíciles de eliminar después, sino que también

distorsiona intensamente el metal de la superficie de la probeta. La distorsión del metal superficial no se puede evitar enteramente, pero se puede aminorar mucho mediante técnicas adecuadas de desbaste y pulido; la presión de contacto en las operaciones citadas debe mantenerse baja, y en todo caso, el metal distorsionado se elimina mediante varios ciclos de pulido y ataque. Biselando los bordes de la probeta durante el desgaste grosero se evitan roturas y desgarrones de papeles y paños en las operaciones posteriores. Cuando la superficie es completamente plana y se han eliminado sus irregularidades, se da por terminado el desbaste grosero.

Posteriormente el papel de esmeril se coloca sobre una placa o sobre cualquier superficie bien plana y limpia. La probeta se mueve longitudinalmente de un lado a otro del papel comprimiéndola con una presión suave; la dirección del movimiento se mantiene constante, para que todas las rayas producidas sean paralelas. El final de la operación sobre un papel está determinado por la desaparición de las rayas producidas por el desbaste grosero o el papel anterior, y para poder reconocerlo fácilmente se opera en forma que las nuevas rayas sean perpendiculares a las anteriores; así es más fácil ver cuándo estas nuevas rayas sustituyen totalmente a las anteriores más gruesas.

Para desbastar muchas probetas de aleaciones tratadas térmicamente, y en particular muchos de los metales blandos, es conveniente impregnar los papeles de esmeril con un lubricante adecuado. Para este fin se han puesto muchos líquidos, tales como aceites, gasolina, soluciones de parafina en queroseno, jabones líquidos, glicerina, y mezclas de glicerina y agua.

Estos lubricantes disminuyen la fluencia superficial de los metales blandos y evitan la modificación estructural superficial de las tratadas térmicamente, al actuar como refrigerantes, mejorándose los resultados que se obtendrían desbastando en seco.

2.2.4.2 Desbaste Fino

El desbaste final o fino se realiza de la misma forma que el desbaste intermedio, pasando del papel de esmeril empleado al número 00; en general se utilizan dos

papeles, que son el número 00 y el 000. Cada vez que se cambia de papel se opera en la forma descrita anteriormente, a fin de obtener rayas nuevas perpendiculares a las anteriores. Cuando la observación visual demuestra que sólo existen las rayas producidas por el último papel empleado y se han eliminado totalmente las anteriores, la probeta esta en condiciones de ser pulida.

2.2.4.3 Pulido Tosco

El objetivo es hacer desaparecer las rayas finas producidas en la última operación de desbaste. El disco de la pulidora empleado en esta operación se cubre, generalmente, con paño de lana, paño de billar o una lona de poco peso, y se le hace girar a unas 400 a 500 rpm. Como abrasivo se emplea pasta de diamante más aceite, o productos equivalentes.

Para realizar un pulido preliminar se mantiene la probeta desbastada, firmemente, sobre el disco que gira, y durante la operación se mueve continuamente desde el centro al borde del disco, y a la inversa. Si es necesario, se añade de cuando en cuando suspensión del abrasivo, que contengan unos 15g por cada 100cc de agua o aceite. Si la cantidad de abrasivo que hay sobre el disco es suficiente, pero se seca el paño, se añade agua clara en la cantidad necesaria.

Para que la operación vaya bien es necesario observar con cuidado la humedad del paño. Si se humedece demasiado, la acción pulidora del combinado paño-abrasivo se retarda mucho, y si se seca en exceso, la probeta se mancha.

El pulido preliminar dura de unos 2 a 5 minutos, y al terminarse, se lava bien la probeta con agua corriente, se la enjuaga con un poco para quitar todos los detritos y el abrasivo adherido, y se le humedece con alcohol etílico o alcohol isopropílico, secándola después en aire caliente.

Las probetas bien preparadas, después del desbaste y el pulido preliminar, muestran solamente las rayas características de la pasta de diamante.

2.2.4.3.1 Pasta De Diamante

El abrasivo que más se aproxima al ideal es el polvo de diamante no adulterado y bien clasificado. Se ha empleado mucho en el pasado para preparar probetas de aleaciones muy duras, tales como carburos sinterizados de wolframio o boro y recientemente se ha extendido su uso, con gran éxito, para el pulido de las aleaciones y metales más comunes.

2.2.4.4 Pulido Fino

Esta operación tiene por finalidad eliminar las rayas producidas en el pulido preliminar y dar lugar, por último, a una superficie pulida uniformemente y libre de rayas. Según el metal o aleación que se pule, se emplea uno de los abrasivos citados anteriormente – alúmina levigada, óxido de magnesio, óxido crómico. Para la mayoría de las probetas metalográficas, la alúmina levigada da un resultado magnífico y se reconoce por todos como el abrasivo de empleo más universal en el pulido final.

Durante el pulido se aplica a la probeta una presión moderada y se la mueve continuamente del centro a la periferia del disco. Eventualmente, y en particular al final de la operación, se gira la probeta en sentido contrario al de la rotación del disco. Esta operación modifica continuamente la dirección del pulido y evita la formación de colas de cometa. Tales formaciones son inevitables cuando se pule en una sola dirección, por que se arrancan más o menos las inclusiones, se abrasiona el metal adyacente y aparecen picaduras y huecos dejados por dichas inclusiones. Para evitar la distorsión del metal, se debe suspender el pulido fino en cuanto las rayas ya no son observables a 100 aumentos, no apareciendo tampoco colas de cometa. Si persisten las rayas finas, se puede continuar el pulido final; es, sin embargo, más probable que se obtengan resultados mejores repitiendo el pulido preliminar antes de terminar el pulido final. La probeta pulida puede atacarse inmediatamente después o se puede guardar para usarla más tarde y examinarla

sin ataque. En cualquier caso, la superficie de la probeta debe protegerse de la oxidación y otros efectos perjudiciales atmosféricos.

2.2.4.4.1 Alúmina

La alúmina (óxido de aluminio) es, probablemente, el abrasivo más satisfactorio y universal desde el punto de vista metalográfico. El comercio lo proporciona en forma de pastas o suspensiones acuosas.

La alúmina existe en tres formas cristalográficas distintas: alfa, beta y gamma. De ellas, la alfa y la gamma son las más empleadas como abrasivos. Algunos tipos de polvo seco de alúmina, aunque se adquieren como levigados, es preciso volver a levigarlos para obtener la debida finura y uniformidad de las partículas. La levigación consiste, sencillamente, en suspender una cantidad pequeña de alúmina en agua limpia, empleando un vaso alto adecuado.

2.2.5 ATAQUE QUÍMICO

Ahora se estudia el ataque necesario para hacer visibles las características estructurales, discutiendo los principios en que se basa y las técnicas por las que se lleva acabo. Una probeta no atacada revela pocos o ningún detalle estructural, a pesar de lo cual es de gran interés porque permite observar detalles que ya son visibles tales como los defectos superficiales y las inclusiones no metálicas.

El objeto de mayoría de las investigaciones metalográficas es determinar las características estructurales verdaderas de la probeta, es necesario que los diferentes constituyentes estructurales queden delineados con precisión y claridad. **Esto se logra sometiendo a la probeta a la acción química de un reactivo apropiado en unas condiciones cuidadosamente controladas.**



FIG. 2.4 ATAQUE DE UNA PROBETA CON EL QUÍMICO ADECUADO⁶

En las aleaciones compuestas de varias fases los constituyentes se hacen visibles por el ataque diferencial o el manchado de uno o varios de dichos constituyentes, como consecuencia, principalmente de las diferencias de composición química, que traen consigo diferencias en las velocidades de disolución.

TABLA 2.2 TABLA DE LOS REACTIVOS MAS UTILIZADOS PARA DISTINTOS METALES

Reactivos de ataque para examen microscopico			
Reactivo de ataque	Composición		Usos
Acido Nítrico (Nital)	Acido Nítrico	5 cc	Aceros y hierros
	Alcohol etílico	95 cc	
Acido Pírico (Picral)	Acido pírico	4gm	Aceros de baja aleación
	Alcohol etílico	100 ml	
Cloruro férrico y ácido hidroclicóric	Cloruro férrico	5gm	Aceros asuteníticos al níquel y aceros inoxidables
	ácido hídroclicóric	50 ml	
	agua	100 ml	
Persulfato de amonio	Persulfato de amonio	10 gm	Cobre, laton, borncé alumínico, níquel, plata
	Agua	90 ml	
Acido hidroflicóric	Acido hidroflicóric	0.5 ml	Aluminio y sus aleaciones
	Agua	99.5 ml	

FUENTE: Kehl, George: Fundamentos de la práctica Metalogáfica

⁶Tomado de la página de Internet del Instituto Tecnológico de Monterrey www.mty.itesm.mx

2.2.6 ANÁLISIS MICROSCÓPICO

Una vez obtenida una muestra del metal a observarse como un brillo similar al de un espejo se procede a la colocación sobre un microscopio que permitirá realizar el acercamiento ideal para el estudio de las distintas estructuras granulares que poseen los distintos metales. Este estudio permitirá conocer si los elementos con los que cuenta un metal puro o una aleación son los de acuerdo a las necesidades se requiera para efectuar cualquier tipo de trabajo.



FIG. 2.5 Microscopio electrónico para el análisis de probetas metalográficas (LM FIME)

CAPITULO 3

ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En cada uno de los elementos que van a estar presentes en la máquina pulidora se van a tener en cuenta las siguientes características que influyen en el diseño de un sistema: costo, espacio ocupado, construcción, mantenimiento, vida útil y facilidad de movimiento.

3.1 ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE ASCENSO Y DESCENSO DE PROBETAS

3.1.1 TIPOS DE SISTEMAS DE ASCENSO Y DESCENSO

3.1.1.1 Sistema Hidráulico.

El movimiento va a ser originado por una bomba hidráulica que al ser cargada descenderá y al ser descargada ascenderá hasta su posición original. (Fig. 3.1.) logrando así el desplazamiento deseado para el plato donde posteriormente se colocará el porta probetas.

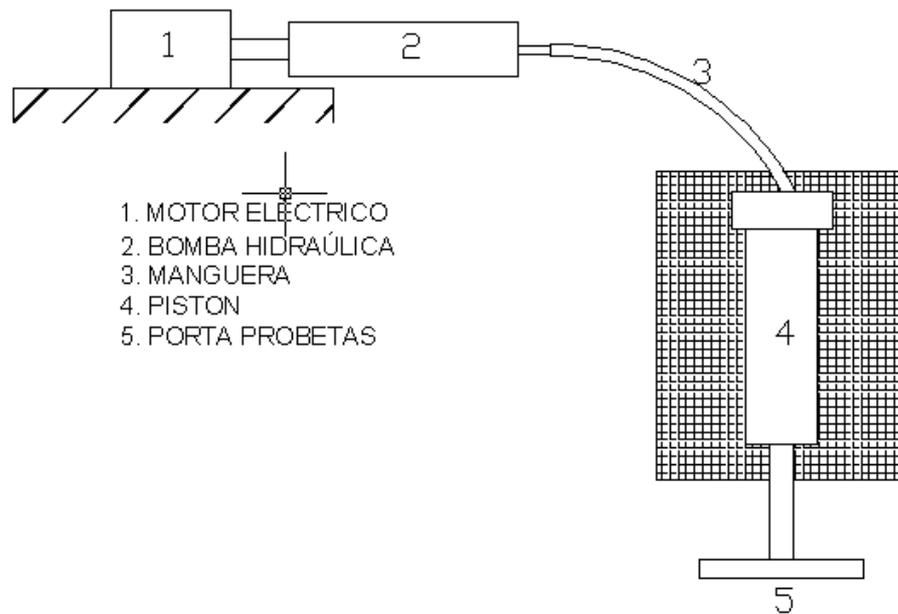


FIG. 3.1 ESQUEMA DE UN SISTEMA DE MOVIMIENTO HIDRÁULICO

3.1.1.2 Sistema Neumático.

El movimiento es realizado por una bomba neumática que aprovecha una toma de aire del compresor del laboratorio de Metalurgia de la FIME como se muestra en la FIG. 3.2.

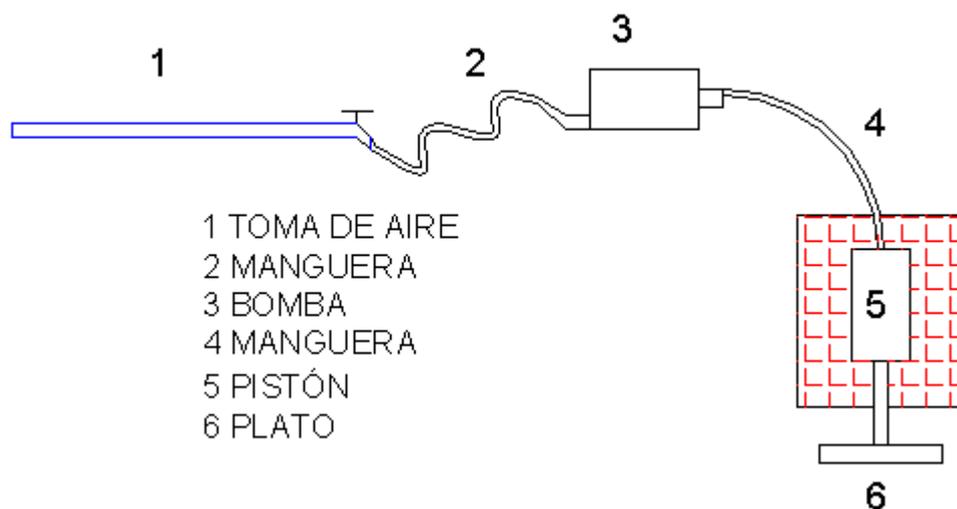


FIG. 3.2 SISTEMA DE MOVIMIENTO NEUMÁTICO

3.1.1.3 Sistema de movimiento mediante brazo mecánico.

El movimiento va a ser realizado por el ensamble de un conjunto de eslabones (placas) donde estarán sujetos el resto de sistemas que permitan el movimiento de las probetas como se muestra en la FIG. 3.3.

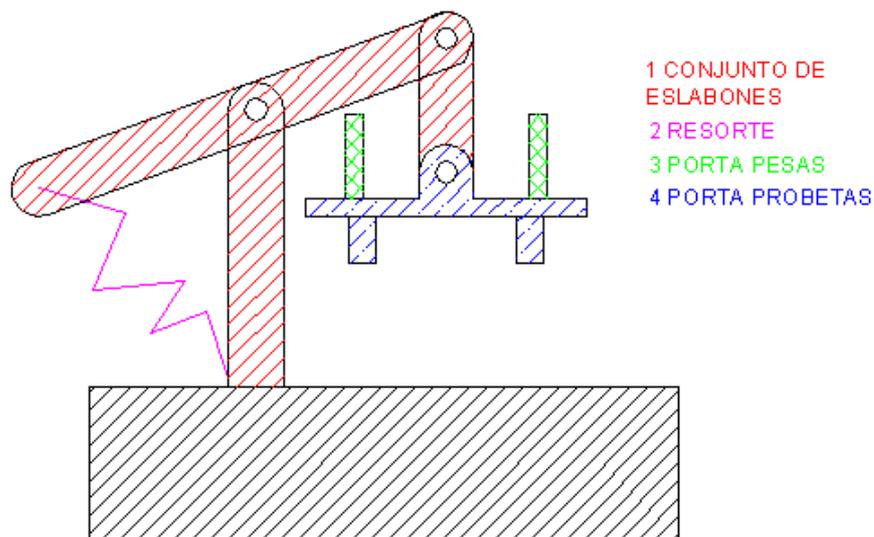


FIG. 3.3 SISTEMA DE MOVIMIENTO MEDIANTE BRAZO MECÁNICO

3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE ASCENSO Y DESCENSO.

3.1.2.1 Sistema Hidráulico

El pistón y la bomba hidráulicos que accionan este sistema encarecen notablemente el costo de la máquina pulidora.

El uso de un sistema de estas características ocupará mayor cantidad de espacio que los otros sistemas.

El ensamble de todas las piezas se torna sencillo a su vez puesto que los materiales ya se encuentran disponibles en el mercado.

El mantenimiento del sistema debe ser frecuente puesto que el uso de aceite (fugas de aceite) y de un motor así lo requieren para su correcto funcionamiento.

El sistema va a tener un correcto funcionamiento por un largo periodo pues los elementos del sistema son robustos y con un correcto mantenimiento no van a fallar.

La facilidad de ascenso y descenso es buena puesto que el trabajo va a ser realizado únicamente por la bomba hidráulica.

3.1.2.2 Sistema Neumático

El pistón y la bomba neumáticos que accionan este sistema encarecen el costo de la máquina pulidora.

Se necesita menor espacio que el anterior sistema debido al uso de aire en este sistema puesto que se aprovecharía las instalaciones neumáticas con las que cuenta el laboratorio.

El ensamble de todas las piezas se torna sencillo puesto que los materiales ya se encuentran disponibles en el mercado.

El mantenimiento del sistema es casi nulo por el uso de aire en este sistema.

El sistema va a tener un funcionamiento apropiado por un largo tiempo debido a la gran variedad de bombas eficaces existentes en el mercado.

La facilidad de movimiento del sistema es adecuado puesto que el trabajo es realizado únicamente por la bomba.

3.1.2.3 Sistema de brazo mecánico

El uso de este sistema en comparación a los anteriores abarataría la construcción de la máquina pulidora

El uso de espacio es reducido debido al utilización de pequeños eslabones que pueden realizar el movimiento.

El ensamble se torna sencillo teniendo un diseño correcto de cada una de sus partes.

El mantenimiento de este sistema es más frecuente debido a la existencia de mayor cantidad de piezas móviles.

La vida útil de este sistema es apropiada debida básicamente al uso de materiales de buena calidad.

El movimiento de este sistema es eficaz así como el de los anteriores sistemas.

3.1.3 MATRIZ DE DECISIÓN

Codificación:

Sistema Hidráulico M1

Sistema Neumático M2

Sistema de Brazo Mecánico M3

Ponderación:

Bajo: 5

Medio bajo: 4

Medio: 3

Medio alto: 2

Alto: 1

TABLA 3.1 Matriz de decisión del sistema de ascenso y descenso

	M1	M2	M3
Costo	1	2	4
Espacio Ocupado	2	3	4
Construcción	4	4	3
Mantenimiento	4	5	4
Vida útil	4	4	4
Facilidad de movimiento	4	4	4
	19	22	23

FUENTE: Propia

De acuerdo a la sumatoria el sistema mas adecuado es el brazo mecánico especialmente por su facilidad de construcción, su mantenimiento y su vida útil.

3.2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PULIDO

3.2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE MOVIMIENTO

El sistema de movimiento de la máquina es el que permitirá que el pulido de las probetas metálicas no sea puntual puesto que si fuera de esta forma el pulido no sería el adecuado y se formarían rajaduras como se muestran en la figuras 3.4 y 3.5.



FIG.3.4 RAJADURAS PUNTUALES

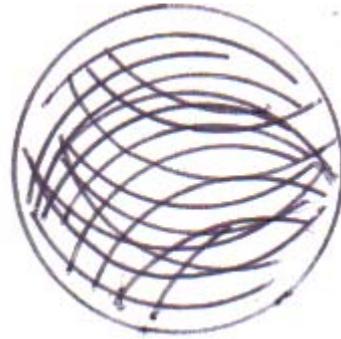


FIG.3.5 RAJADURAS PUNTUALES CONCÉNTRICAS

Este sistema permitirá que tanto la lija como las probetas tengan un movimiento armónico lo que permitirá el trabajo conjunto del abrasivo y de la lija sobre toda la superficie de la probeta metálica.

3.2.1.1 Sistema de movimiento mediante engranes y bandas.

Este sistema utilizará un motor en el cual se acoplará una serie de bandas y engranes los que permitirá realizar el movimiento apropiado del brazo y el plato porta lijas simultáneamente, como se muestra en la Fig. (3.4)

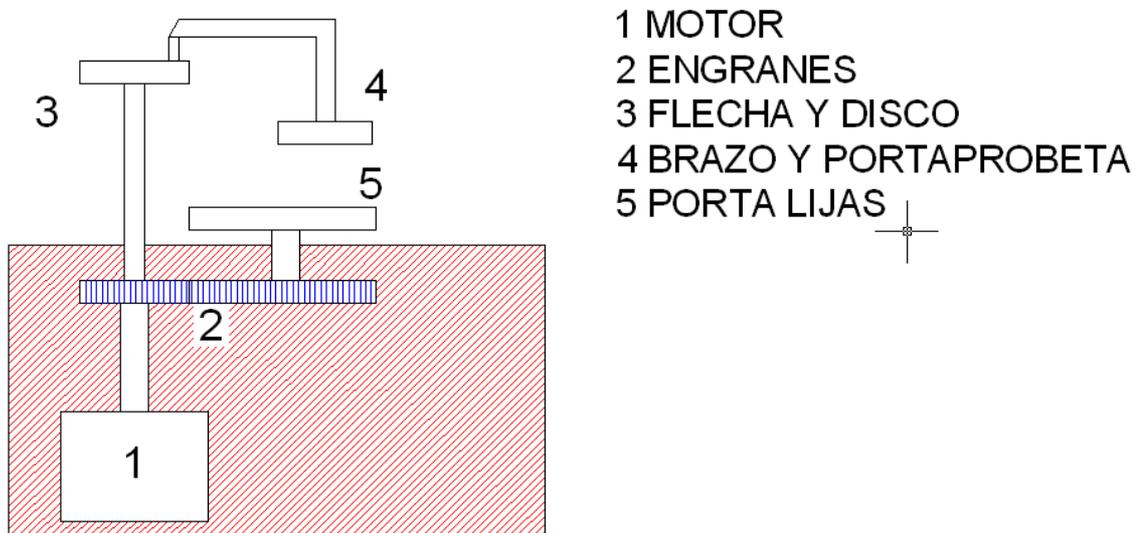


FIG. 3.6 SISTEMA DE MOVIMIENTO MEDIANTE ENGRANES

3.2.1.2 Sistema de movimiento mediante mesa y motor.

Este sistema consta de una plataforma con un movimiento del tipo vaivén, encima de esta se encuentra el motor que es el encargado de dar el movimiento rotatorio a la lija. Todo este conjunto va a generar un movimiento adecuado para el pulido de las probetas metálicas FIG. 3.7 y FIG. 3.8.

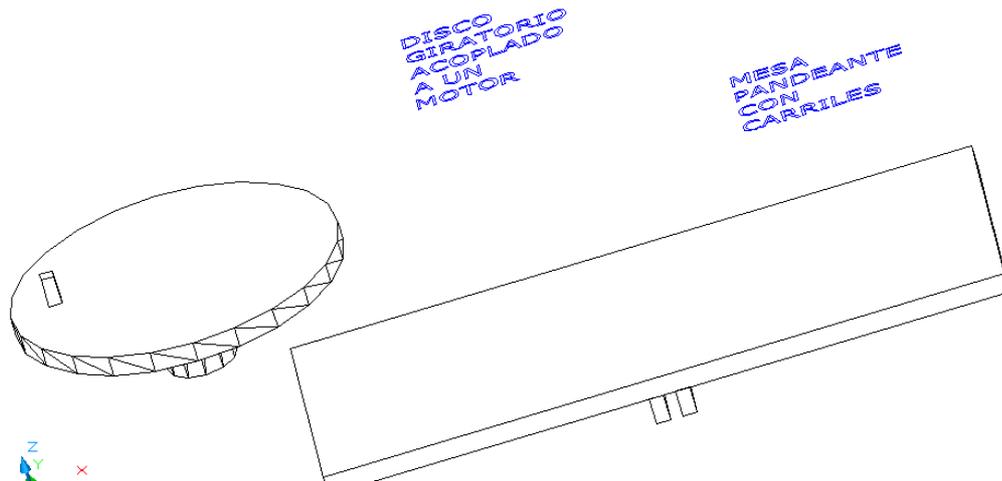


FIG. 3.7 ESQUEMA DEL SISTEMA DE DISCO PARA UNA MESA CON MOVIMIENTO VAIVÉN

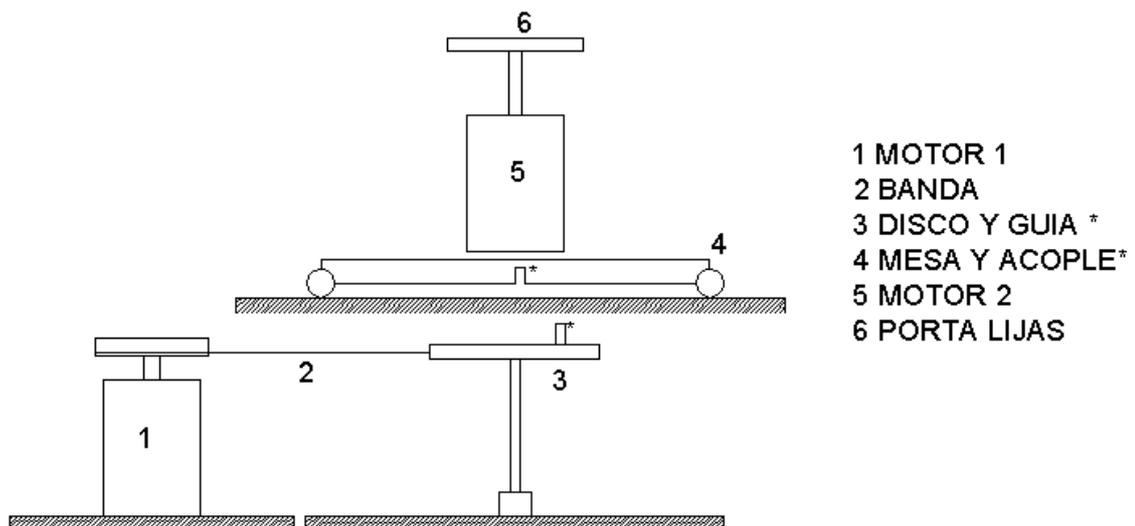


FIG. 3.8 SISTEMA DE MESA Y MOTOR CON TODAS SUS PARTES

3.2.1.3 Sistema de movimiento por medio de leva.

Al igual que el anterior sistema este va a constar de una plataforma en donde va a ir apoyado un motor que es el encargado de dar el movimiento a la lija. La plataforma tiene una leva que mediante el uso de otro motor darán el movimiento adecuado para el pulido FIG. 3.9.

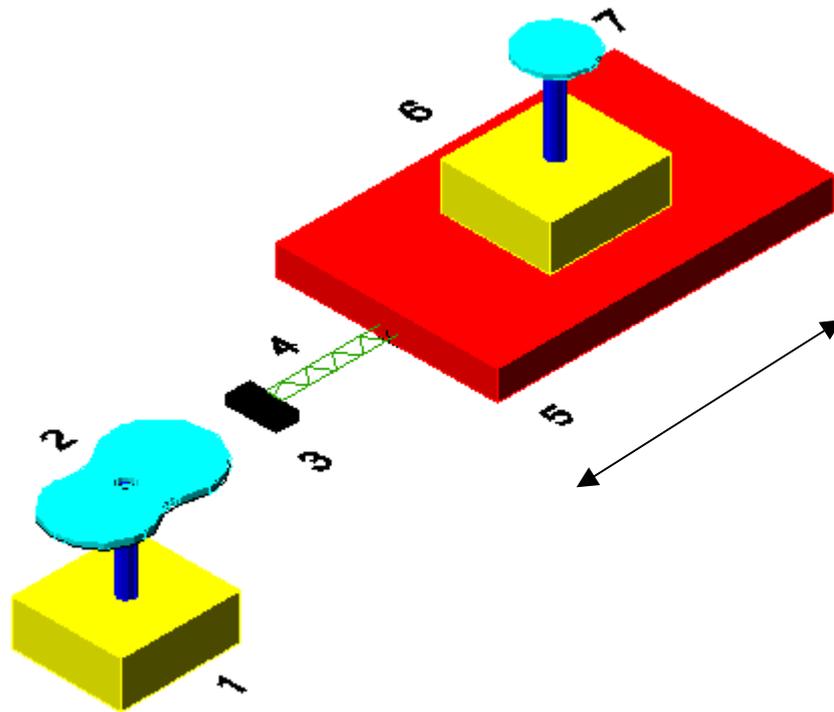


FIG. 3.9. SISTEMA DE MOVIMIENTO POR LEVA

- 1 MOTOR DE LA LEVA
- 2 LEVA
- 3 SEGUIDOR
- 4 RESORTE
- 5 MESA
- 6 MOTOR LIJA
- 7 LIJA

3.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE MOVIMIENTO

3.2.2.1 Sistema de movimiento mediante engranes

Este sistema requiere de un solo motor y de un conjunto de engranes que permitirán alcanzar el movimiento deseado, por lo que su costo es módico.

La construcción del sistema se torna sencilla debido a la utilización de elementos transmisores de movimiento existentes en el mercado

La unión de todas las piezas es relativamente sencilla en comparación con los sistemas posteriores.

El mantenimiento debe ser frecuente debido a la existencia de elementos móviles, además de suciedad o restos metálicos que se producirían en las prácticas deben ser continuamente retiradas.

El espacio es reducido debido al ajuste adecuado que debe existir en cada una de las partes.

El sistema es confiable ya que la mayoría de maquinas pulidoras consta con este tipo de transmisiones.

El sistema puede ser acoplado perfectamente al resto de los sistemas.

3.2.2.2 Sistema de movimiento mediante mesa y motor.

El sistema de mesa y motor necesita de dos motores uno para el movimiento de la mesa y otro para el movimiento del disco de pulido lo que encarece de manera notable los costos.

En comparación con el primer sistema existe mayor cantidad de partes por lo que la construcción se vería afectada en el factor tiempo, además necesita de un diseño mucho más exacto.

La instalación se vuelve sencilla si se encuentran las partes bien manufacturadas.

El mantenimiento debe ser frecuente debido a la gran cantidad de piezas móviles con las que va a constar el sistema.

El espacio va a ser amplio debido a la existencia de una mesa que necesita de rieles para efectuar su trabajo, además el uso de un motor extra requiere también de más área.

El sistema es confiable puesto que está diseñado para realizar el trabajo de pulido que es lo que interesa.

El sistema puede ser acoplado con el resto del equipo de manera adecuada.

3.2.2.3 Sistema de movimiento mediante leva.

El sistema de movimiento por medio de leva necesita de un motor extra para dar el movimiento de pulido requerido lo que encarece los costos.

La manufacturación de una leva de acero es complicada aunque el resto de partes ya se las puede encontrar hechas.

La instalación se vuelve sencilla si se encuentran las partes bien manufacturadas.

El mantenimiento debe ser frecuente debido a la gran cantidad de piezas móviles con las que va a constar el sistema.

El espacio ocupado por el sistema va a ser menor al anterior puesto que la leva ocupa menos espacio que una banda.

El sistema es menos confiable puesto que el uso de un resorte y una leva no siempre es eficaz por largos lapsos de tiempo.

El sistema se puede adaptar al resto de sistemas de manera adecuada.

3.2.3 MATRIZ DE DECISIÓN

Codificación:

Sistema de engranes R1

Sistema de mesa y motor R2

Sistema del tipo leva R3

Ponderación:

Bajo: 5

Medio bajo: 4

Medio: 3

Medio alto: 2

Alto: 1

TABLA 3.2 Matriz de decisión de los sistemas de movimiento para el pulido.

	R1	R2	R3
Costo	3	2	2
Facilidad de construcción	3	4	3
Facilidad de Instalación	5	4	3
Mantenimiento	4	3	3
Espacio	4	2	2
Fiabilidad	5	4	3
Adaptación con el sistema	4	4	4
	28	23	20

FUENTE: Propia

De acuerdo a la sumatoria el sistema mas adecuado es el sistema de engranes debido a que cumple especialmente con la fiabilidad en el trabajo y la facilidad de instalación.

3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PARA EL PULIDO TOSCO Y PARA EL PULIDO FINAL.

3.3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

3.3.1.1 Sistema de refrigeración constante.

Este sistema va a constar de una llave que va a emanar constantemente agua hacia el plato porta lijas la misma que va a ser desalojada del sistema hacia las cañerías del laboratorio. FIG. 3.10

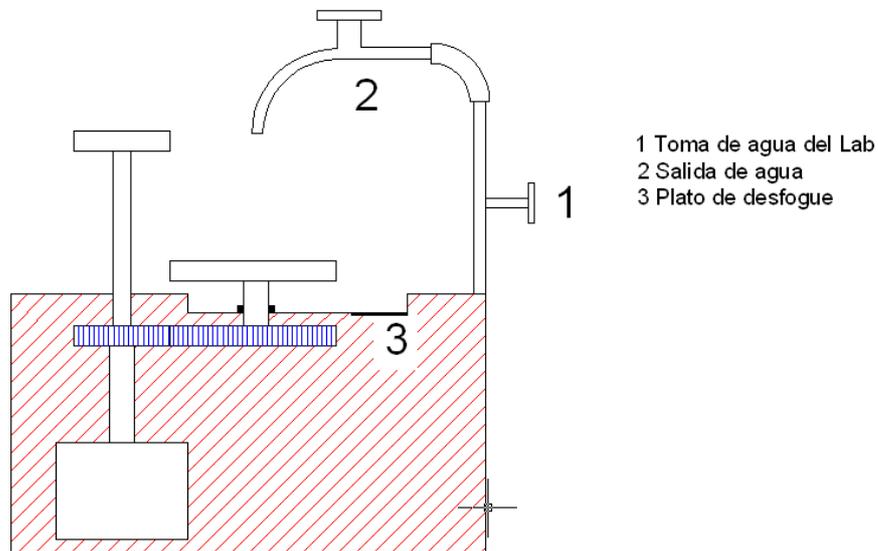


FIG. 3.10 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CONSTANTE

3.3.1.2 Sistema de refrigeración recirculante.

Este sistema va constar de una bomba que permitirá que un volumen constante de agua recircule alrededor del sistema. FIG. 3.11.

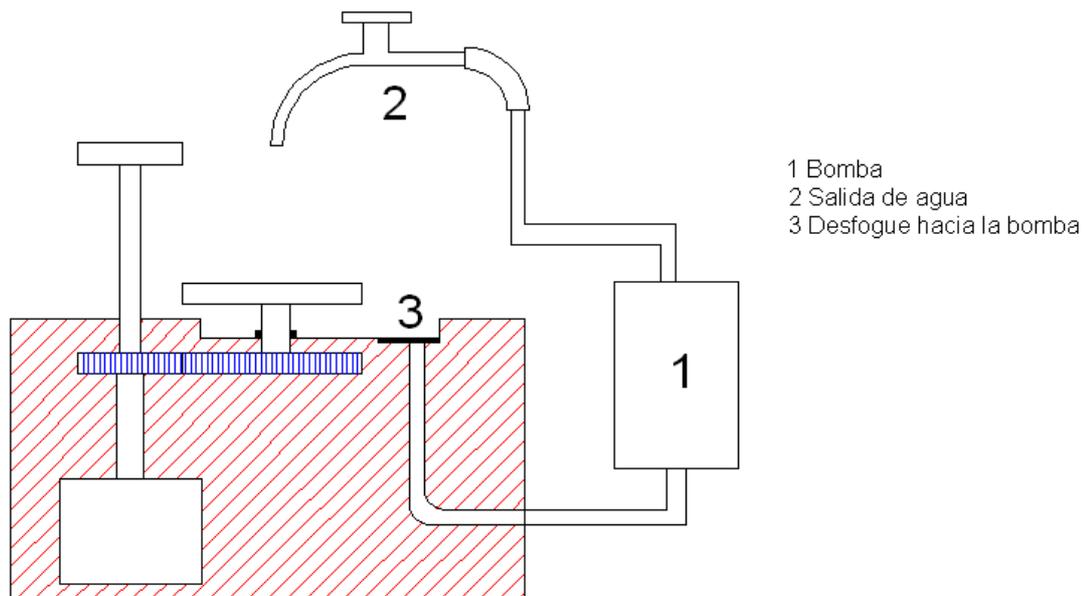


FIG. 3.11 ESQUEMA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RECIRCULANTE

3.3.1.3 Sistema de refrigeración manual.

En este sistema el diseño del plato porta lijas va a constar de paredes laterales que permitirán el almacenamiento del agua por una sola vez durante todo el proceso de pulido. FIG. 3.12.

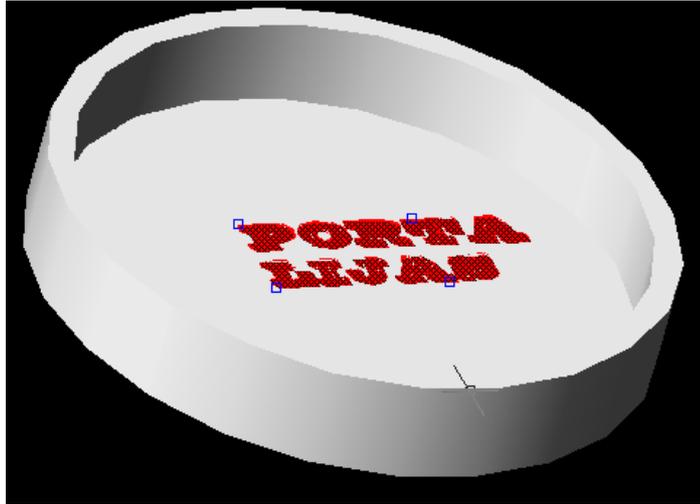


FIG. 3.12 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MEDIANTE PLATO GIRATORIO

3.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

3.3.2.1 Sistema de refrigeración constante

Este sistema requiere de elementos sencillos además que utiliza la toma de agua del laboratorio.

La construcción del sistema es sencilla.

La unión de todas las piezas es relativamente sencilla en comparación con el sistema posterior.

El mantenimiento es casi nulo debido a la utilización de elementos eficaces.

El espacio es reducido debido al uso de elementos relativamente sencillos y pequeños.

El sistema es confiable por el uso de elementos que no sufren mayor alteración.

El sistema puede ser acoplado perfectamente al resto de los sistemas.

3.3.2.2 Sistema de refrigeración recirculante.

Este sistema necesita de una bomba para realizar el trabajo de recirculación de agua lo que encarece de forma notable los costos.

La construcción del sistema se vuelve dificultosa por el uso de una bomba de este tipo.

La instalación se vuelve se torna complicada por el acoplamiento preciso de los distintos elementos.

El mantenimiento debe ser frecuente debido al uso de una bomba.

El espacio utilizado es mayor que los otros sistemas por el uso de la bomba.

El sistema es confiable puesto que el uso de una bomba es adecuado para este tipo de trabajo.

El sistema puede ser acoplado con el resto del equipo con mayor dificultad que los otros.

3.3.2.3 Sistema de refrigeración manual.

Este sistema es sencillo y consta únicamente de un plato con paredes laterales lo que reduce notablemente los costos.

La construcción de este sistema es sumamente sencilla y se la puede obtener directamente de una buena fundición.

La instalación se vuelve sencilla siempre y cuando el plato tenga las dimensiones requeridas para su unión al resto del sistema.

El mantenimiento es nulo puesto que el plato es de material resistente.

El espacio ocupado por el sistema va es el menor de todos los anteriores sistemas pues consta únicamente de una sola pieza.

El sistema es menos confiable que el anterior debido a que el refrigerante solo se lo aplica una sola vez.

El sistema se puede acoplar al resto de sistemas de manera sencilla y adecuada.

3.2.3 MATRIZ DE DECISIÓN

Codificación:

Sistema de refrigeración constante S1

Sistema de refrigeración recirculante S2

Sistema de refrigeración manual S3

Ponderación:

Bajo: 5

Medio bajo: 4

Medio: 3

Medio alto: 2

Alto: 1

TABLA 3.3 Matriz de decisión del sistema de refrigeración para el pulido tosco y final.

	S1	S2	S3
Costo	4	2	3
Facilidad de construcción	4	3	4
Facilidad de Instalación	4	3	4
Mantenimiento	4	3	5
Espacio	4	2	5
Fiabilidad	5	4	2
Adaptación con el sistema	4	4	4
	29	21	27

FUENTE: Propia

De acuerdo a la sumatoria el sistema mas adecuado es el sistema de refrigeración constante debido a que cumple especialmente con la fiabilidad en el trabajo, la facilidad de instalación y el costo.

3.4 ANÁLISIS DEL SISTEMA PORTA PROBETAS

3.4.1 TIPOS DE SISTEMAS DE PORTA PROBETAS

El sistema porta probetas debe constar de un plato en donde se almacenarán las muestras a ser trabajadas. Cabe indicar que el problema existente en el diseño de este sistema es la exactitud con la que se tiene que realizar el pulido, principalmente en que las cuatro probetas deben topar la lija o paño de manera simultanea, es así que el trabajo de pulido en las probetas va a ser el adecuado. Para la selección de las posteriores alternativas se utilizará resortes

de manera que estos permitan que las muestras se apoyen sobre el paño sin ninguna diferencia de alturas.

3.4.1.1 Sistema de porta probetas por medio de entenallas.

En este sistema se utilizan cuatro entenallas sujetas a un plato. Las entenallas van a ser las encargadas de sostener a las probetas para realizar el pulido. FIG. 3.13. y FIG. 3.14.

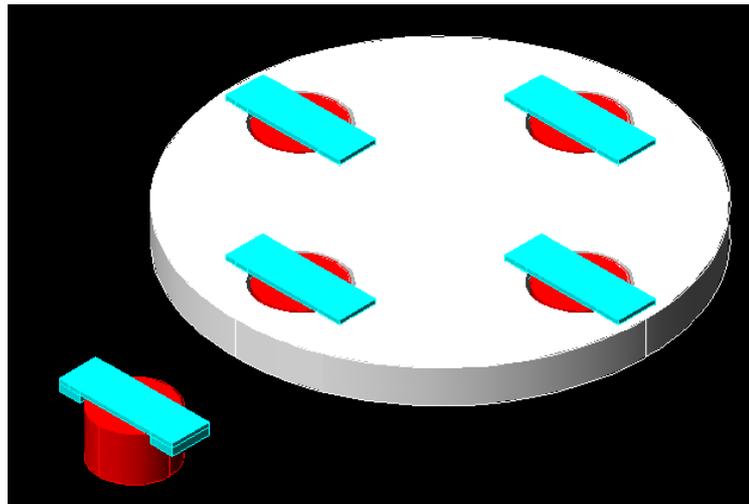


FIG. 3.13. PLATO PARA EL ACOPLA DE ENTENALLAS

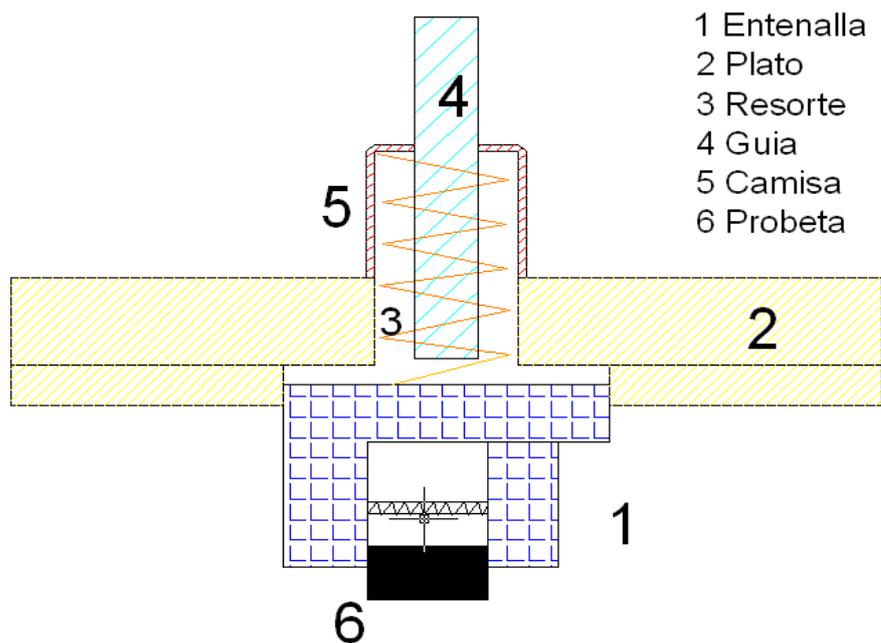


FIG. 3.14 SISTEMA DE PORTA PROBETAS POR MEDIO DE ENTENALLAS

3.4.1.2 Sistema de porta probetas por medio de camisas con prisioneros.

En este sistema se utilizan cuatro prisioneros que aprietan a cuatro tubos. Este tubo va a estar unido a un resorte con guía se acoplará manualmente a un agujero hecho en el plato porta probetas. Las mariposas van a dar el ajuste a las probetas. FIG. 3.15. y FIG. 3.16.

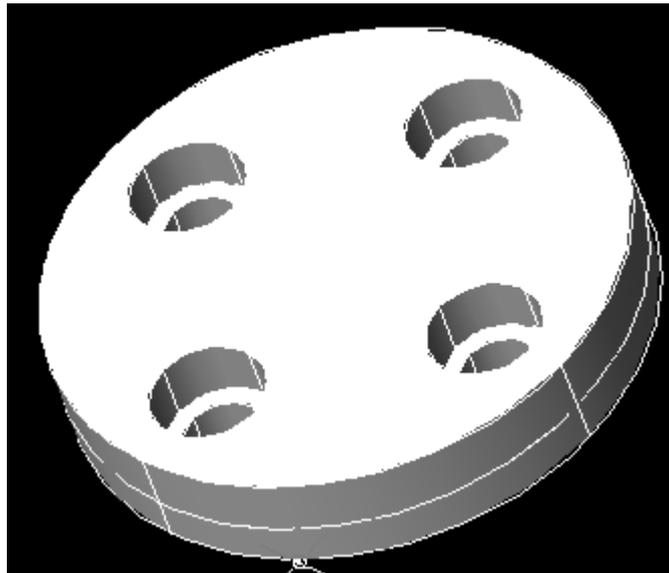


FIG. 3.15 PLATO PARA MARIPOSA

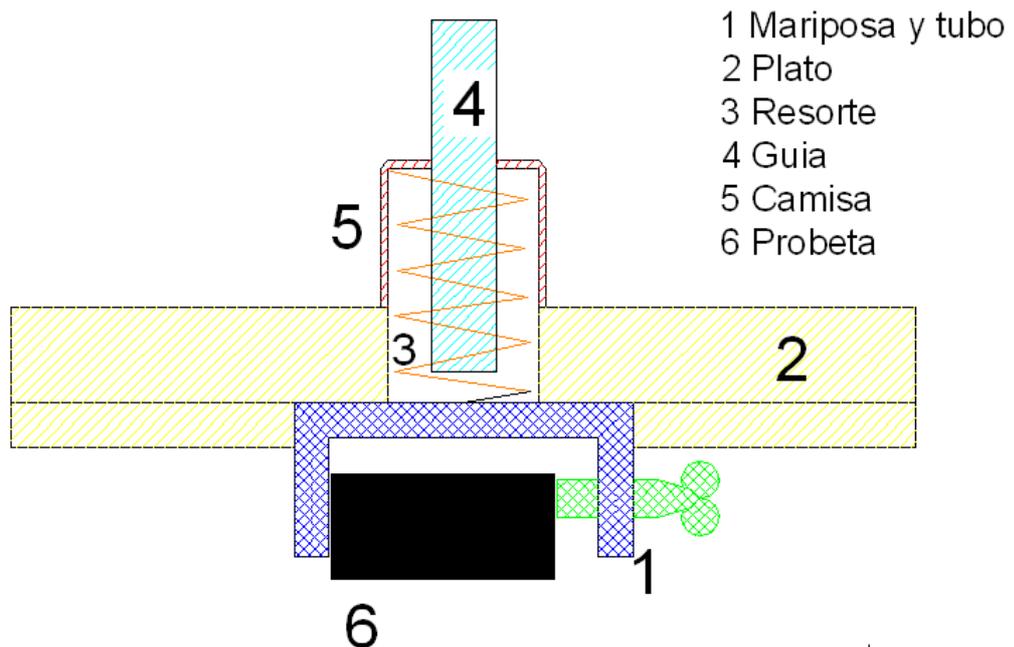


FIG. 3.16 ESQUEMA DEL SISTEMA DE PORTA PROBETAS POR MEDIO DE MARIPOSAS

3.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PORTA PROBETAS

Sistema de porta probetas por medio de antenas.

Este sistema consta de cuatro antenas lo que elevaría el costo de construcción del sistema.

La construcción del sistema es complicada porque se torna dificultosa la manufacturación de un plato con agujeros para las antenas.

La unión de todas las piezas es complicada pues las partes deben ser desmontables.

El mantenimiento es moderado pues las antenas que son los elementos móviles son de fácil manutención.

El espacio es reducido pues todos los elementos encajan correctamente.

El sistema es medianamente confiable pues depende básicamente del uso de las antenas.

El sistema puede ser acoplado perfectamente al resto de los sistemas.

3.4.2.1 Sistema de porta probetas por medio de camisa con prisioneros.

Este sistema utiliza mariposas o prisioneros por lo que el costo depende únicamente del diseño y construcción del plato. Es más económico que el anterior.

La construcción del sistema es mas sencilla y se reduce al acople que tenga cada una de sus partes.

La instalación es complicada pues es similar a las mencionadas en el sistema anterior en cuanto al ajuste preciso de sus partes.

El mantenimiento es casi nulo pues se reduce al cuidado de las mariposas.

El espacio es reducido pues todos los elementos encajan correctamente.

El sistema es confiable puesto que la mayoría de sistemas de pulido utilizan este principio.

El sistema puede ser acoplado con el resto del equipo con mayor dificultad que los otros.

3.4.3 MATRIZ DE DECISIÓN

Codificación:

Sistema de refrigeración constante pp1

Sistema de refrigeración recirculante pp2

Ponderación:

Bajo: 5

Medio bajo: 4

Medio: 3

Medio alto: 2

Alto: 1

TABLA 3.4 Matriz de decisión de los sistemas de sujeción de probetas.

	PP1	PP2
Costo	1	2
Facilidad de construcción	2	2
Facilidad de Instalación	3	3
Mantenimiento	2	3
Espacio	4	4
Fiabilidad	4	4
Adaptación con el sistema	4	4
	20	22

FUENTE: Propia

De acuerdo a la sumatoria el sistema más adecuado es el sistema de porta probetas por medio de mariposas básicamente por el costo, la facilidad de construcción y la instalación.

CAPITULO 4

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1 DISEÑO DE LOS SISTEMAS MECÁNICOS

Como se mencionó en el capítulo anterior el diseño de los sistemas deben estar acordes con el diseño del motor que nos permitirá realizar el trabajo adecuado de pulido. Se investigó las alternativas existentes en el mercado y se optó por la utilización de un motoreductor que permite el cambio de sentido de 180 ° a 90 °, 270 °, y 360 ° para el trabajo de la máquina se lo utilizará a 90 °; en el siguiente esquema se observa la utilidad que brinda el motoreductor para el pulido.

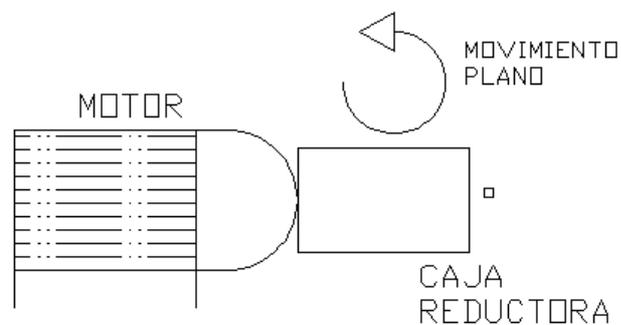


FIG. 4.A ESQUEMA DEL MOTOR Y DE CAJA REDUCTORA.

En el capítulo anterior se seleccionaron los sistemas que permitirán el óptimo funcionamiento de la máquina de pulido metalográfico es por esto que a

continuación se presenta un esquema de las partes del sistema y una tabla donde se detallan cada una de las partes.

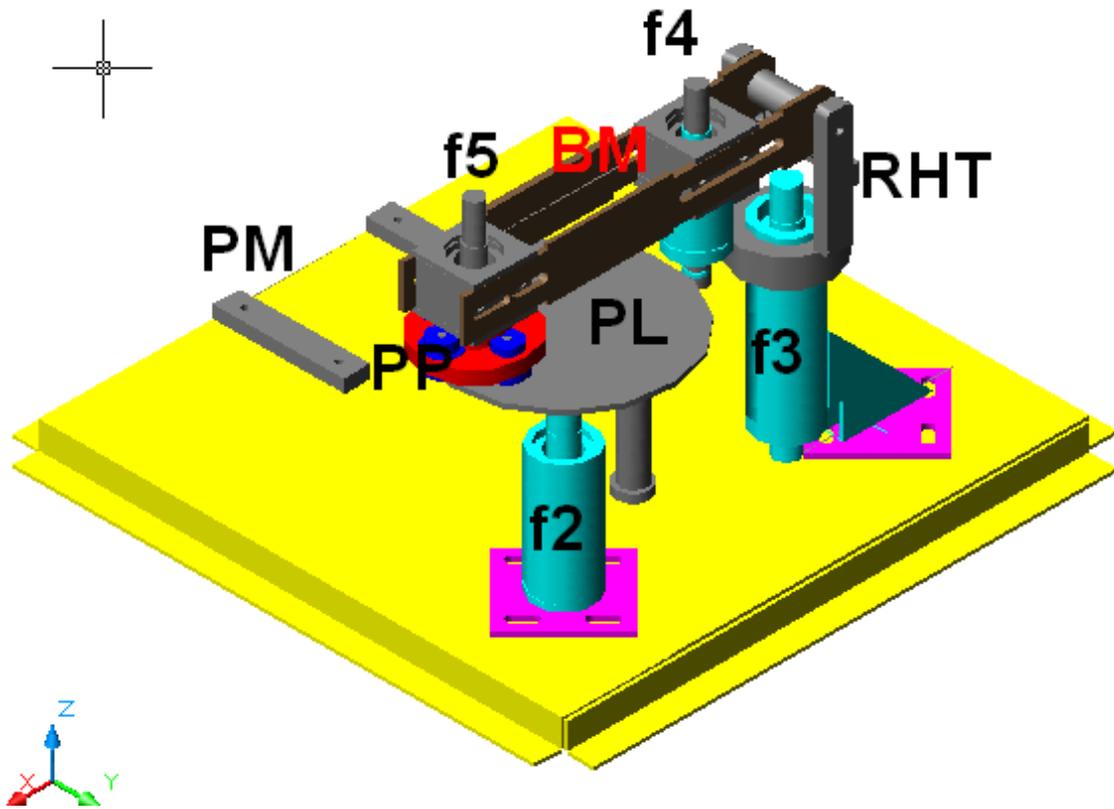


FIG. 4.B ESQUEMA GENERAL DE LA MÁQUINA DE PULIDO.

TABLA 4.1 PARTES DE LA MAQUINA DE PULIDO METALOGRAFICO

NOMENCLATURA	NOMBRE	PARTES
F1	Flecha del moto reductor	2 poleas Tipo V
F2	Flecha del plato porta lijas	Placa con ojo chino, chumacera, 2 rodamientos
PL	Plato porta lijas	Manzana y plato
F3	Flecha de transmisión para engranes	Placa ojo chino, triángulos de soporte

		para transmisión baja, engrane transmisor
RHT	Regulador de altura total	Pasador de ajuste a chumacera, pasador para placas del brazo, perillas de ajuste.
F4	Flecha para engrane transmitido	Chumacera cúbica, engrane transmitido, polea acanalada tipo V
BM	Brazo mecánico	2 placas
F5	Flecha para porta probetas	Chumacera cúbica, polea
PP	Plato porta probetas	Camisas de sujeción de probetas, placa agujereada

FUENTE: PROPIA

Es de la siguiente manera resumida que se desea realizar el trabajo:

- La F1 que es la que sale del moto reductor va a transmitir el movimiento desde sus dos extremos el superior hacia el F2 y el inferior hacia F3.
- F3 tiene en su parte superior un engrane que a su vez se enlaza con otro engrane que se encuentra en F4, dando el cambio en el sentido de giro que es el requerido para el trabajo de pulido.
- F4 y F5 se encuentran enlazados mediante una correa V industrial y apoyadas mediante ranuras en las placas del brazo.
- Una vez obtenidas las transmisiones necesarias se hace necesario un ajuste de altura por lo que se usa AHT que es una camisa de sujeción a la chumacera de F3 y que puede ser controlada mediante el ajuste o desajuste de un pasador.

Una vez entendidas los parámetros con los que el sistema debe constar, el diseño nos exige brindar las garantías de trabajo necesarias especialmente de los elementos que se encuentra a fatiga (ANEXO 3) para que de esta manera el trabajo sea seguro, óptimo y duradero.

Para el cálculo de los elementos móviles se utilizará el programa Mathcad que brinda un sinnúmero de facilidades en las operaciones matemáticas.

4.1.1 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR Y LA CAJA REDUCTORA

$$P := 1 \text{ Hp}$$

$$\text{rpm} := 3220$$

$$i := 10 \text{ Relación de transmisión del motor hacia la caja reductora}$$

$$T := \frac{63000 \cdot P}{\frac{\text{rpm}}{i}}$$

$$T = 195.652 \text{ lb. plg}$$

4.1.1.1 Cálculo de Fuerzas del engrane que conecta el gusano de la caja reductora

$$D_e := 3 \text{ plg} \text{ Diámetro del engrane}$$

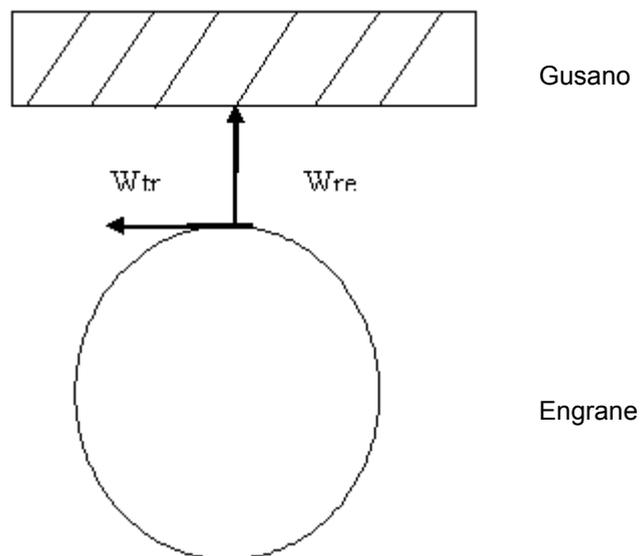


Fig. 4.2 Esquema del sistema tornillo sin fin corona para sus fuerzas

$$\lambda := 15 \text{ Angulo de desplazamiento} \quad \text{rpm}_e := \frac{\text{rpm}}{i}$$

$$\phi_t := 20 \text{ Angulo de presión normal}$$

$$\phi_n := \text{atan}\left(\tan\left(\phi_t \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \cos\left(\frac{\lambda \cdot \pi}{180}\right)\right) \cdot \frac{180}{\pi}$$

rpm_e = 322 Revoluciones del engrane

ϕ_n = 19.37 Angulo de presión normal

$$v_{te} := \frac{\pi \cdot D_e \cdot \text{rpm}_e}{12}$$

v_{te} = 252.898 Velocidad tangencial del engrane

$$v_s := \frac{v_{te}}{\sin\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right)}$$

v_s = 977.152 Velocidad de deslizamiento

Coefficiente de deslizamiento entra el gusano y el engrane

$$\mu := 0.103 \cdot e^{(-0.11 \cdot v_s^{0.45})} + 0.012$$

μ = 0.021

$$W_{te} := \frac{2 \cdot T}{D_e}$$

W_{te} = 130.435 lb Fuerza tangencial del engrane

$$W_{xe} := \frac{W_{te} \cdot \cos\left(\phi_n \cdot \frac{3.1415}{180}\right) \cdot \sin\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right) + \mu \cdot \cos\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right)}{\cos\left(\phi_n \cdot \frac{3.1415}{180}\right) \cdot \cos\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right) - \mu \cdot \sin\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right)}$$

W_{xe} = 35.181 lb Fuerza normal del engrane

$$W_{re} := \frac{W_{te} \cdot \sin\left(\phi_n \cdot \frac{3.1415}{180}\right)}{\cos\left(\phi_n \cdot \frac{3.1415}{180}\right) \cdot \cos\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right) - \mu \cdot \sin\left(\lambda \cdot \frac{3.1415}{180}\right)}$$

$W_{re} = 47.758 \text{ lb}$ Fuerza radial del engrane

4.1.1.2 Cálculo de los Diámetros Mínimos de la flecha de la caja reductora

Los elementos presentes en la flecha de la caja se detallan a continuación puesto que es importante que tipo de esfuerzos produce cada uno de estos en la flecha para luego analizarlos.

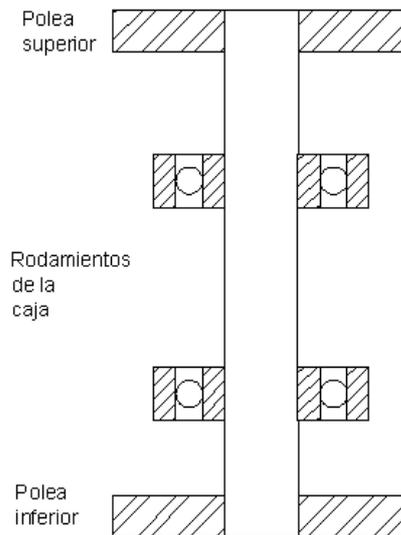


Fig. 4.3 Esquema de los elementos de la flecha No. 1

Es importante mencionar que dentro de la caja reductora existen rodamientos que permiten el movimiento de la flecha que además de ajustada tiene chavetero.

Las poleas existentes en los extremos de la flecha producen fuerza cortante y a continuación se detalla su cálculo.

$D_{pol} := 2.5 \text{ plg}$ diámetro de las poleas

$$F_b := \frac{T}{\left(\frac{D_{pol}}{2}\right)} \quad F_b = 156.522 \quad \text{Fuerza Cortante}$$

Además existe el engrane del sistema tornillo sin fin corona que transmite sus cargas a la flecha sin embargo una de las fuerzas no se toma en cuenta para cuestiones de cálculo, la normal, puesto que dicha fuerza actúa de forma longitudinal a lo largo de la flecha.

Así el diagrama de cuerpo libre queda de la siguiente manera.

Distancias en pulgadas:

$$AB := 0.944$$

$$BC := 1.76$$

$$CD := 2.36$$

$$DE := 0.59$$

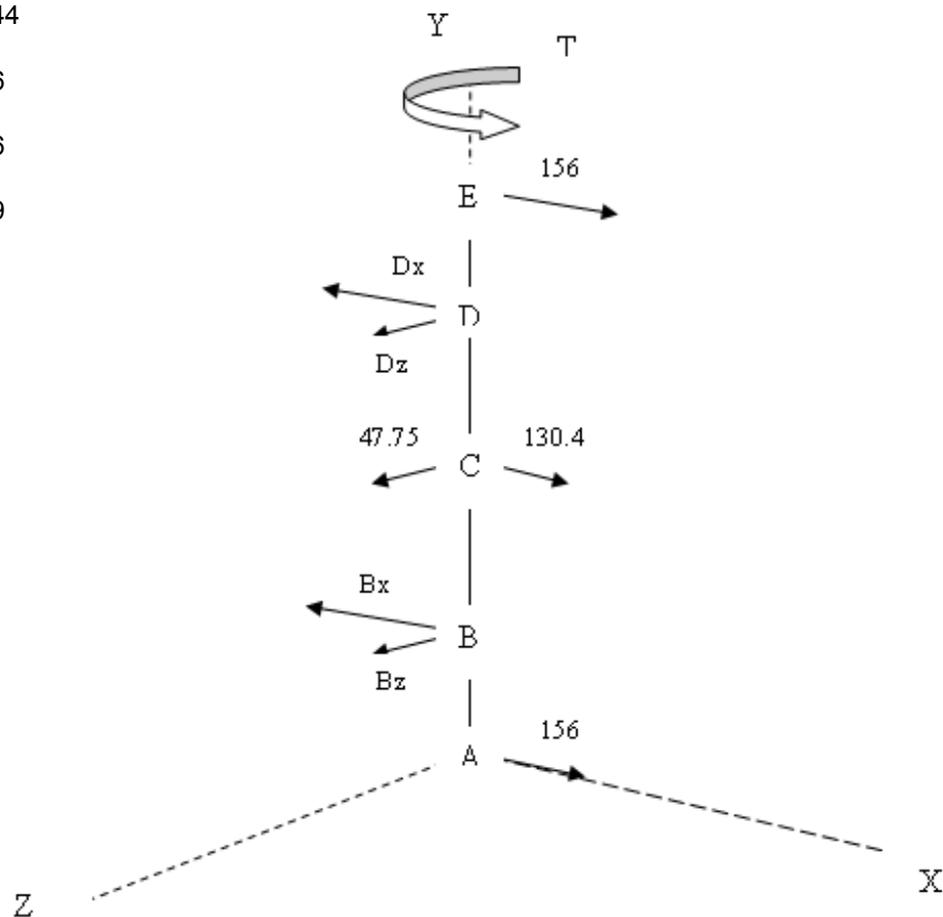


Fig. 4.4 D.C.L Flecha No.1

$$\sum F_x = 0$$

$$156.522 + 130.43 + 156.522 - D_x - B_x = 0$$

$$D_x + B_x = 443.474$$

$$\sum F_z = 0$$

$$47.75 - D_z - B_z = 0$$

$$D_z + B_z = 47.75$$

$$\sum M_z = 0 \quad \text{Horario positivo}$$

$$156.52 \cdot (0.59 + 2.36 + 1.76 + 0.944) - D_x \cdot 5.07 + 130.43 \cdot (0.944 + 1.76) - B_x \cdot 0.944$$

$$5.07 D_x + 0.944 B_x = 1237.65$$

$$B_x = 244.48 \text{ lb}$$

$$D_x = 198.98 \text{ lb}$$

$$\sum M_x = 0$$

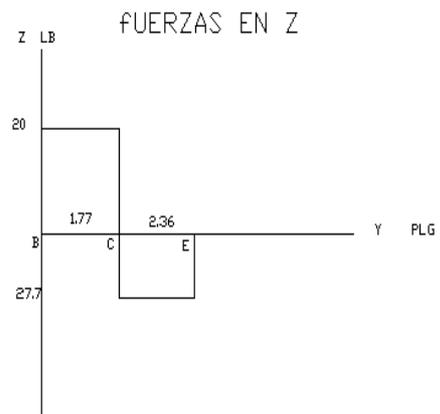
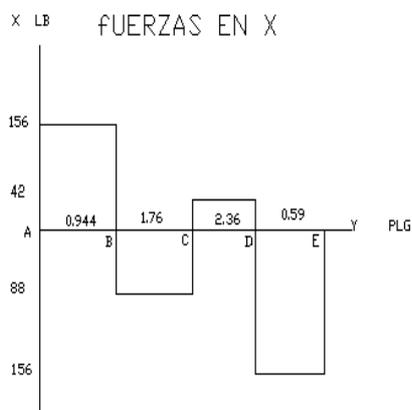
$$0.945 B_z - 47.75 \cdot 2.71 + 5.07 D_z = 0$$

$$0.945 B_z + 5.07 D_z = 129.403$$

$$D_z = 27.35 \text{ lb}$$

$$B_z = 20.40 \text{ lb}$$

4.1.1.3 DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE PARA LA FLECHA 1



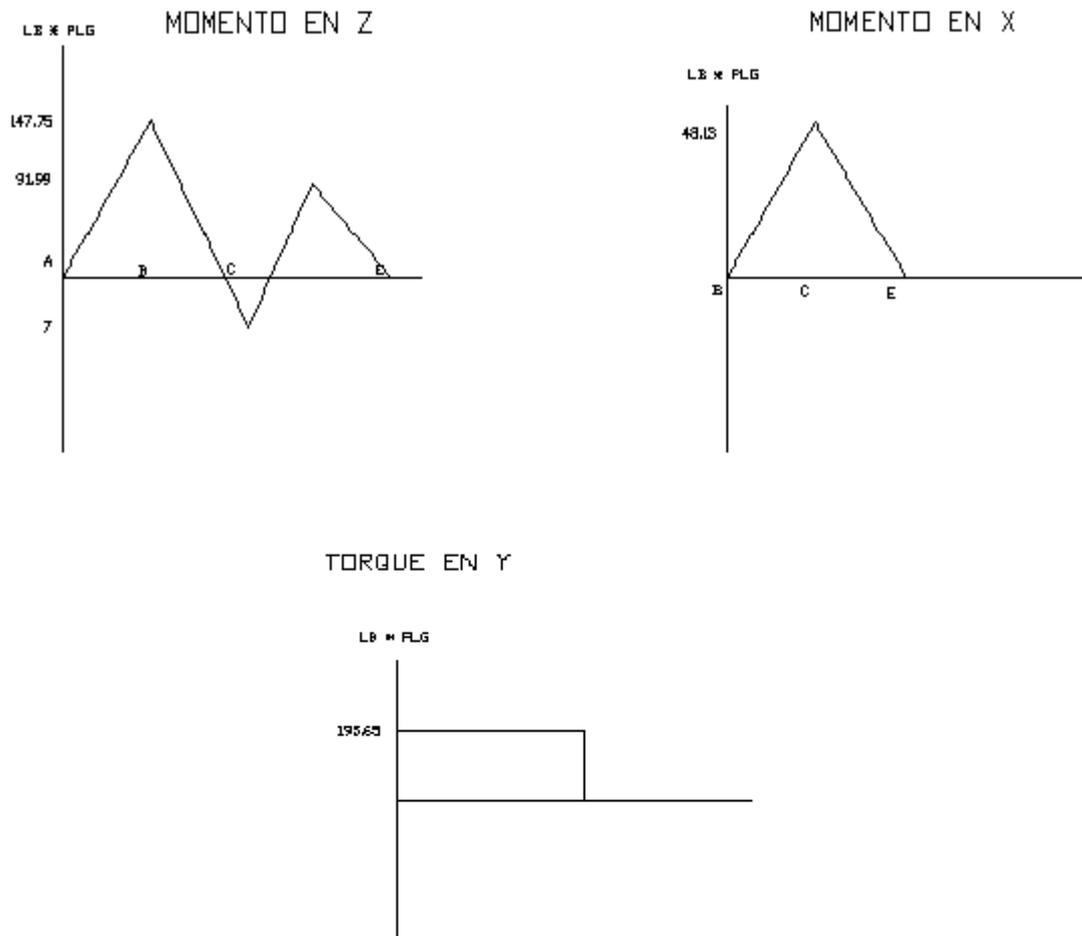


Fig. 4.5 Diagramas de fuerzas, momentos y torque para la flecha 1

4.1.1.4 CÁLCULOS DE LOS DIÁMETROS DE LA FLECHA 1

Para el cálculo de los diámetros de la Flecha 1 utilizaremos la fórmula recomendada en el libro Diseño de Elementos de Máquinas Mott pag. 300

El Acero a utilizar es un AISI 1018 Maquinado

$S_u := 69000 \text{ Psi}$

$S_y := 40000 \text{ Psi}$

Con ayuda del grafico 5.12 de D.E.M Mott

$s_n := 27000 \text{ Psi}$ Tensión por durabilidad para aceros forjados

$D_{ap} := 25 \text{ mm}$

$$C_s := \left(\frac{D_{ap}}{7.6} \right)^{-0.065}$$

$C_s = 0.926$ Factor de tamaño Pag. 297 D.E.M Mott

$C_r := 0.81$ Factor de confianza para un 99 por ciento

$$S_{nn} := s_n \cdot C_s \cdot C_r$$

$$S_{nn} = 20241.168 \text{ Psi}$$

Momentos en cada uno de los puntos críticos lb.plg

$$M_a := 0$$

$$M_b := 147.75$$

$$M_c := 48.13$$

$$M_d := 7$$

$$M_e := 0$$

Torque a lo largo de todo el eje

$$T = 195.652 \text{ lb. plg}$$

$K_t := 1.5$ Factor de concentración de esfuerzos para chaflán bien redondeado Mott pag. 295

$N := 3$ Factor de diseño para máquinas de uso industrial moderado

Diámetro de la sección A

$$D_a := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot M_a}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_a = 0.506 \text{ plg}$$

Diametro de la sección B

$$D_b := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_b}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_b = 0.711 \text{ plg}$$

Diametro de la sección C

$$D_c := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_c}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_c = 0.553$$

Diametro de la sección D

$$D_d := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_d}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_d = 0.507$$

Diametro de la sección E

$$D_e := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_e}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_e = 0.506$$

4.1.2 Cálculo de los Diámetros Mínimos de la flecha del plato porta lijas

La transmisión que se va a utilizar para mover esta flecha es mediante una banda tipo A de 22 pulgadas de perímetro con una relación de transmisión de 1 a 1.

Por esta razón es necesario corregir la potencia.

El ángulo envolvente para la polea de 2.5 plg de diámetro es de 150 grados aproximadamente

$C\theta := 0.92$ Factor de corrección de Pot. por ángulo envolvente Pag. 544 Mott

$C_l := 0.83$ Factor de corrección por longitud de la banda Pag. 545 Mott

$P := P \cdot C\theta \cdot C_l$

$P = 0.764 \text{ Hp}$

Entonces el nuevo torque de la flecha 2 es:

$\text{rpm} := 332$

$$T := \frac{63000 \cdot P}{\text{rpm}}$$

$T = 144.9 \text{ lb. plg}$

Además existe el porta probetas que cuando trabaja aporta con una carga de 20 lb debido a la acción de 4 resortes y el peso del sistema mismo. Esta acción produce un momento alrededor del eje z.

$D_{\text{plato}} := 8.07 \text{ plg}$

$$M_{\text{ppz}} := 20 \cdot \frac{D_{\text{plato}}}{2}$$

$M_{\text{ppz}} = 80.7 \text{ lb. plg}$

Y las fuerzas que se transmiten de polea a polea se mantienen cambiando su sentido únicamente

A continuación se muestra un esquema de los elemento de la flecha N. 2

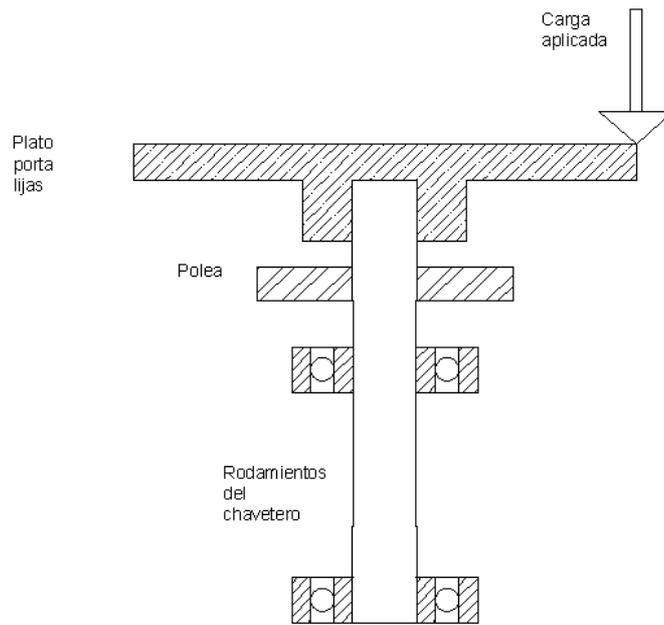


Fig 4.6 Esquema de los elementos de la flecha 2

Entonces el diagrama de cuerpo libre para la flecha N. 2 queda de la siguiente manera

En el punto A va a estar un rodamiento, en el punto B otro rodamiento y en el punto C la polea

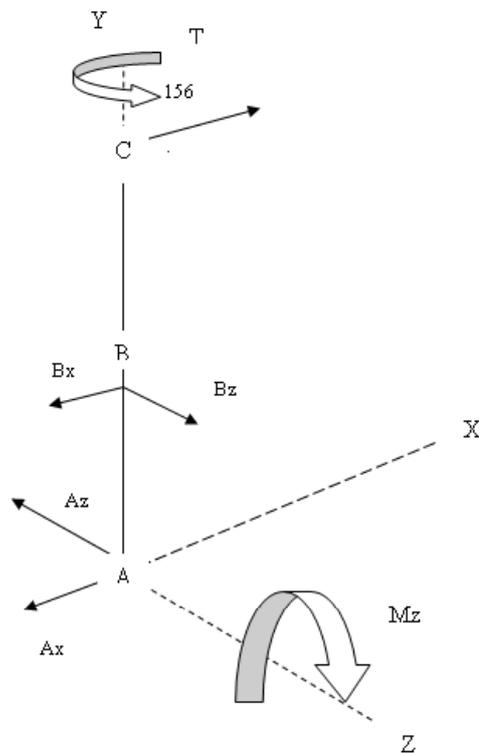


Fig 4.7 Diagrama de Cuerpo Libre de la flecha 2

$$\sum F_x = 0$$

$$156.522 - B_x - A_x = 0$$

$$A_x + B_x = 156.522$$

$$\sum M_z = 0 \quad \text{En el punto A Horario positivo}$$

$$156.52 \cdot (4.84 + 0.826) + M_{ppz} - B_x \cdot (4.84) = 0$$

$$886.84 + 80.7 - 4.84 B_x = 0$$

$$B_x = 200 \text{ lb}$$

$$A_x = -43.48 \text{ lb}$$

4.1.2.1 DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE PARA LA

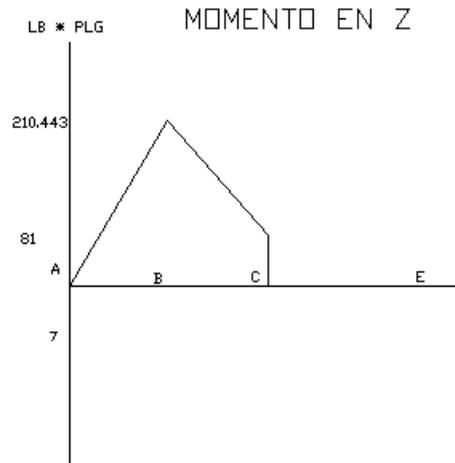
Como se puede observar en el D.C.L no existe una carga que contrareste las reacciones que existen en los rodamientos en el sentido del eje z por lo tanto los dos son descartables

FLECHA 2

Distancias en plg:

$$AB := 4.84 \quad \text{plg}$$

$$BC := 0.826 \quad \text{plg}$$



TORQUE EN Y

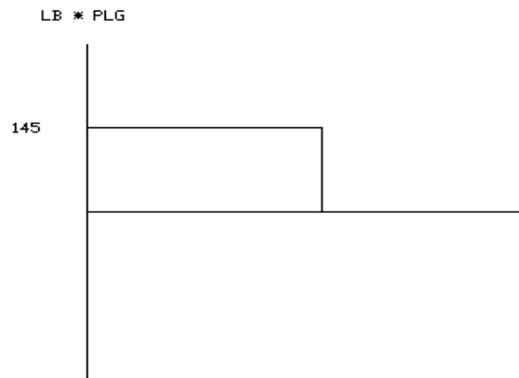


Fig 4.8 Diagramas de Fuerza, momento y torque de la flecha 2

4.1.2.2 Cálculos de los diámetros de la flecha 2

Para el cálculo de los diámetros de la Flecha 2 utilizaremos la fórmula recomendada en el libro Diseño de Elementos de Máquinas Mott pag. 300

El Acero a utilizar es un AISI 1018 Maquinado

$S_u := 69000 \text{ Psi}$

$S_y := 40000 \text{ Psi}$

Con ayuda del grafico 5.12 de D.E.M Mott

$s_n := 27000 \text{ Psi}$ Tensión por durabilidad para aceros forjados

Dap := 24 mm

$$Cs := \left(\frac{Dap}{7.6} \right)^{-0.068}$$

Cs = 0.925 Factor de tamaño Pag. 297 D.E.M Mott

Cr := 0.81 Factor de confianza para un 99 porciento

Snn := sn · Cs · Cr

Snn = 20225.056 Psi

Momentos en cada uno de los puntos críticos lb.plg

Ma := 0

Mb := 210.443

Mc := 81

Torque a lo largo de todo el eje

T := 145 lb. plg

Kt := 1.5 Factor de concentración de esfuerzos para chaflán bien redondeado Mott pag. 295

N := 3 Factor de diseño para máquinas de uso industrial moderado

Diámetro de la sección A

$$Da := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot Ma}{Snn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Da = 0.458 plg

Diámetro de la sección B

$$Db := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot Mb}{Snn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Db = 0.786 plg

Diametro de la sección C

$$D_c := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot M_c}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_c = 0.592$$

4.1.3 Cálculo de los Diámetros Mínimos de la flecha del engrane conductor de potencia

Los elementos presentes en la flecha de la caja se detallan a continuación puesto que es importante que tipo de esfuerzos produce cada uno de estos en la flecha para luego analizarlos.

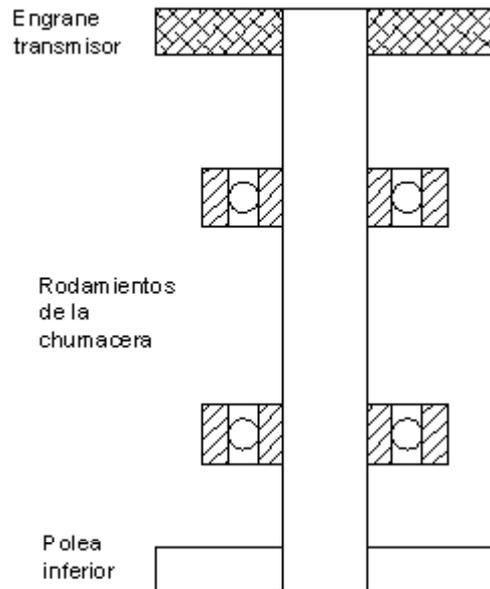


Fig 4.9 Elementos de la flecha del engrane conductor de potencia

De la misma manera se utiliza una transmisión de banda AP - 22 para la transmisión de esta flecha es por tal razón que la nueva potencia de este sistema es:

El ángulo envolvente para la polea de 2.5 plg de diámetro es de 150 grados aproximadamente

$C_\theta := 0.92$ Factor de corrección de Pot. por ángulo envolvente Pag. 544 Mott

$C_l := 0.83$ Factor de corrección por longitud de la banda Pag. 545 Mott

$P := P \cdot C_\theta \cdot C_l$ $P = 0.583$ Hp

Entonces el nuevo torque de la flecha 2 es:

$$\text{rpm} := 332$$

$$T := \frac{63000 \cdot P}{\text{rpm}}$$

$$T = 110.646 \text{ lb. plg}$$

Además la existencia de un nuevo tipo de relación para este caso el de engranes amedita su previo diseño y cálculo de fuerzas.

4.1.3.1 Estudio de los engranes

$$m := 3 \quad \text{módulo}$$

$$N_p := 30 \quad \text{Número de dientes del piñón}$$

$$P_d := \frac{25.4}{m}$$

$$P_d = 8.467 \quad \text{Paso diametral}$$

$$P_d := 8 \quad \text{Paso diametral standar}$$

$$D_p := \frac{N_p}{P_d}$$

$$D_p = 3.75 \quad \text{Diámetro de paso del piñón}$$

$$W_t := \frac{T}{\left(\frac{D_p}{2}\right)}$$

$$W_t = 59.011 \text{ lb} \quad \text{Fuerza tangencial}$$

$$\phi := 20 \quad \text{Angulo envolvente (normalizado)}$$

$$W_r := W_t \cdot \tan\left(\phi \cdot \frac{3.1415}{180}\right)$$

$$W_r = 21.478 \text{ lb} \quad \text{Fuerza radial}$$

$$W_n := \frac{W_t}{\cos\left(\phi \cdot \frac{3.1415}{180}\right)}$$

$W_n = 62.798 \text{ lb}$ Fuerza Normal

TENSIÓN EN LOS DIENTES DEL PIÑÓN

$$F := \frac{20}{25.4}$$

$F = 0.787 \text{ plg}$ Ancho del diente

$J_p := 0.38$ Factor de Geometría Fig. 11.26 Mott

$K_a := 1.2$ Factor de carga para choque moderado Mott tabla 11.13

$K_s := 1$ Factor de tamaño Mott pag. 422

$K_m := 1.3$ Fctor de distribución de carga Mott Fig. 11.27 para engrane abierto

$K_b := 1.2$ Corona resistente Mott Fig. 11.28

$K_v := 0.9$ Con $Q=7$ y $\text{rpm}=332$ Fig. 11.29 Mott

$$\sigma_{tp} := \frac{W_t \cdot P_d \cdot K_a \cdot K_s \cdot K_m \cdot K_b}{F \cdot J \cdot K_v}$$

$\sigma_{tp} := 3474.45 \text{ Psi}$

Entonces a partir de este resultado se puede calcular el esfuerzo a tensión del engrane aplicando la siguiente fórmula:

$J_g := 0.39$ Factor de geometría para el engrane

$$\sigma_{tg} := \sigma_{tp} \cdot \left(\frac{J_p}{J_g}\right)$$

$\sigma_{tg} = 3.385 \times 10^3 \text{ Psi}$

Ahora es necesario conocer si los piñones son eficaces en esfuerzos de tensión por flexión por lo que el libro de Mott recomienda hacer los siguientes cálculos:

Material para el piñón y el engrane DURALON que es un acrílico para alto impacto con un $G_y = 7000$ Psi por lo que los valores de esfuerzo a tensión por flexión tienen que ser menores para que los engranes resistan el trabajo.

$K_r := 1.25$ Confiabilidad del 99%

$K_I := 0.92$ Factor de vida útil para 10^8 ciclos

$$\sigma_{tp} := \sigma_{tp} \cdot \left(\frac{K_r}{K_I} \right)$$

$\sigma_{tp} = 4.721 \times 10^3$ Psi Esfuerzo a flexión por tensión del piñón

$$\sigma_{tg} := \sigma_{tg} \cdot \left(\frac{K_r}{K_I} \right)$$

$\sigma_{tg} = 4.6 \times 10^3$ Psi Esfuerzo por flexión a tensión del engrane

Como se ve los dos valores calculados son menores a los 7000 psi del material que se va a utilizar por lo que se garantiza que los engranes van a resistir.

Antes de realizar el diagrama de cuerpo libre se observa que las fuerzas que produce el engrane se encuentra a 30° del eje referencial x que se encuentra sobre la línea de acción de la fuerza de la polea, por lo que se hace necesario descomponer estas fuerzas en los ejes x y z.

$$F_x := W_r \cdot \cos\left(15 \cdot \frac{3.1415}{180}\right) + W_n \cdot \cos\left(55 \cdot \frac{3.1415}{180}\right) + W_t \cdot \cos\left(75 \cdot \frac{3.1415}{180}\right)$$

$F_x = 72.042$

$$F_z := W_r \cdot \sin\left(15 \cdot \frac{3.1415}{180}\right) - W_n \cdot \sin\left(55 \cdot \frac{3.1415}{180}\right) - W_t \cdot \sin\left(75 \cdot \frac{3.1415}{180}\right)$$

$F_z = -102.881$

Así luego de haber analizado cada una de las fuerzas que producen los elementos de esta flecha se procede a dibujar el diagrama de cuerpo libre.

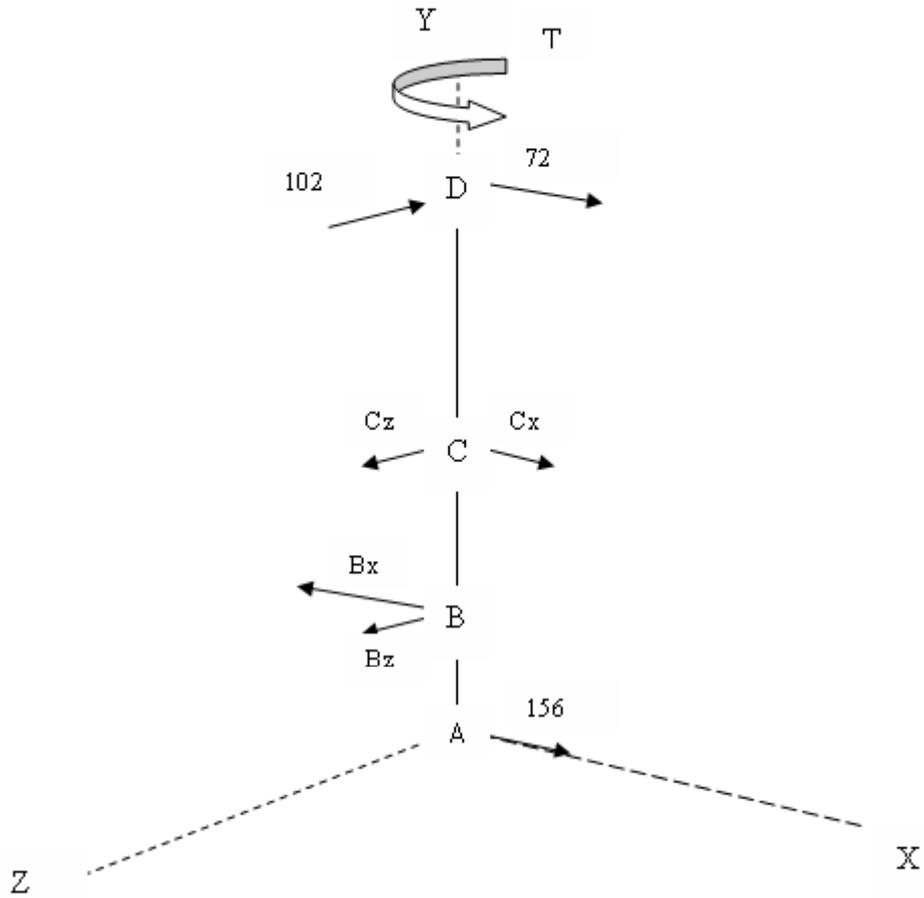


Fig 4.10 Diagrama de cuerpo libre de la flecha 3

Entonces realizamos el análisis estático de la flecha para calcular las reacciones:

Distancias

$$AB := 1.93 \text{ plg}$$

$$BC := 6.38 \text{ plg}$$

$$CD := 0.73 \text{ plg}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$156.522 + 72 + C_x - B_x = 0$$

$$B_x - C_x = 228.52$$

$$\sum F_z = 0$$

$$102 - C_z - B_z = 0$$

$$C_z + B_z = 102$$

$$\sum M_z = 0 \quad \text{Horario positivo}$$

$$72*(1.93+6.38+0.73)+C_x*(1.93+6.38)-B_x*1.93=0$$

$$1.93*B_x - 8.31*C_x = 650.88$$

$$B_x = 194.93 \text{ lb}$$

$$C_x = -33.06 \text{ lb}$$

$$\sum M_x = 0$$

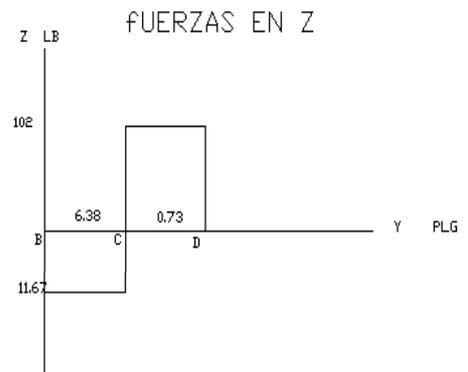
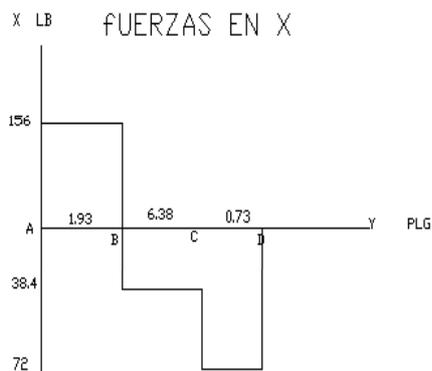
$$102*(1.93+6.38+0.73)-C_z*(1.93+6.38)-B_z*(1.93) = 0$$

$$1.93*B_z + 8.31*C_z = 922$$

$$B_z = -11.67 \text{ lb}$$

$$C_z = 113 \text{ lb}$$

4.1.3.2 DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE PARA LA FLECHA 3



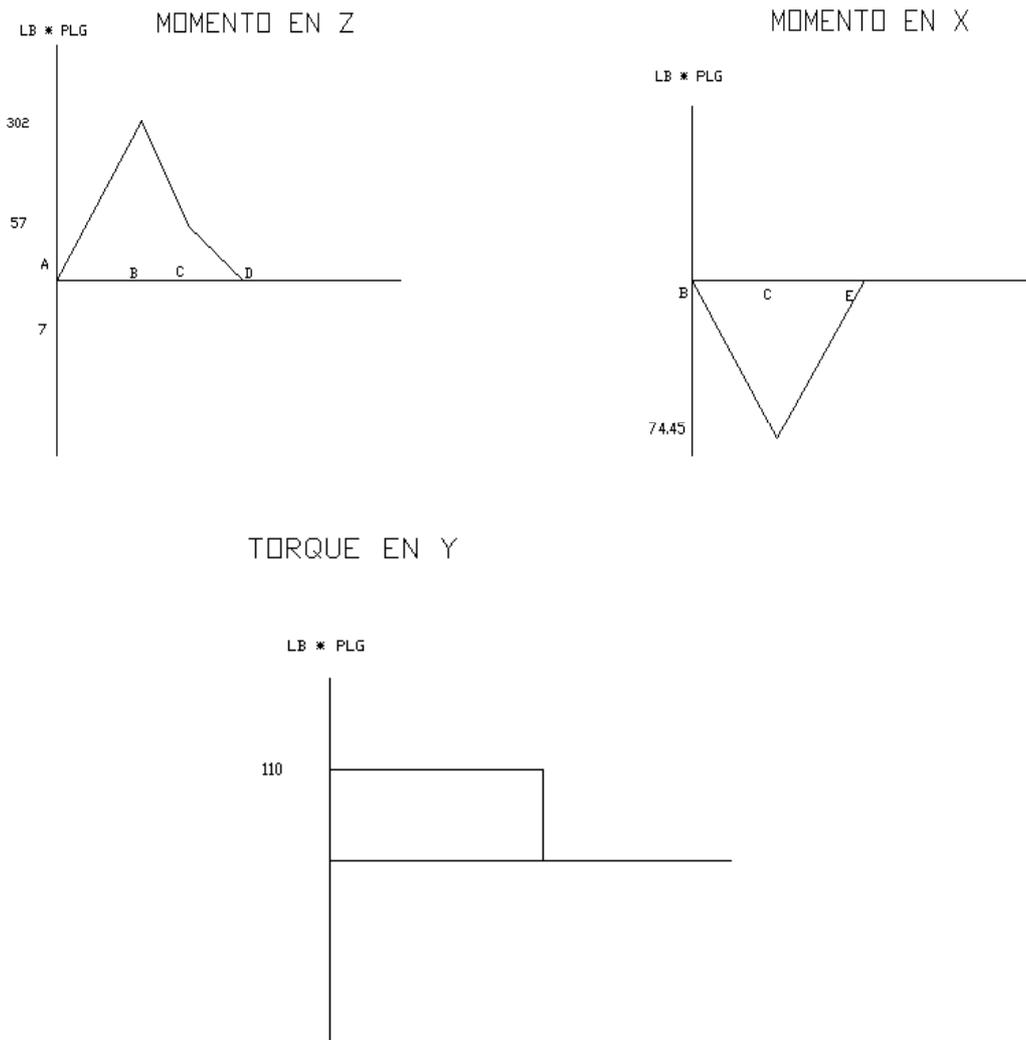


Fig 4.11 Diagrama de fuerzas, momentos y torque de la flecha 3

4.1.3.2 CALCULO DE LOS DIAMETROS DE LA FLECHA 3

Para el cálculo de los diámetros de la Flecha 3 utilizaremos la fórmula recomendada en el libro Diseño de Elementos de Máquinas Mott pag. 300

El Acero a utilizar es un AISI 1018 Maquinado

$S_u := 69000 \text{ Psi}$

$S_y := 40000 \text{ Psi}$

Con ayuda del grafico 5.12 de D.E.M Mott

sn := 27000 Psi Tensión por durabilidad para aceros forjados

Dap := 24 mm

$$Cs := \left(\frac{Dap}{7.6} \right)^{-0.065}$$

Cs = 0.928 Factor de tamaño Pag. 297 D.E.M Mott

Cr := 0.81 Factor de confianza para un 99 por ciento

$$Snn := sn \cdot Cs \cdot Cr$$

$$Snn = 20294.948 \text{ Psi}$$

Momentos en cada uno de los puntos críticos lb.plg

$$Ma := 0$$

$$Mb := 302$$

$$Mc := \sqrt{(57^2 + 74.45^2)}$$

$$Md := 0$$

Torque a lo largo de todo el eje

$$T = 110.646 \text{ lb. plg}$$

Kt := 1.5 Factor de concentración de esfuerzos para chaflán bien redondeado Mott pag. 295

N := 3 Factor de diseño para máquinas de uso industrial moderado

Diámetro de la Sección A

$$Da := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot Ma}{Snn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$Da = 0.418 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección B

$$Db := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot Mb}{Snn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$Db = 0.882 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección C

$$D_c := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot M_c}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_c = 0.607 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección D

$$D_d := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot M_d}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_d = 0.418 \text{ plg}$$

4.1.4 Cálculo de los Diámetros Mínimos de la flecha del engrane conducido en el brazo porta probetas

A continuación se detallan los elementos presentes en esta flecha

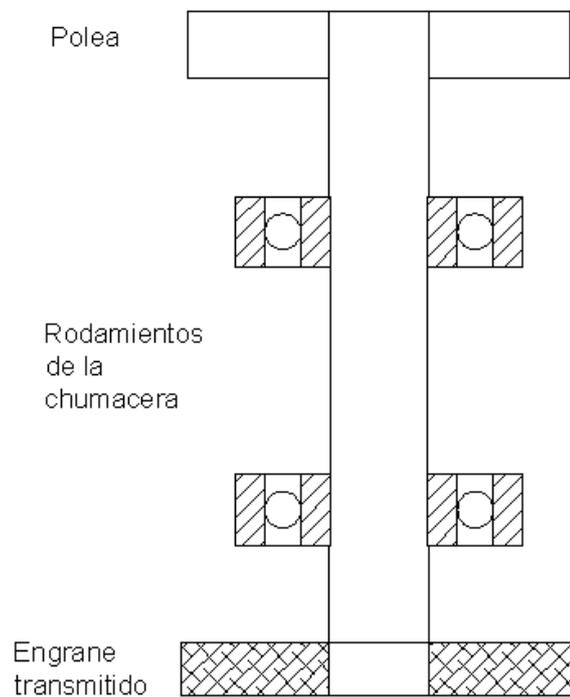


Fig 4.12 Elementos de la flecha del engrane conducido en el brazo porta probetas

La relación que existe entre los dientes es de 30 para el conductor a 40 para el conducido por lo que se debe calcular un nuevo torque.

Entonces el nuevo torque de la flecha 4 es:

$$\text{rpm} := 332 \cdot \frac{30}{40}$$

$$T := \frac{63000 \cdot P}{\text{rpm}} \quad T = 147.528 \quad \text{lb. plg}$$

Calculo de la fuerza en la polea:

$$F_b := \frac{T}{\left(\frac{D_{\text{pol}}}{2}\right)} \quad F_b = 118.022 \quad \text{lb}$$

Las fuerzas en los engranes se mantienen por lo tanto se va a aprovechar las fuerzas ya trasladadas a los ejes x y z.

Distancias en pulgadas:

$$AB := 1.12$$

$$BC := 2.95$$

$$CD := 1.34$$

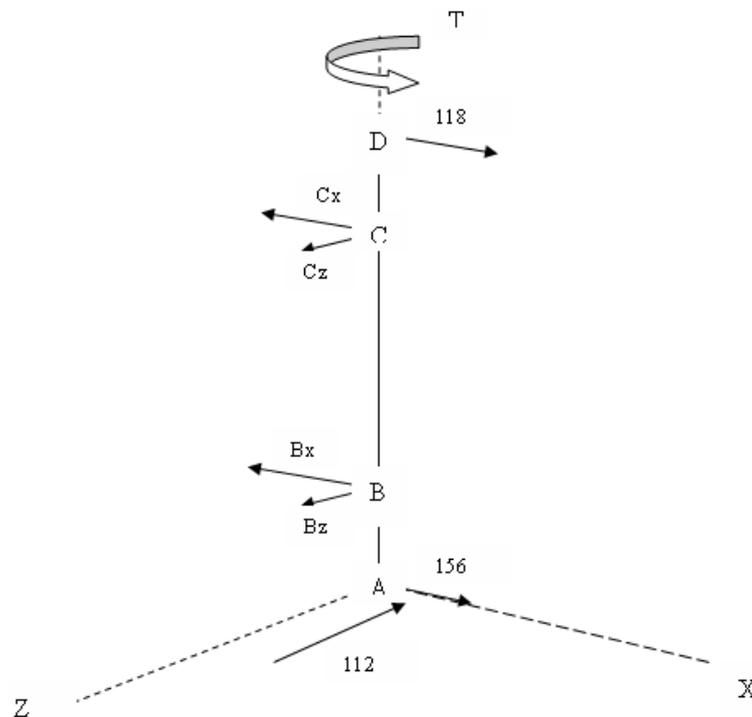


Fig 4.13 Diagrama de cuerpo libre de la flecha 4

$$\sum F_x = 0$$

$$118 - C_x - B_x - 72 = 0$$

$$B_x + C_x = 46$$

$$\sum F_z = 0$$

$$-102 + B_z + C_z = 0$$

$$C_z + B_z = 102$$

$$\sum M_z = 0 \quad \text{Horario positivo}$$

$$B_x \cdot 1.12 + C_x \cdot (1.12 + 2.95) - 118 \cdot (1.12 + 2.95 + 1.34) = 0$$

$$1.12 \cdot B_x + 4.07 \cdot C_x = 638.38$$

$$B_x = -152.94 \text{ lb}$$

$$C_x = 198.93 \text{ lb}$$

$$\sum M_x = 0$$

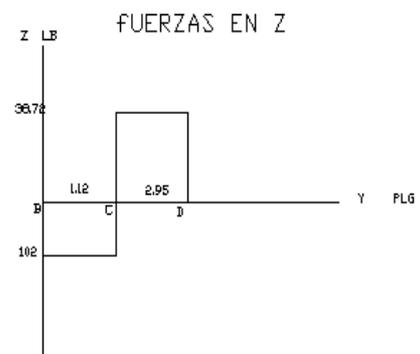
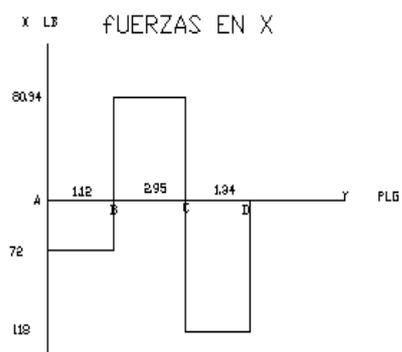
$$-B_z \cdot (1.12) - C_z \cdot (1.12 + 2.95) = 0$$

$$1.12 \cdot B_z + 4.07 \cdot C_z = 0$$

$$B_z = 140.725 \text{ lb}$$

$$C_z = -38.72 \text{ lb}$$

4.1.4.1 DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE PARA LA FLECHA 4



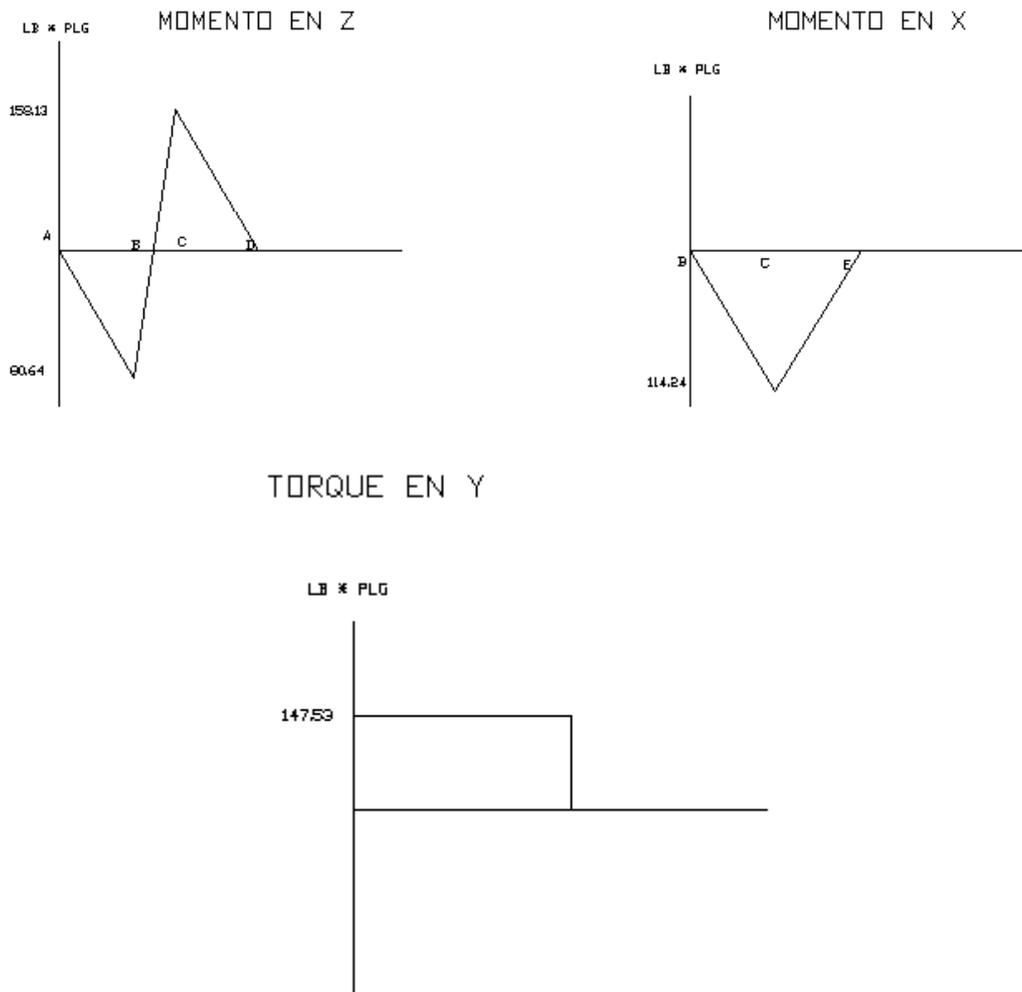


Fig 4.14 Diagramas de Fuerza, momento y torque de la flecha 4

4.1.4.2 CALCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA FLECHA 4

Para el cálculo de los diámetros de la Flecha 3 utilizaremos la fórmula recomendada en el libro Diseño de Elementos de Máquinas Mott pag. 300

El Acero a utilizar es un AISI 1018 Maquinado

$S_u := 69000 \text{ Psi}$

$S_y := 40000 \text{ Psi}$

Con ayuda del grafico 5.12 de D.E.M Mott

$s_n := 27000 \text{ Psi}$ Tensión por durabilidad para aceros forjados

Dap := 20 mm

$$Cs := \left(\frac{Dap}{7.6} \right)^{-0.065}$$

Cs = 0.939 Factor de tamaño Pag. 297 D.E.M Mott

Cr := 0.81 Factor de confianza para un 99 porciento

Snn := sn · Cs · Cr

Snn = 20536.892 Psi

Momentos en cada uno de los puntos críticos lb.plg

Ma := 0

Mb := 80.64

$$Mc := \sqrt{(158.13^2 + 114.24^2)}$$

Md := 0

Torque a lo largo de todo el eje

T = 147.528 lb. plg

Kt := 1.5 Factor de concentración de esfuerzos para chaflán bien redondeado Mott pag. 295

N := 3 Factor de diseño para máquinas de uso industrial moderado

Diametro de la sección A

$$Da := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot Ma}{Snn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Da = 0.46 plg

Diámetro de la sección B

$$Db := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot Mb}{Snn} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{Sy} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Db = 0.589 plg

Diámetro de la sección C

$$D_c := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot M_c}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_c = 0.764 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección D

$$D_d := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{K_t \cdot M_d}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_d = 0.46 \text{ plg}$$

4.1.5 Cálculo de los Diámetros Mínimos de la flecha del porta probetas

A continuación se detallan los elementos presentes en esta flecha

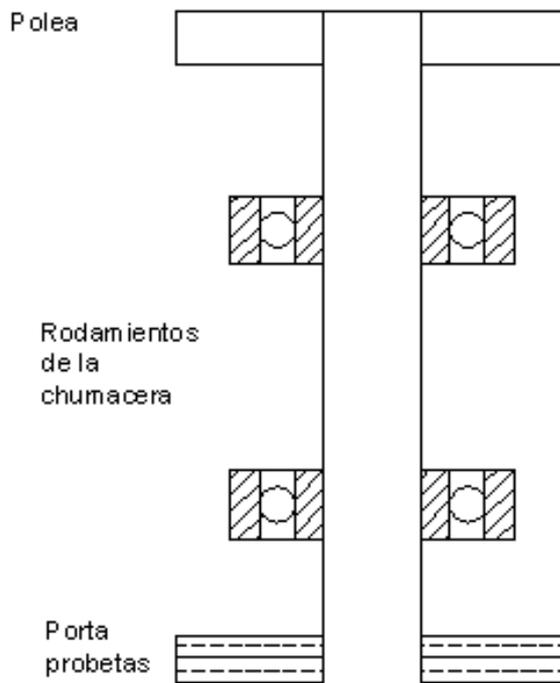


Fig 4.15 Elementos de la flecha porta probetas

Como existe una transmisión de banda se debe corregir la potencia:

La transmisión que se va a utilizar para mover esta flecha es mediante una banda tipo A de 26 pulgadas de perímetro con una relación de transmisión de 1 a 1.

Por esta razón es necesario corregir la potencia.

El ángulo envolvente para la polea de 2.5 plg de diámetro es de 150 grados aproximadamente

$C\theta := 0.92$ Factor de corrección de Pot. por ángulo envolvente Pag. 544 Mott

$C_l := 0.83$ Factor de corrección por longitud de la banda Pag. 545 Mott

$P := P \cdot C\theta \cdot C_l$

$P = 0.445$ Hp

Entonces el nuevo torque de la flecha 2 es:

$\text{rpm} := 332$

$$T := \frac{63000 \cdot P}{\text{rpm}}$$

$T = 84.489$ lb. plg

$D_{\text{pol}} := 2$ plg diámetro de las poleas

$$F_b := \frac{T}{\left(\frac{D_{\text{pol}}}{2}\right)} \quad F_b = 84.489$$

A continuación se realiza el D.C.L para la flecha del plato porta probetas

Distancias en pulgadas:

$AB := 1.62$

$BC := 1.10$

$CD := 1.3$

$$\sum F_x = 0$$

$$\begin{aligned} -84.5 + B_x + C_x &= 0 \\ B_x + C_x &= 84.5 \end{aligned}$$

$$\sum M_z = 0 \quad \text{En el punto A Horario positivo}$$

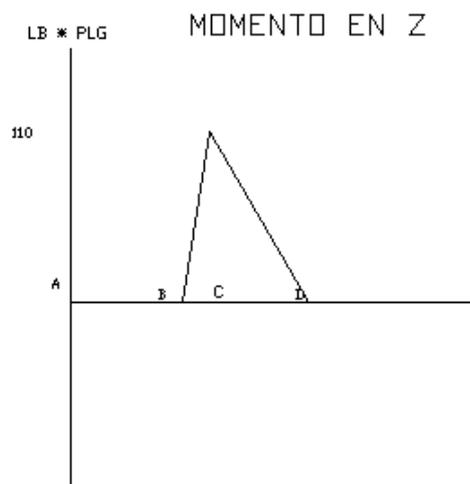
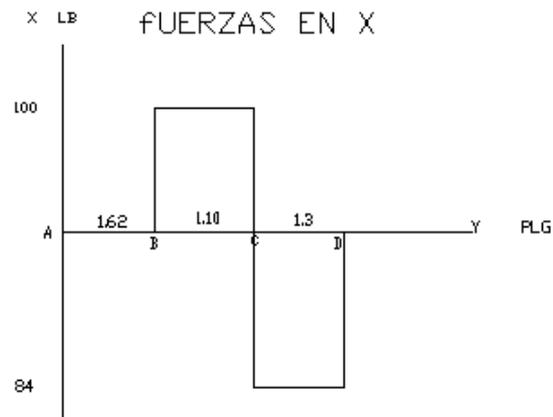
$$84.5*(1.62+1.10+1.3) - B_x*(1.62) - C_x*(1.62+1.10) = 0$$

$$1.62 B_x + 2.72 C_x = 339.69$$

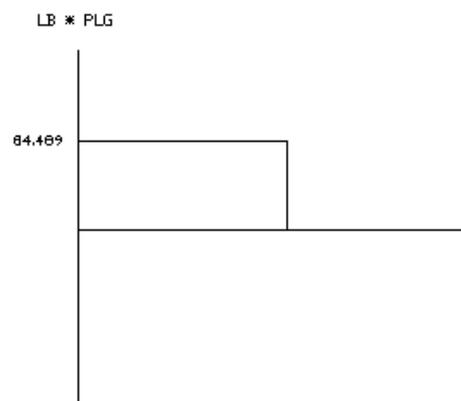
$$B_x = -100 \text{ lb}$$

$$C_x = 184.364 \text{ lb}$$

4.1.5.1 DIAGRAMAS DE FUERZAS, MOMENTOS Y TORQUE PARA LA FLECHA 5



TORQUE EN Y



4.1.5.2 CALCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA FLECHA 5

Para el cálculo de los diámetros de la Flecha 3 utilizaremos la fórmula recomendada en el libro Diseño de Elementos de Máquinas Mott pag. 300

El Acero a utilizar es un AISI 1018 Maquinado

$$S_u := 69000 \text{ Psi}$$

$$S_y := 40000 \text{ Psi}$$

Con ayuda del gráfico 5.12 de D.E.M Mott

$$s_n := 27000 \text{ Psi} \quad \text{Tensión por durabilidad para aceros forjados}$$

$$D_{ap} := 17 \text{ mm}$$

$$C_s := \left(\frac{D_{ap}}{7.6} \right)^{-0.065}$$

$$C_s = 0.949 \quad \text{Factor de tamaño}$$

$$C_r := 0.81 \quad \text{Factor de confianza para un 99 porciento} \quad \text{Pag. 297 D.E.M Mott}$$

$$S_{nn} := s_n \cdot C_s \cdot C_r$$

$$S_{nn} = 20754.988 \text{ Psi}$$

Momentos en cada uno de los puntos críticos lb.plg

$$M_a := 0$$

$$M_b := 0$$

$$M_c := 110$$

$$M_d := 0$$

Torque a lo largo de todo el eje

$$T = 84.489 \text{ lb. plg}$$

$$K_t := 1.5 \quad \text{Factor de concentración de esfuerzos para chaflán bien redondeado Mott pag. 295}$$

$$N := 3 \quad \text{Factor de diseño para máquinas de uso industrial moderado}$$

Diametro de la sección A

$$D_a := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_a}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_a = 0.382 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección B

$$D_b := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_b}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_b = 0.382 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección C

$$D_c := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_c}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_c = 0.629 \text{ plg}$$

Diámetro de la sección D

$$D_d := \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \cdot \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M_d}{S_{nn}} \right)^2 + \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_d = 0.382 \text{ plg}$$

En la siguiente tabla se muestran que los diámetros con los que se van a construir cada una de las flechas, son mayores a los calculados en el diseño.

TABLA 4.2 Diámetros calculados y diámetros a ser utilizados

FLECHA 1				
PUNTO	Diámetro calculado plg	diámetro calculado mm	diámetro utilizado	VALIDEZ
A	0,506	12,8524	25,4	VERDADERO
B	0,711	18,0594	25	VERDADERO
C	0,553	14,0462	25	VERDADERO
D	0,507	12,8778	25,4	VERDADERO

FLECHA 2				
PUNTO	Diámetro calculado plg	diámetro calculado mm	diámetro utilizado	VALIDEZ
A	0,458	11,6332	25	VERDADERO
B	0,786	19,9644	25	VERDADERO
C	0,592	15,0368	24	VERDADERO

FLECHA 3				
PUNTO	Diámetro calculado plg	diámetro calculado mm	diámetro utilizado	VALIDEZ
A	0,418	10,6172	24	VERDADERO
B	0,882	22,4028	30	VERDADERO
C	0,607	15,4178	30	VERDADERO
D	0,418	10,6172	24	VERDADERO

FLECHA 4				
PUNTO	Diámetro calculado plg	diámetro calculado mm	diámetro utilizado	VALIDEZ
A	0,46	11,684	20	VERDADERO
B	0,589	14,9606	20	VERDADERO
C	0,764	19,4056	20	VERDADERO
D	0,46	11,684	17	VERDADERO

FLECHA 5				
PUNTO	Diámetro calculado plg	diámetro calculado mm	diámetro utilizado	VALIDEZ
A	0,382	9,7028	22	VERDADERO
B	0,382	9,7028	20	VERDADERO
C	0,629	15,9766	20	VERDADERO
D	0,382	9,7028	17	VERDADERO

FUENTE: Propia

Estas dimensiones garantizan que los elementos móviles que serán utilizados son confiables y duraderos.

4.2 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Para realizar la construcción del equipo se utilizará un diagrama de operaciones, que brindará las facilidades que un trabajo de este tipo amerita.

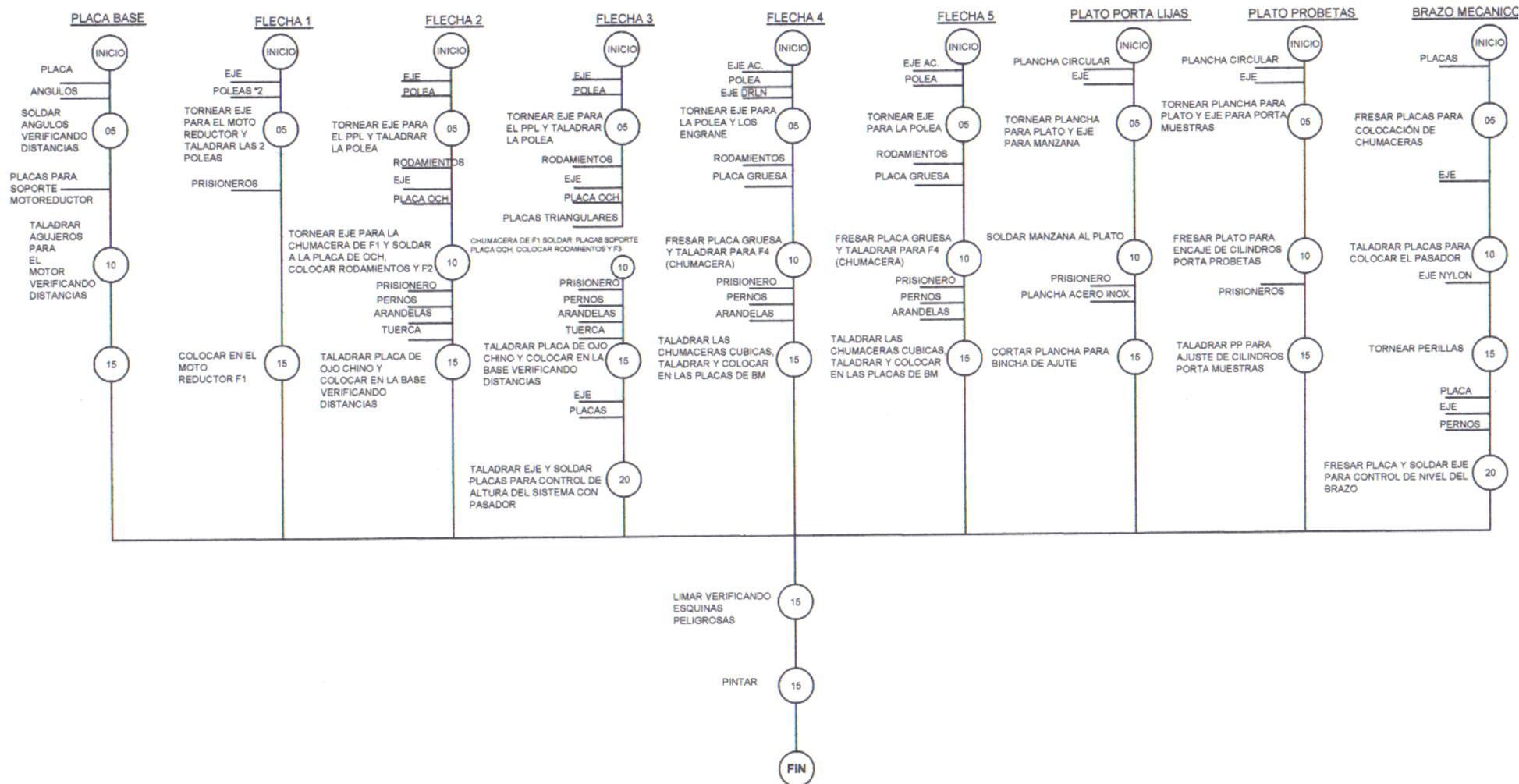


FIG. 4.17 DIAGRAMA DE OPERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE PULIDO METALOGRAFICO

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA BASE DEL SISTEMA

Se adquirió una plancha de acero estructural A36 de 50 * 50 cm de 4 mm de espesor la cual será el soporte de cada uno de los componentes de la máquina e inicialmente se procedió a la eliminación de los filos cortantes con la ayuda del esmeril.



FIG.4.18 ELIMINACIÓN DE PUNTAS CORTANTES DE LA BASE.

Se adquirió 2 m de ángulo de acero estructural A36 de 1 * 1/8 plg que servirán como las patas del sistema de pulido. Se cortó cuatro pedazos iguales se eliminó las puntas cortantes y se los soldó a la plancha principal.



FIG. 4.19 ESMERILADO DE ANGULO 1*1/8



FIG. 4.20 SUELDA DEL ANGULO A LA PLANCHA PRINCIPAL

4.2.2 DESCRIPCIÓN DEL MOTOREDUCTOR

Se adquirió un motoreductor con un motor trifásico de 1 Hp y 3320 rpm de y una caja reductora (tornillo sin fin corona) con relación de transmisión 10, que contiene 4 agujeros para su posicionamiento por lo que se hizo necesario la construcción de 2 placas 12 cm de largo, 1 de ancho y de $\frac{1}{2}$ plg de espesor que sirvan de apoyo.



FIG. 4.21 CONSTRUCCIÓN DE LAS PLACAS PARA SOPORTE DEL MOTOREDUCTOR



FIG. 4.22 MOTOR CON PLACA.

4.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA FLECHA DEL MOTOREDUCTOR

El diámetro interior de la caja reductora es de 25 mm por lo que se adquirió 1.5 m de acero de transmisión SAE 1018 de 1 1/8 plg de diámetro el cual se torneó de forma que encaje en la caja reductora con seguro de chavetero de 8 cm de largo y además que permita la colocación de dos poleas de 2/1/2 plg con 25 mm de diámetro interior en sus extremos para la transmisión de movimiento al resto de sistemas.



FIG. 4.23 FLECHA DE CAJA REDUCTORA

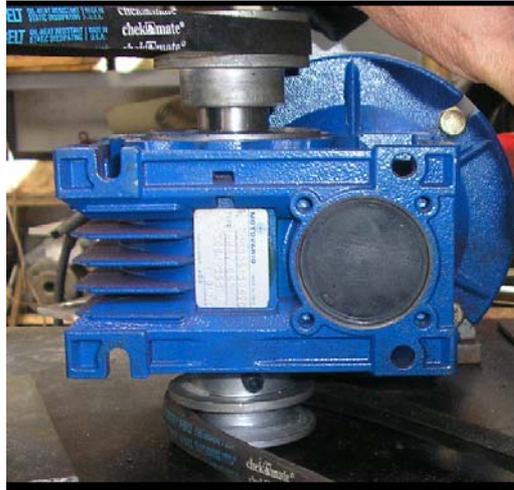


FIG. 4.24 FLECHA CON SUS DOS POLEAS EN LA CAJA REDUCTORA.

Cabe indicar que las poleas fueron perforadas en su centro con ayuda del torno y para su fijación en el sistema se utilizaron prisioneros de 1/4 * 1 plg en cada una para asegurar la transmisión de movimiento.

4.2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PLATO PORTA LIJAS.

La transmisión superior que sale de la parte superior del motoreductor servirá para la transmisión al plato porta lijas con la ayuda de una banda tipo V AP-22 y consta de una serie de elementos que se describen a continuación.

4.2.4.1 PLACA CON OJO CHINO.

Se utilizó una placa de 9.8 cm por lado de acero estructural A 36, se rectificó, e si realizó la perforación de cuatro agujeros de ojo chino que permitirán el ajuste de la banda.



FIG. 4.25 OJO CHINO PARA AJUSTE DE BANDA EN PLACA RECTIFICADA

4.2.4.2 CHUMACERA PARA PLATO PORTA LIJA.

Con el fin de lograr un movimiento adecuado para el plato se construyó una chumacera alargado 13.5 cm con dos rodamientos en su interior. Se adquirió 40 cm de acero de transmisión SAE 1018 de 2 ¼ plg de diámetro y dos rodamientos 60052 RS con recubrimiento de caucho.



FIG. 4.26 CHUMACERA PARA EL MOVIMIENTO DEL PLATO PORTA LIJAS.

4.2.4.3 PLATO PORTA LIJAS.

Se utilizó un plato de acero de transmisión SAE 1018 de 21 mm de diámetro y 6 mm de espesor para el plato y para la sujeción al eje se construyó una manzana de acero de transmisión SAE 1018.



FIG. 4.27 SUELDA DE MANZANA AL PLATO PORTA LIJAS



FIG. 4.28 RECTIFICADA DE LA SUPERFICIE DEL DISCO

4.2.4.4 FLECHA DEL PLATO PORTA LIJAS.

Se construyó un eje de acero de transmisión SAE 1018 con una geometría que permite el acoplamiento de la chumacera, la polea y el plato porta lijas. Para este fin se utilizó el torno y a continuación se observa una secuencia de las partes del sistema.

Primero se realiza un agujero en la placa base para el fácil mantenimiento del rodamiento de la base.



FIG. 4.29 AGUJERO DE LA PLACA CON OJO CHINO PARA POSTERIOR MANTENIMIENTO.

Posteriormente se une la chumacera a la placa base con la ayuda de suelda con la utilización de electrodo E6011, tomando en cuenta que los rodamientos deben estar desmontados para este procedimiento.



FIG. 4.30 SUELDA DE PLACA CON OJO CHINO A LA CAMISA DE LA CHUMACERA

Una vez soldada la base se procede a insertar los rodamientos y la flecha como se muestra en la figura.



FIG. 4.31 SISTEMA DE PLATO PORTA LIJAS CON RODAMIENTOS, FLECHA Y POLEA CON PRISIONERO $\frac{1}{4}$ * 5/16 PLG.

Una vez que se consiguió completar el trabajo de la primer sistema de transmisión se perfora la base principal de la máquina y se coloca el plato con sus componentes como se muestra en la figura.



FIG. 4.32 SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PLATO PORTA LIJAS ACOPLADO A LA BASE MEDIANTE 4 PERNOS UNF $\frac{1}{4}$ * 5/16 PLG

4.2.5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PORTA BRAZO.

Este sistema utilizará la transmisión baja del motoreductor por lo cual es importante describir cada una de sus partes.

4.2.5.1 CHUMACERA

De la misma forma como se realizó la chumacera en el sistema anterior se procedió a la construcción de una chumacera rígida, para lo cual se utilizó acero de transmisión SAE 1018 de 2 ¼ de plg, dos rodamientos 60052 RS.



FIG. 4.33 CHUMACERA DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN DEL BRAZO VISTA CON EL RODAMIENTO SUPERIOR EN SU INTERIOR.

4.2.5.2 SOPORTE

Como ya se indicó por la parte baja del motoreductor va a salir una banda tipo V AP 22 hacia este sistema por lo que se hace necesario elevarlo de manera que la polea colocada en su parte inferior no roce con la base principal. Es por esto que se utilizaron dos triángulos estructurales A 36 de 3 mm de espesor soldados a la chumacera y también soldados a una placa de ojo chino que servirá de soporte al sistema.



FIG. 4.34 ENSAMBLE DEL SOPORTE DEL SISTEMA PORTA BRAZO

4.2.5.3 CAMISA DE SUJECIÓN DEL BRAZO.

Este es un sistema recomendado para el ajuste de nivel que se deberá tener posteriormente en el brazo y consiste en un cilindro hueco que encaja de manera libre en la chumacera y con la ayuda de un pasador transversal plano se puede dar el ajuste de posición de manera sencilla y eficaz.



FIG. 4.35 CAMISA DE SUJECIÓN CON PASADOR PLANO.

4.2.5.4 ENGRANE

Para la construcción del engrane se utilizo duralón de 3 ½ plg de diámetro que es un polímero que permitirá que la transmisión de movimiento hacia el brazo sea silenciosa y moderada con el fin de evitar las posibles sacudidas de la máquina de pulido. La perforación central del engrane debe encajar ajustada por medio de dos prisioneros de $\frac{3}{4} * \frac{5}{16}$ plg.

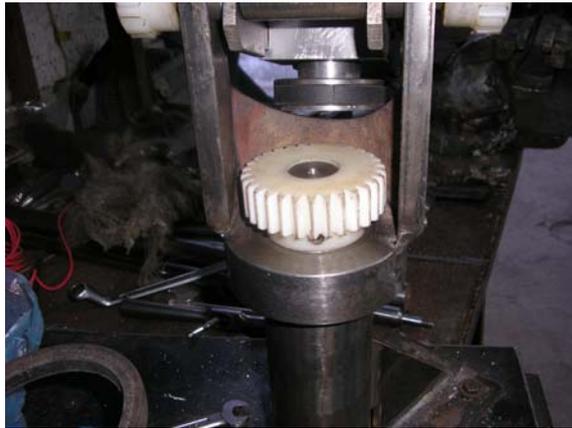


FIG. 4.36 ENGRANE DE DURALÓN DE 30 DIENTES CON MANZANA.

4.2.5.5 FLECHA

Para la construcción de la flecha se utilizó acero de transmisión SAE 1018, tomando en cuenta que deben encajar todos los elementos descritos anteriormente. De igual manera el mantenimiento de todas las piezas es relativamente sencillo pues este sistema tiene todas sus partes cambiables.



FIG. 4.37 TORNEADO DE LA FLECHA

Una vez que se consiguió completar el trabajo del segundo sistema de transmisión se perfora la base principal y se coloca la placa con ojo chino en la base por medio de 4 pernos de 7/16 * 1 plg como se muestra en la figura.



FIG. 4.38 COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL PORTA BRAZO.

4.2.6 BRAZO PORTA PROBETAS.

Este sistema utiliza la transmisión del engrane que quedo suelto del sistema anterior. Consta de dos placas en cuyo centro van a estar dispuestos todos los elementos que permitirás el posterior movimiento del plato porta probetas.

4.2.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS PLACAS.

Para la construcción de estas placas se adquirió dos placas de acero estructural A36 de 3 mm de espesor. En uno de sus extremos se realizaron perforaciones que permiten la colocación de dos manijas de seguridad que permitirán regular el movimiento de todos los elementos del sistema en 180°. Este sistema va a estar sujeto mediante dos placas de acero estructural A36 de ¼ plg. mediante suelda con electrodo revestido E6011 a la camisa de sujeción lo que permitirá el posterior control de la dirección tanto plana como vertical de todo el sistema del brazo. En la siguiente figura se observa que en uno de los extremos se ha colocado las placas de acero estructural A36 que permitirán el acople al sistema anterior, además se observa las perillas que permiten dar el ajuste de las placas, En la parte interna de donde se encuentran ubicadas las perillas se colocaron tres cilindros de acero de transmisión que permiten mantener la distancia entre las dos placas.



FIG. 4.39 PLACAS DEL BRAZO CON PERILLAS Y ESLABONES DE UNIÓN A CAMISA.

En las siguientes figuras se pueden observar los elementos internos de las perillas, su elaboración y su ensamble.

TABLA 4.2 Tabla de construcción de perillas

<p>ELABORACIÓN DE LA PERILLA</p>	<p>SISTEMA ROSCADO PARA SUJECIÓN DE PERILLA</p>	<p>SISTEMA DE SUJECIÓN COMPLETO CON CILINDROS INTERNOS</p>

FIG. 4.40, 4.41, 4.42 SISTEMA DE SUJECIÓN DEL BRAZO

Para la sujeción con el sistema de movimiento se soldaron las dos placas de acero estructural A36 a la camisa, se colocó un barra transversal que servirá de tope al brazo porta probetas y una semiluna también de acero estructural que brinda la rigidez necesaria al sistema además de la seguridad que necesita el engrane.



FIG. 4.43 SISTEMA DE UNIÓN DEL BRAZO PORTA PROBETAS

4.2.6.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CHUMACERAS DEL BRAZO

Para la construcción de este sistema se adquirieron dos cubos de acero estructural A36 de 6*6*6 cm. que servirán para la construcción de chumaceras que se van a colocar en el brazo. Se adquirieron 4 rodamientos internos 62032 RS. En la primera chumacera se colocó un engrane de DURALON de diámetro externo 90 mm con manzana y se manufacturaron dos poleas de hierro fundido para la posterior transmisión de movimiento de una banda de tipo V AP 26. En las siguientes figuras se muestra el detalle de los elementos mencionados.

TABLA 4.2 Elaboración de chumaceras cuadradas

	<p>FIG. 4.44 CUBO DE ACERO ESTRUCTURAL PARA ELABORACIÓN DE CHUMACERA</p>
	<p>FIG. 4.45 ELABORACIÓN DE CARRILES PARA FIJACIÓN EN LAS PLACAS DEL BRAZO</p>

	<p>FIG. 4.46 ELABORACIÓN DE AGUJEROS PARA RODAMIENTOS</p>
	<p>FIG. 4.47 VISTA LATERAL DE LAS CHUMACERAS.</p>
	<p>FIG. 4.48 COLOCACIÓN DE LAS CHUMACERAS EN EL BRAZO MEDIANTE 4 PERNOS DE 7/16 * ¾ PLG. CON ARANDELA.</p>

FUENTE: Propia

Como se mencionó anteriormente la poleas fueron realizadas en el torno para la cual se adquirió un eje de 2 ½ plg de hierro fundido.



FIG. 4.49 ELABORACIÓN DE POLEAS



FIG. 4.50 POLEAS DE HIERRO FUNDIDO

Cabe indicar que para la fijación de las chumaceras en las placas del brazo se hizo necesario dimensionar los carriles para lo cual fue indispensable la ayuda de la fresadora.



FIG. 4.51 ELABORACIÓN DE CARRILES EN LAS PLACAS DEL BRAZO

Para la elaboración de la chumacera se soldó en su parte baja un cilindro hueco que permite hacer que el sistema sea más rígido. A continuación en la figura se observan ya las partes de la chumacera ensambladas.



FIG. 4.52 SISTEMA DE CHUMACERAS ENSAMBLADO.

4.2.6.3 ENGRANE

El engrane del brazo fue hecho de DURALON por las mismas razones que se mencionaron anteriormente para el engrane transmisor este engrane tiene 40 dientes con lo que se logra una reducción de velocidad con relación al plato y se logrará realizar un movimiento aleatorio de las pastillas.



FIG. 4.53 ENGRANE DE LA CHUMACERA CUADRADA

Después de la realización de los elementos mencionados anteriormente se muestra en la figura el brazo mecánico de la máquina de pulido.



FIG. 4.54 BRAZO MECÁNICO.

4.2.7 DESCRIPCIÓN DEL PLATO PORTA PROBETAS.

4.2.7.1 PLATO

Como se mencionó en el capítulo anterior este sistema debe ser capaz de almacenar cuatro probetas del mismo diámetro 1 1/4 plg. Por lo que se adquirió una torta de acero estructural de 11 cm de diámetro y se manufacturo su interior que es donde van a ser colocadas las camisas de sujeción de probetas. Este plato va a ser colocado en la chumacera del brazo mecánico mediante una flecha de acero de transmisión SAE 1018.



FIG. 4.55 MANUFACTURACIÓN DEL PLATO EN TORNO (CON MANZANA)



FIG. 4.56 AGUJEROS PARA FIJACIÓN DE CAMISAS PORTA PROBETAS.

4.2.7.2 SISTEMA DE CAMISAS PORTA PROBETAS.

Este sistema consta de un cilindro de almacenamiento de probetas, un sistema de resorte en el cual se colocó un plato soldado a una guía y que se ensambla al cilindro principal mediante el uso de remaches.



FIG. 4.57 CILINDRO DE ALMACENAMIENTO DE PROBETAS.



FIG. 4.58 CILINDRO CON PLATILLO Y GUÍA



FIG. 4.59 SISTEMA DE SUJECIÓN DE PROBETAS ENSAMBLADO.

Una vez finalizada la manufacturación de este sistema se colocaron los cuatro cilindros porta probetas al plato principal, para esto se utilizaron prisioneros de $5/16 * 1/4$ plg. A continuación se observa el sistema.



FIG. 4.60 SISTEMA DE PLATO PORTA PROBETAS PARTE INFERIOR

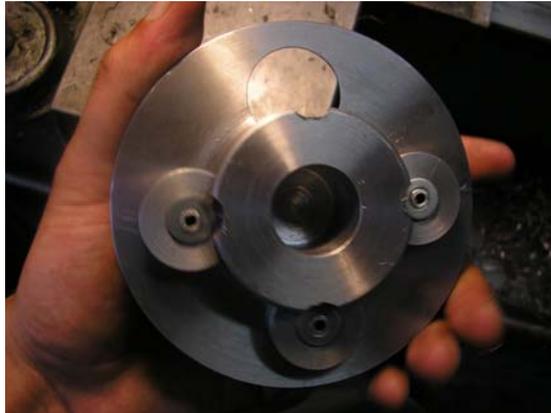


FIG. 4.61 SISTEMA DE FIJACIÓN DE PROBETAS PARTE SUPERIOR

4.2.8 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

Este sistema consta de un cilindro de acero inoxidable con capacidad de almacenar 1 ½ litros de agua que servirán para su utilización en el pulido tosco y en el pulido final. Consta de una llave cónica que permite regular el caudal del sistema mediante el uso de un tornillo plano en su parte interior y se encuentra unida al cilindro mediante tubería de 1/8 plg de acero inoxidable. Para la fijación en el sistema se construyó un pedestal que a su vez permite la sujeción de un plato donde se va a recolectar el agua utilizada que será desalojada por medio de una tubería colocada en su inferior que está conectada a una manguera que irá directamente al desagüe.

4.2.8.1 CILINDRO

Se adquirió acero inoxidable y se construyó el cilindro para almacenamiento de agua.



FIG. 4.62 CILINDRO PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA

4.2.8.3 LLAVE

Se utilizó una llave hecha de acero inoxidable que consta de un cono interno que permite regular el caudal del fluido mediante la utilización de un perno colocado en su parte inferior. Para unión de la tubería al tanque se utilizó suelda de argón.



FIG. 4.63 LLAVE UNIDA AL CILINDRO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

4.2.8.4 PEDESTAL PARA TANQUE DE AGUA.

Se armó una estructura que permita la fijación del tanque, además este sistema permite el ajuste de altura del plato de desfogue del agua ya utilizada. Todo este sistema se acopla a la base principal mediante dos pernos de $\frac{1}{4} * 1$ plg.



FIG. 4.64 PEDESTAL

4.2.9 ACCESORIOS PARA EL PLATO PORTA LIJAS.

Como la máquina ha sido diseñada para realizar todos los pasos de pulido se construyeron discos de acero inoxidable para cada una de las lijas y paños además de una bincha que permite el ajuste de las lijas al plato.



FIG. 4.65 DISCO DE ACERO INOXIDABLE.



FIG. 4.66 BINCHA DE SUJECIÓN DE LIJAS Y PAÑOS

4.2.10 SISTEMA DE ENCENDIDO Y APAGADO.

Se adquirió un interruptor industrial para corriente trifásica 220 V, además de cable triple Num. 18 y se lo instaló en el motor.



FIG. 4.67 SISTEMA ELÉCTRICO DE LA MAQUINA PULIDORA

4.2.11 DESCRIPCIÓN DE PINTURA DE LA MÁQUINA.

Se pintaron todos los elementos de la máquina a excepción de las partes donde encajan piezas móviles y los elementos que son de acero inoxidable. Se utilizó pintura anticorrosivo de color gris metálico.



FIG. 4.68 PINTURA PARA LA BASE



FIG. 4.69 PINTURA EN LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA PULIDORA

4.3 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.

El control del trabajo de pulido se basa en que las piezas a pulir como los paños y lijas pulidoras deben trabajar al mismo nivel es por esto que el sistema de medición se redujo al ajuste de la planitud entre las superficies del plato porta lijas y el del plato porta probetas. Para conseguir este objetivo se construyó un sistema de ajuste de altura para el brazo porta probetas.

4.3.1 SISTEMA DE FIJACIÓN DE ALTURA.

El sistema de brazo mecánico debe quedar lo mas paralelo posible con relación al plato porta lijas por lo que se realizó la manufacturación de un sistema de posicionamiento de altura de todo el brazo para lo cual se adquirió acero de transmisión de $\frac{1}{2}$ plg SAE 1018 en cuyo interior se colocó una perilla de tornillo a manera de macho, y en el brazo se colocó un cilindro soldado a un cilindro hembra. Ambos sistemas van sujetos por pernos, el de la base con pernos de $\frac{1}{4}$ * 7/16 plg y el del brazo con pernos de $\frac{1}{4}$ * $\frac{1}{2}$ plg.



FIG. 4.70 SISTEMA DE FIJACIÓN DE ALTURA DEL BRAZO

CAPITULO 5

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1 PUESTA A PUNTO

Es una operación que consiste en regular un mecanismo, un dispositivo, etc., a fin de que funcione correctamente. La puesta a punto de una máquina es de suma importancia para realizar de mejor manera los cálculos, medidas, pruebas, etc., para que los resultados obtenidos tengan una validez para el cliente o el beneficiario.

En la máquina de un sistema de pulido de probetas metálicas toca mantener énfasis en ciertos parámetros para que mejoren los resultados, siendo así de suma importancia verificarlos mediante pruebas de funcionamiento que permiten validar con mucha exactitud las probetas que se han puesto en práctica. Si las probetas no tienen un resultado aceptable entonces hay que hacer calibraciones en la máquina para que mejoren los resultados, y todo esto se lo puede hacer mediante un sin número de pruebas para que se ajuste a lo que se requiere.

5.1.1 CALIBRACIÓN DE LA ALTURA DEL BRAZO

Para realizar pulido en probetas metalográficas se debe tener un paralelismo entre el porta probetas y el plato porta lijas. Es por esta razón que se adaptado un mecanismo que permite variar la altura del brazo que sostiene el mecanismo del porta probetas, permitiendo así regular y permitir un paralelismo sin importar la medida de las probetas metalográficas.

Este mecanismo es similar a un tornillo milimétrico que permite ajustar mediante su giro la altura del brazo. A su vez el brazo tiene el mecanismo donde se va a colocar la cabeza del tornillo milimétrico, es decir el tornillo se acopla al brazo mediante un tipo de acople macho – hembra.



Figura 5.1 Acople del tornillo con el brazo



Figura 5.2 Tornillo milimétrico



Figura 5.3 Acople del brazo

Con esto se puede verificar el paralelismo que se debe tener al realizar las prácticas, pero si se requiere tener mayor exactitud entonces se puede complementar integrando un nivel electrónico que señale exactamente la posición de paralelismo en el que está trabajando la máquina pulidora.

5.1.2 CALIBRACIÓN DE LA DISTANCIA ENTRE POLEAS

Para la máquina de pulido de probetas metalográficas se necesitan 3 juegos de banda, por lo que estas necesitan un templado justo para que puedan trabajar sin dificultad.

La banda o correa de transmisión va unida en sus extremos, sirve para transmitir el movimiento rotativo de una rueda o polea a otra.

En la máquina va unido a juegos de poleas para transmitir el movimiento por lo que para su buen ajuste se ha hecho soportes donde van instaladas dichas poleas. Además del motor reductor sale una flecha que va acoplada a dos poleas, la polea superior da el movimiento del plato porta lijas, mientras que la polea inferior va acoplada a un mecanismo que hace que se mueva un par de engranes, los que a su vez van a dar el movimiento a un juego de poleas que conectadas dan el movimiento del plato porta probetas.

El ajuste de las bandas se lo hace mediante ojos chinos en los soportes, lo que da el ajuste necesario para realizar el movimiento que se requiere en las poleas.



Figura 5.4 Poleas y banda para mover el plato porta lijas con el soporte que tiene ojo chino para regular la distancia y el ajuste de la banda.



Figura 5.5 Soporte en construcción con dos ojos chinos.



Figura 5.6 Polea y banda inferior que va dar el movimiento de los engranes que se acoplan a la flecha de la polea.



Figura 5.7 Soporte en construcción con ojos chinos para regular el juste de las bandas que van a dar el movimiento a los engranes.



Figura 5.8 Poleas y banda que van a dar el movimiento del porta probetas.



Figura 5.9 Soporte con ojos chinos para regular el ajuste de la banda que va a mover el porta probetas.

Con las fotos mostradas se puede visualizar mejor el trabajo que hacen los 3 juegos de poleas y bandas, y como se hace el perfecto ajuste para el funcionamiento de la máquina pulidora, esto se lo realiza mediante el movimiento de los pernos que van en cada soporte, y al moverlos de posición en los ojos chinos tenemos una distancia que ajusta o afloja a la bandas ya sea para el movimiento y trabajo de la máquina o sea para el desarme de las piezas involucradas.

5.1.3 PROBETAS DE ENSAYO

Para realizar las pruebas de pulido metalográficas se escogió los siguientes materiales.

BRONCE.- Aleación compuesta sobre todo de cobre y estaño. El cinc, el plomo y otros metales se encuentran ocasionalmente en el bronce que se fabrica hoy.



Figura 5.10 Corte de las probetas de bronce.



Figura 5.11 Probetas de bronce.

ACERO DE TRANSMISIÓN.- Contienen wolframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que les proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad.



Figura 5.12 Corte de probetas de Acero de Transmisión.



Figura 5.13 Probetas de Acero de Transmisión.

Para realizar las pruebas de pulido metalográfico en las siguientes probetas se debe hacer un montaje en baquelita como se verá más adelante.

5.1.4 MONTAJE DE LAS PROBETAS METALGRÁFICAS EN BAQUELITA

Para el pulido metalográfico se requiere que las probetas tengan un montaje previo para que obtengan un mismo diámetro y una misma altura para que así facilite la labor del pulido.

Esto hace que las probetas puedan ser trabajadas y puestas en el porta probetas que tiene de diámetro 1 ¼ pulg., similar a las probetas si tienen un montaje en la baquelita.

En la práctica el montaje se lo hizo en premoldes, esto quiere decir que hay patrones para la realización del montaje de las probetas metalográficas, de este modo la probetas tendrán el mismo diámetro y altura.



Figura 5.14 Premoldes

A continuación se procede al montaje que consta de los siguientes pasos:

5.1.4.1 Montaje de la probeta metalográfica

En este primer paso se procede a colocar en un cilindro hueco metálico la probeta metalográfica con su cara más plana en la parte de abajo, seguido a su vez del premolde y después de esto se cierra con un cilindro macizo por los dos lados del cilindro hueco.



Figura 5.15 Montaje de la probeta y el premolde en el cilindro.



Figura 5.16 Sellado del cilindro. Adentro está la probeta y el premolde.

5.1.4.2 Montaje del cilindro en la prensa.

Seguido de esto se coloca el cilindro en la prensa para darle una presión, que aproximadamente es de 4200 psi. Esto hace que se cierre el cilindro y tanto la probeta y el premolde queden presionados uno con el otro.



Figura 5.17 Montaje del cilindro en la prensa.



Figura 5.18 Manómetro que indica la presión a la que debe ser sometida el cilindro. 4200 psi.

5.1.4.3 Aplicación de Calor.

Después de haber llegado a la presión requerida, se somete a una fuente de calor aprox. 200 °C, esto hace que la presión empiece a ceder, por lo que se debe seguir dando una presión y mantener casi constante a 4200 psi, el cilindro. Esta aplicación termina cuando ya se ha apagado el foco indicador (aprox. 5 minutos), lo que indica que la unión del premolde con la muestra metalográfica se ha logrado.

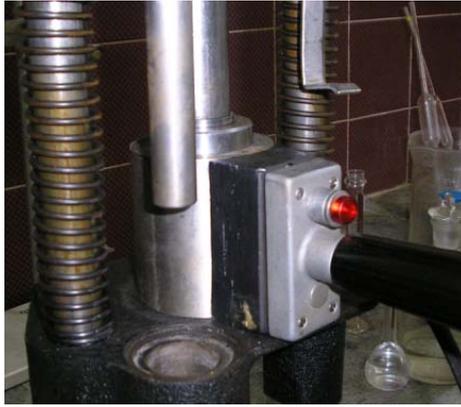


Figura 5.19 Aplicación de calor en el cilindro.

5.1.4.4 Enfriamiento del cilindro.

Después de haber calentado se requiere de un enfriamiento, y esto se lo hace mediante dos sujetadores que van a absorber el calor del cilindro, haciendo más rápido su enfriamiento para llegar al desmontaje.



Figura 5.20 Enfriamiento del cilindro.

5.1.4.5 Desmonte de la probeta metalográfica.

Después en la misma prensa se hace el desmonte de la probeta metalográfica lista para ser utilizada. Aquí el resultado es una probeta que tiene las dimensiones requeridas para que funcione en la máquina pulidora.



Figura 5.21 Desmontaje del cilindro.

5.1.4.6 Resultado final.

Después de estos pasos el resultado es una probeta metalográfica que tiene un diámetro de 1 ¼ pulg., y una altura aproximada de 1 pulg.



Figura 5.22 Probetas metalográficas de acero de transmisión. Resultado final y lista para empezar la prueba.



Figura 5.23 Probetas metalográficas de bronce. Resultado final y lista para empezar la prueba.

5.1.5 PRUEBAS EN MÁQUINAS DEL LABORATORIO DE METALURGIA.

Una vez obtenidos las probetas se empieza por el desbaste tosco. Esta se la hace con una lija 120, la cual arrancará el exceso de baquelita. La máquina que se utilizó es de tipo manual y aproximadamente el tiempo utilizado para el desbaste de cada probeta es de 10 minutos.



Figura 5.24 Desbaste tosco de la probeta con lija 120.

Seguidamente se procede con el desbaste intermedio que utiliza lijas 240, 320, 400, esto hace que la probeta baya obteniendo ralladuras mas finas ya que el tamaño de grano de cada lija es cada vez menor. Este es un proceso manual y se requiere aproximadamente 5 minutos por cada probeta para que esté listo el desbaste intermedio.

El último desbaste es el fino que utiliza una lija 600, esto es la última etapa para entrar al pulido con los paños. Aquí las ralladuras son más finas. El procedimiento es manual y cada probeta necesita aproximadamente 5 minutos para este tipo de desbaste fino.

El tipo de refrigeración que se utiliza en esta etapa es de agua corriente, ya que así se van eliminando las partículas desprendidas por el desbaste. En cada paso es importante lavar la muestra y secarla para tomar la respectiva foto, si no se hace lava y seca la probeta la foto estará llena de partículas y no se apreciará claramente las rayas que se quieren ver en el proceso de desbaste.



Figura 5.25 Desbaste intermedio y fino. Lijas 240, 320, 400 y 600. En este momento se utiliza la lija 240 para el desbaste.

Para el pulido se debe hacer el trabajo con paños, el primero hace que las rayas vayan disminuyendo y se lo conoce como pulido intermedio, en este se utiliza un paño acompañado de pasta de diamante mezclado con aceite. La máquina que la realiza es manual y toma aproximadamente cuatro minutos por cada probeta para terminar el trabajo.

El segundo pulido es el fino que consta de un paño donde se utiliza alúmina con agua destilada, en este paso lo que se requiere es eliminar al máximo las ralladuras y que quede un pulido espejo. A partir de este pulido se puede hacer las diversas prácticas químicas con las probetas, pero eso ya no es parte de este tema. Igualmente es un proceso manual que toma aproximadamente cuatro minutos por probeta para realizarlo.



Figura 5.26 Pulido intermedio. Utilizamos pasta de diamante y aceite.

5.1.6 PRUEBAS USANDO LA MÁQUINA PARA PROBETAS METALGRÁFICAS

Para poder comparar los resultados se debe hacer algunas pruebas con nuestra máquina, es así que se utilizarán probetas de bronce y acero similares a las utilizadas en el pulido manual.

La máquina tiene un porta probetas que puede hacer un trabajo simultáneo en cuatro probetas por lo que se ahorra mucho tiempo que hacerlo de una forma manual.

El plato porta lijas es cambiable, es decir podemos intercambiar cuando se desee las lijas y los paños.

Para el desbaste tosco se utilizó la lija 120, 240, 320, 400, 600 aproximadamente cuatro minutos por cada lija.

Para el pulido de la misma manera tenemos platos intercambiables para poder utilizar cuando se requiera. Es importante acotar que la sujeción de los platos se lo hace mediante un anillo metálico que aprisiona al plato con la lija o paño para que este no se salga o este flojo y así no pueda trabajar correctamente.

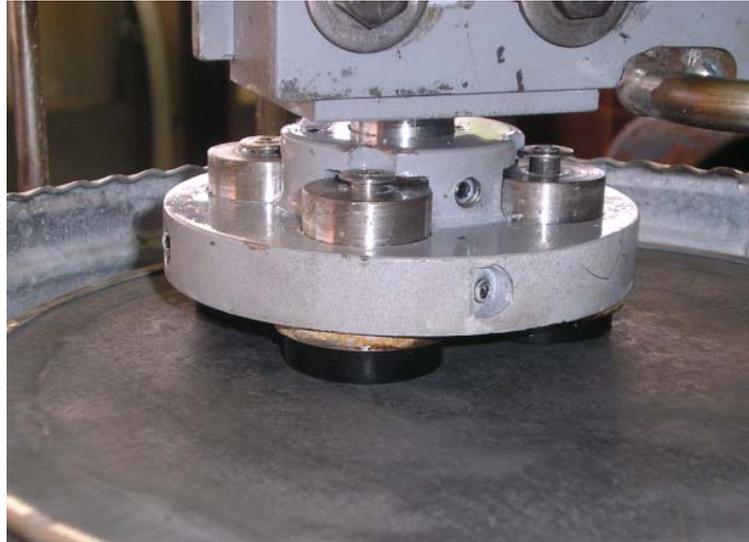


Figura 5.27 Pulido de las cuatro probetas con la máquina pulidora.



Figura 5.28 Máquina en trabajo de desbaste con cuatro probetas.

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS USANDO METALOGRAFÍA COMPUTARIZADA.

Para analizar los resultados es necesario realizar las pruebas o ensayos y así verificarlos con algún dato que se tenga en el Laboratorio de Metalurgia. En nuestro caso la comparación de resultados lo haremos mediante pruebas hechas en las máquinas pulidoras con la que consta actualmente el Laboratorio, y la máquina pulidora que se diseño para este tipo de pruebas.

5.2.1 COMPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

5.2.1.1 MUESTRAS DE ACERO DE TRANSMISIÓN Y BRONCE

5.2.1.1.1 Desbaste Tosco

Para este tipo de desbaste utilizamos la lija 120 para empezar con las pruebas en las muestras. A continuación presentamos las fotografías tomadas por medio de un microscopio electrónico y la foto computarizada.

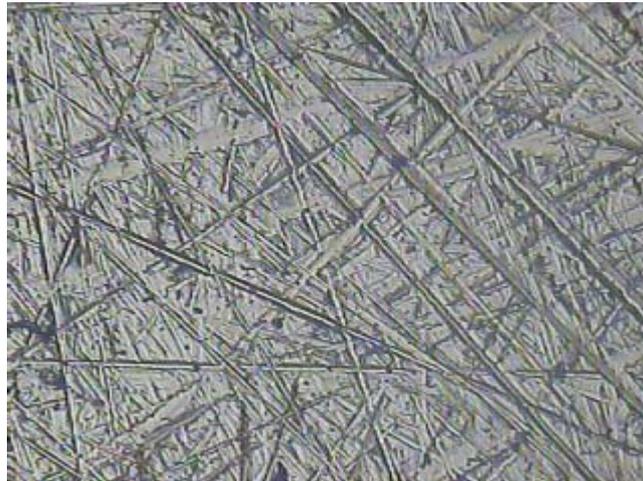


Figura 5.29 Lija 120 Acero de Transmisión máquina de Laboratorio de Metalurgia



Figura 5.30 Lija 120 Acero de Transmisión máquina pulidora metalográfica

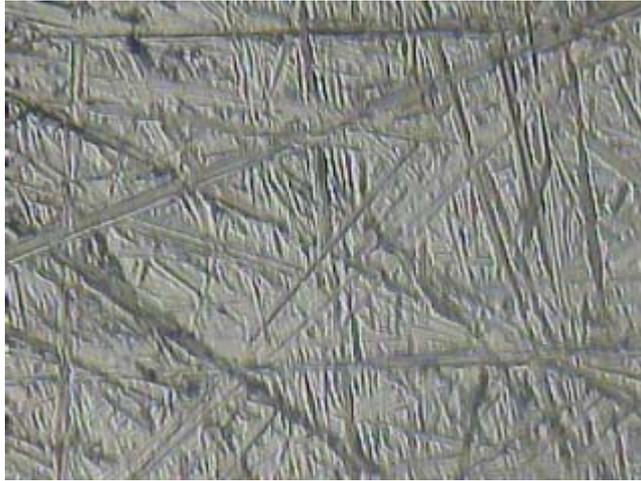


Figura 5.31 Lija 120 Bronce máquina de Laboratorio de Metalurgia

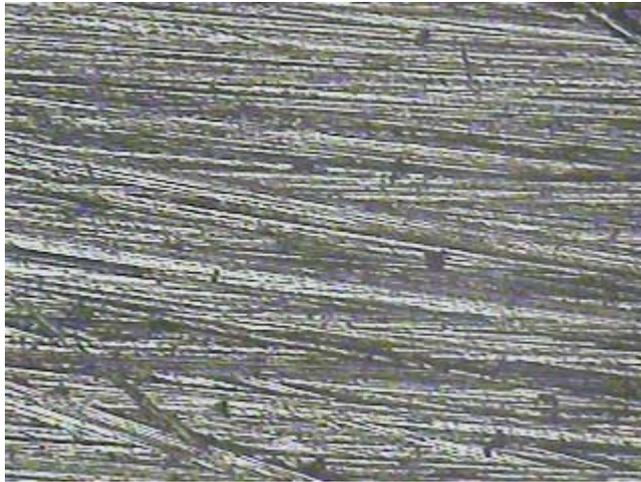


Figura 5.32 Lija 120 Bronce máquina pulidora metalográfica

5.2.1.1.2 Desbaste intermedio

En este punto necesitamos hacer un desbaste con las lijas 320 y 400, como vemos en las fotografías las ralladuras van desapareciendo mientras aumenta el número de la lija.

LIJA 320

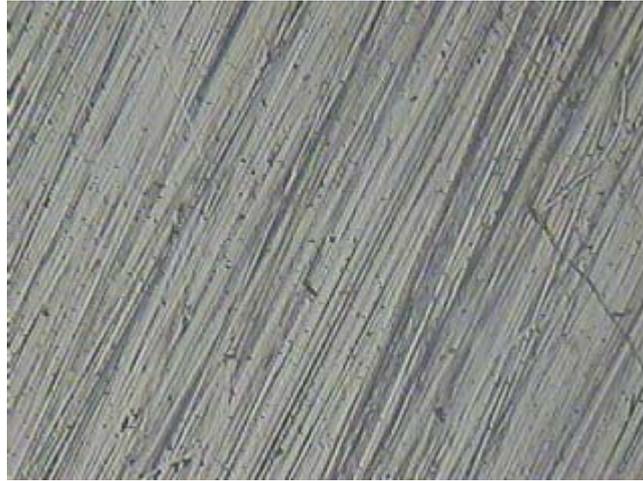


Figura 5.33 Lija 320 Acero de Transmisión máquina de Laboratorio de Metalurgia

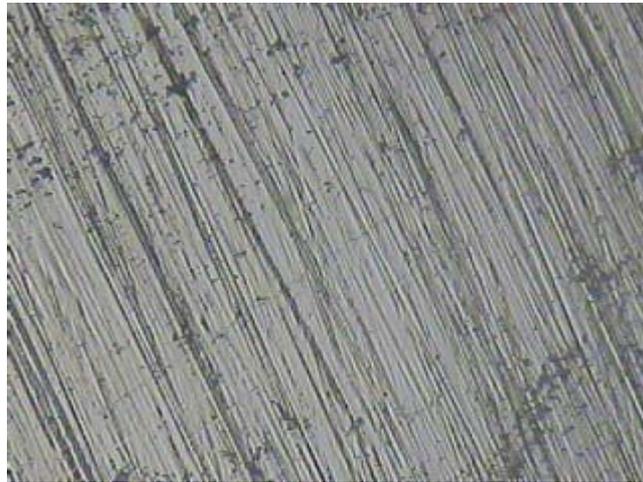


Figura 5.34 Lija 320 Acero de Transmisión máquina pulidora metalográfica



Figura 5.35 Lija 320 Bronce máquina de Laboratorio de Metalurgia

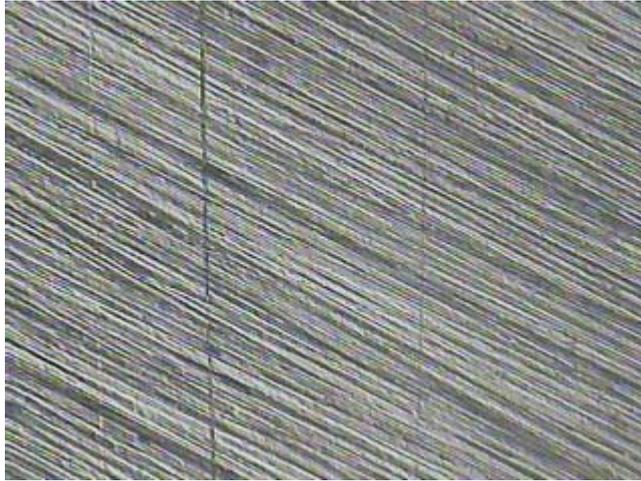


Figura 5.36 Lija 320 Bronce máquina pulidora metalográfica

LIJA 400

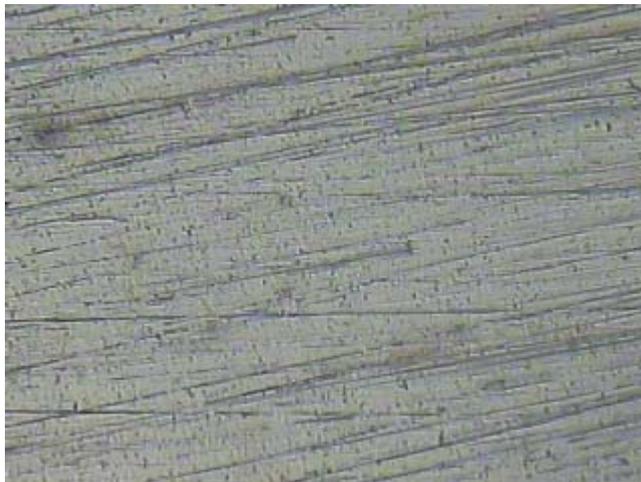


Figura 5.37 Lija 400 Acero de Transmisión máquina de Laboratorio de Metalurgia



Figura 5.38 Lija 400 Acero de Transmisión máquina pulidora metalográfica



Figura 5.39 Lija 400 Bronce máquina de Laboratorio de Metalurgia



Figura 5.40 Lija 400 Bronce máquina pulidora metalográfica

5.2.1.1.3 Desbaste fino

Se utiliza la lija 600 y es el último desbaste para entrar a los paños. Se deben ver menos ralladuras. La comparación se las ve en las siguientes fotografías.



Figura 5.41 Lija 600 Acero de Transmisión máquina de Laboratorio de Metalurgia

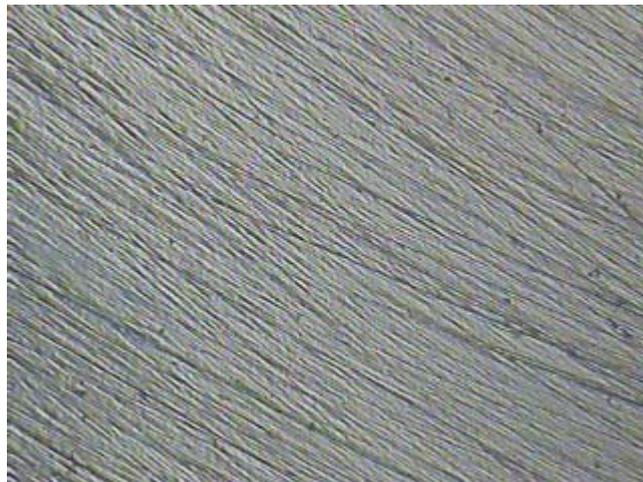


Figura 5.42 Lija 600 Acero de Transmisión máquina pulidora metalográfica

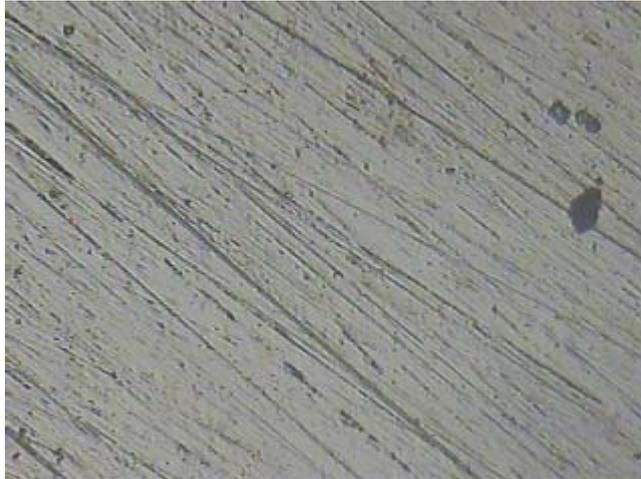


Figura 5.43 Lija 600 Bronce máquina de Laboratorio de Metalurgia



Figura 5.44 Lija 600 Bronce máquina pulidora metalográfica

5.2.1.1.4 PULIDO INTERMEDIO

Este tipo de pulido se lo hace con un paño utilizando pasta de diamante con aceite de máquina. Esto hace que las ralladuras ya desaparezcan en un alto porcentaje por lo que cada vez nos acercamos a un pulido espejo. Las fotografías muestran menos ralladuras.

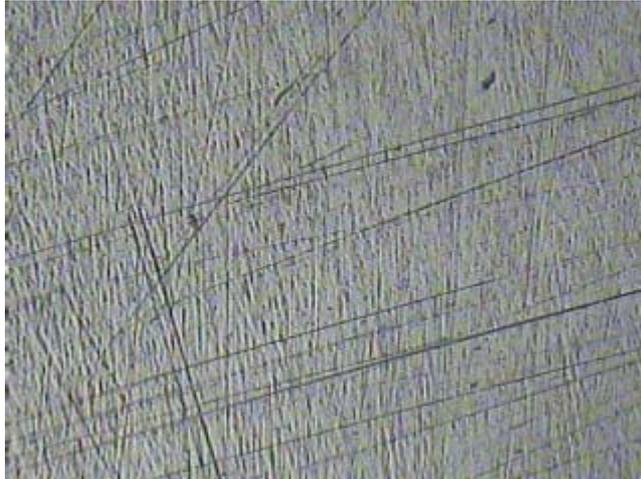


Figura 5.45 Paño con pasta de diamante y aceite Acero de Transmisión máquina pulidora metalográfica



Figura 5.46 Paño con pasta de diamante y aceite Bronce máquina de Laboratorio de Metalurgia

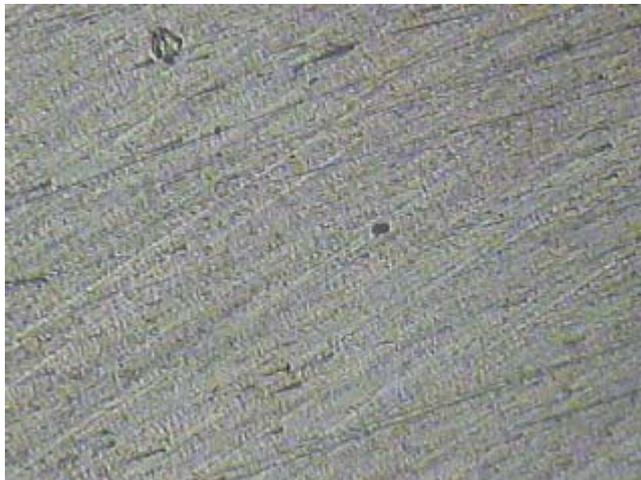


Figura 5.47 Paño con pasta de diamante y aceite Bronce máquina pulidora metalográfica

5.2.1.1.5 PULIDO FINAL

Utilizamos alúmina con agua destilada y es el último paso de las pruebas que se hace a las probetas metalográficas.



Figura 5.48 Paño con pasta alúmina Acero de Transmisión máquina de Laboratorio de Metalurgia



Figura 5.49 Paño con alúmina y aceite Acero de Transmisión máquina pulidora metalográfica



Figura 5.50 Paño con alúmina Bronce máquina de Laboratorio de Metalurgia



Figura 5.51 Paño con alúmina Bronce máquina pulidora metalográfica

Como se puede observar en las fotografías finales los resultados del pulido tanto manual como en la máquina de pulido metalográfico son similares lo que garantiza el buen funcionamiento del sistema diseñado.

CAPITULO 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

6.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Aquí vamos a desarrollar y detallar la evaluación de los costos y gastos realizados para la realización de este proyecto.

6.1.1 COSTOS DEL PROYECTO

6.1.1.1 Costos Indirectos

6.1.1.1.1 Misceláneos

TABLA 6.1 Costos Misceláneos

ÍTEMS	USD
Útiles de oficina, Computadora, Internet	90
Combustibles y lubricantes	40
Uso de vehículos	80
Servicios Básicos	30
Otros gastos de funcionamiento	40
Subtotal 1	280

Fuente: Propia

6.1.1.2 Costos Directos

6.1.1.2.1 Remuneración a profesionales

TABLA 6.2 Remuneración a profesionales

Cant.	Posición	Título	Horas	USD / Hora	USD
1	Director	Ing. Mecánico	30	20	600
1	Codirector	Ing. Mecánico	20	20	400
Subtotal 2.1					1000

Fuente: Propia

6.1.1.2.2 Remuneración a no profesionales

TABLA 6.3 Remuneración a no profesionales

Cantidad	Posición	Horas	USD Valor	USD Valor Total
1	Mecánico de Precisión	100	10	1000
1	Electricista	5	10	50
Subtotal 2.2				1050

6.1.1.2.3 Adquisición de materiales y equipos

TABLA 6.4 Costos de materiales y equipos

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Valor Total (USD)
1	Motoreductor Ortogonal (Tornillo Sin Fin Corona) 1HP – 3320 rpm	425.60	425.60
1	Acero de Transmisión 3 ½"	3.50	3.50
2	Cable Sucre 3 x 18 metro	0.85	1.70
1	Acero Inoxidable (1.22 x 1.22) m ² . e = 1 mm	34.79	34.79

	(brillante)		
2	Correa en V industrial	3.13	6.26
1	Plancha de acero e = 5mm. (0.5 x 0.5) m ²	9.32	9.32
1	Pieza de acero ø = 110 mm. e = 30 mm	2.73	2.73
1	Pieza de acero ø = 210 mm. e = 25 mm	13.01	13.01
2	Pieza de acero 60 x 60 x 50 mm	2.00	4.00
1	Polea de 2 1/2 " (2 canales)	2.24	2.24
6	Rodamientos 60052RS	4.34	26.07
1	Correa Laico Durapower	4.00	4.00
1	Placa de acero 25 x 12 x 5mm	1.50	1.50
4	Placa de acero 20 x 1 x 1/8 plg	0.49	1.96
2	Placa de acero 11 x 2 x ¼ pulg	0.67	1.34
1	Plancha de acero Inox. 0.5 x 0.5 m ² . e = 1mm	6.35	6.35
1	Correa Dayco Durapower	4.40	4.40
20	Prisionero 5/16 x ¾	0.40	8.00
1	Acero de transmisión ¾ x 1 plg	1.50	1.50
1	Acero de transmisión ø = 1 1/8 x 59 plg	17.00	17.00
1	Acero de transmisión ø = 2 ¼ x 16 plg	18.40	18.40
1	Botonera Marcha Paro 30 A	4.00	4.00
2	Polea de 2 ½ " 1 canal	1.40	2.80
2	Polea de 2 ½" 1 canal de acero	12.00	24.00
20	Arandela plana 3/16	0.021	0.42
1	Enchufe 15 A 125/250V	1.70	1.70
1	Duralón ø = 3 plg. 5 plg largo.	22.00	22.00
9	Cable 10 Flexible	0.67	6.00
30	Pernos 7/16 "	0.15	4.50
1	Toma Corriente 125/250 V	4.50	4.50
1	Thinner laca 1 lt.	1.00	1.00
1	Esmalte gris Anticorrosivo ¼ galón	2.42	2.42
1	Manguera flexible 2 mts	0.60	1.20
15	Electrodos E6011	0.30	4.50
1	Nivel tres posiciones	2.00	2.00

1	Varios	30.00	30.00
Subtotal 2.3			704.71

Fuente: Propia

6.1.1.2.4 Costos de diseño

TABLA 6.5 Costos de diseño

Cantidad	Posición	Horas	USD / Hora	Valor Total (USD)
2	Estudiantes	160	5	800
1	Metal Mecánica de Precisión	30	10	300
Subtotal 2.4				1100

Fuente: Propia

6.1.1.2.5 Otros Costos Directos

TABLA 6.6 Otros Costos Directos

Cantidad	Descripción	Precio Unitario (USD)	Valor Total (USD)
5	Ensayos Pulido con Acero	15	75
5	Ensayos Pulido con Bronce	15	75
1	Calibración	30	30
Subtotal 2.5			180

Fuente: Propia

TABLA 6.7 Total Costos Directos

SUBTOTAL 2	4034.71
-------------------	----------------

Fuente: Propia

6.1.1.2.6 Total General de Costos del Proyecto

TABLA 6.8 Total General de Costos del Proyecto

TOTAL GENERAL COSTOS DEL PROYECTO (USD)	4314.71
--	----------------

Fuente: Propia

De este valor debemos sustraer los costos de diseño y costos indirectos ya que estos valores no forman parte del costo de producción.

Por lo tanto el costo total del equipo es: $4314.71 - 1100 - 280 = \mathbf{2934.71 \text{ USD}}$

6.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera trata acerca de como es el financiamiento y cual es la forma que se propone recuperar la inversión.

6.2.1 CRITERIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Este criterio plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto VAN es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual.

$$VAN = \sum_{T=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

BNt: Beneficio neto del Flujo de periodo t.

lo : Inversión inicial
 n : número de años
 i : tasa de descuento

El método del VAN nos permite conocer la rentabilidad del proyecto interpretando el resultado obtenido.

En el Laboratorio de Metalurgia de la FIME se estima que se realizan doce ensayos de metalografía computarizada al mes a un costo de veinte y cinco dólares por ensayo. Esto quiere decir que el Laboratorio recibe la cantidad de \$300 mensuales y por lo tanto \$3600 anuales.

La proyección se la realiza a cinco años. El costo de realizar ensayos de metalurgia computarizada se incrementa en 25% cada año acorde a la inflación.

Tabla 6.9 Cálculo del VAN

n	0	1	2	3	4	5
lo	2934,71					
BN		3600,00	4140,00	5175,00	6468,75	8085,94
i	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%
$(1+i)^n$	1,00	1,25	1,56	1,95	2,44	3,05
Fcd		2880,00	2649,60	2649,60	2649,60	2649,60
VAN	10543,69					

Fuente: Propia

6.2.2 EL CRITERIO DE LA TAZA INTERNA DE RETORNO

El criterio de la tasa interna de retorno TIR evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual, en otra palabras es lo mismo que calcular el VAN del proyecto igual a cero.

La fórmula es la siguiente:

$$0 = \sum_{T=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

La tasa así calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si el TIR es igual o mayor que esta el proyecto es rentable.

Tabla 6.10 Cálculo del TIR

n	0	1	2	3	4	5
lo	2935					
BN	-2634,71	3600,00	4140,00	5175,00	6468,75	8085,94
TIR	152%					

Fuente: Propia

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. La máquina de pulido metalográfico realizó el pulido de las muestras de mejor manera cuando se redujeron las vibraciones del sistema mediante el ajuste correcto de sus elementos
2. Se pudo notar que el movimiento que transmiten las bandas es el correcto siempre y cuando el ajuste de estos elementos sea el adecuado.
3. Cuando se trabajan cuatro muestras similares los resultados del pulido se obtienen en aproximadamente veinte minutos lo que reduce de manera considerable el ensayo que se lo realizaba de manera manual que demora aproximadamente dos horas y media.
4. El sistema funcionó adecuadamente cuando se trabajó con indistinto número de muestras (menores a cuatro).
5. En el plato porta probetas existe la dificultad de descenderlo con las muestras colocados por cuanto se hace necesario el uso de los dedos para que las muestras no se desprendan.
6. El costo del proyecto es de 4014.71 USD lo que justifica su realización, ya que la compra e importación de una máquina de pulido de similares características tiene un valor aproximado entre 15000 y 25000 USD (Dato Ing. Mora)

7.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar una máquina de similares características requiere la utilización de materiales antioxidantes debido a que el uso de abrasivos produce daños en un sistema que no este protegido adecuadamente.
2. Para que los ensayos sean aceptables se deben usar únicamente moldes de 1 ¼ plg., puesto que el diseño del plato porta probetas es solo para ese diámetro.
3. las muestras que van a ser estudiadas preferentemente deben estar montadas en un extremo de la baquelita pues es ahí donde siempre se produce una plenitud evidente.
4. la calibración de la máquina de pulido automática se enfoca en que las dos superficies del plato porta lijas y el plato porta probetas sean lo más paralelos posibles es así que se recomienda la utilización de un medidor de nivel.
5. Para un mejor desempeño de la máquina las muestras deben ser lo más similares en su altura y esto se lo consigue utilizando premoldes o pesando el material de montaje en polvo con la balanza digital electrónica existente en el Laboratorio además de utilizar correctamente los parámetros que el montaje de las baquelitas requieren.
6. Se debe poner énfasis en realizar el mantenimiento preventivo ya que con esto se podría evitar daños secundarios en el equipo y además decrece el trabajo adicional de personal de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MOTT, ROBERT L., Diseño de elementos de máquinas. Traducido del inglés por Arturo Córdova Just. Segunda edición, México DF, México. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A. 1992. 787 p.
- SHIGLEY, J. E. y MISCHKE, C. R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Traducido del inglés por Javier León Cárdenas. 6ta. Ed. México. MCGRAW-HILL. 2002. 1257 p.
- NORTON, R. L. Diseño de Máquinas. Traducido del inglés por Ing. Gabriel Sánchez García. Primera Edición. México. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A. 1999. 1080 p.
- MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico. Tomo I y II. Traducido del inglés por Francisco G. Noriega. Tercera Edición en español. Naucalpan de Juárez, Estado de México. MCGRAW-HILL, 1995.
- KEHL, GEORGE, Fundamentos de la práctica metalográfica, Traducido del Inglés por Peter Jackson, Quinta Edición. México DF. 1994. 643 p.
- SMITH, WILLIAM F. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales. Traducido del inglés por Jesús Martín Gil. Segunda Edición. España. MCGRAW-HILL. 1997. 925 p.

SITIOS DE INTERNET

- www.mty.itesm.mx, Instituto Tecnológico de Monterrey, México, 2002.
- www.buehler.com , USA, 2005.
- www.uncu.edu.ar/TPMetalografia.pdf, Argentina, 2005.

ANEXO A

PLANOS

ANEXO B

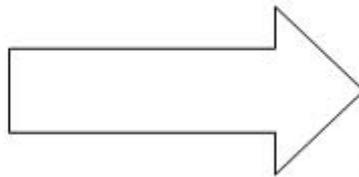
Manual del Usuario

GENERALIDADES

La máquina de pulido mecánica puede realizar el trabajo de pulido y desbaste de probetas metalográficas de manera simultánea. El sistema está compuesto de un moto reductor y de una serie de dispositivos mecánicos que permiten la colocación de muestras y el intercambio de lijas y paños de pulido.

Para obtener óptimo resultados se detallan a continuación los pasos que se deben seguir para la utilización de la máquina de pulido metalográfico.

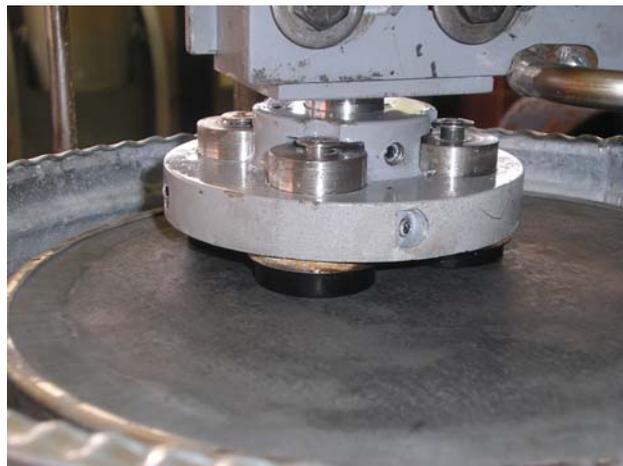
- La máquina debe estar conectada a una fuente trifásica de 220 V caso contrario un defecto en la conexión podría dañar el motor eléctrico.



- Las muestras a ser trabajadas deben ser del mismo diámetro (1 ¼ plg) y la posición de colocación en el porta probetas debe ser cuando los engranes y la máquina se encuentren desconectados.
- Desajustar la bincha de seguridad del plato porta lijas y colocar la lija que se desee (empezando por la más gruesa). Una vez colocada la lija se debe tener en cuenta que el seguro que se utiliza es un seguro de presión por lo que es importante verificar que la lija este bien sujeta al sistema.



- Una vez colocadas el número de probetas a ser pulidas y la lija se debe descender el brazo hasta que éstas queden apoyadas en el plato porta lijas.



- Una vez colocadas el brazo en posición adecuada se debe ajustar el seguro que permite regular la altura de trabajo de las probetas además de permitir que el sistema no vibre demasiado y pueda incurrir con errores en el ensayo. Es importante tener precaución en la fijación de la altura puesto que si está regulada muy bajo las lijas que se utilizarán posteriormente pueden causar serios daños en el sistema de plato porta muestras.



- Una vez realizados los pasos y recomendaciones anteriores se debe encender la máquina apilastando el botón negro ON colocado en el interruptor, es ahí que la máquina empieza su trabajo de pulido y de manera seguida se debe abrir la llave que contiene agua para refrigerar las probetas (para los pasos de pulido donde se utilizan lijas.).



- Finalmente se deben dejar a las probetas por un lapso de tres a cinco minutos (dependiendo la dureza del material) realizando el trabajo de pulido con cada lija. Una vez culminado el trabajo de cada lija se lavan las probetas se limpian las impurezas del porta probetas y se cambian las lijas asegurándose de que la bincha siempre quede asegurada en cada uno de los pasos de la práctica.



ANEXO C

Características del reductor

ANEXO D

Documentos de Apoyo