



Universidad Nacional De Ingeniería
Recinto Universitario “Pedro Arauz Palacios”
Facultad De Tecnología De La Industria
Ingeniería Mecánica

“Reactivación y Rediseño de Vibrocompactadora para Cumplimiento de Norma”.

AUTORES

Br. Jury Gabriel Pérez Almendares.

Br. Dennis Evenor Suarez Cortez.

TUTOR

Ing. William Urbina Espinoza.

Managua, 11 de Diciembre del 2015.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

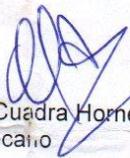
A: Brs. Jury Gabriel Pérez Almendarez
 Dennys Evenor Suárez Cortez

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA Miércoles 18 de junio del 2014

Por este medio hago constar que su trabajo de Investigación Titulado "Reactivación y Rediseño de Vibrocompactadora para Cumplimiento de Norma". Para obtener el título de Ingeniero Mecánico, y que contara con el Ing. William Urbina Espinoza, como profesor guía, ha sido aceptado por esta Decanatura por lo que puede proceder a su realización.

Cordialmente,


Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



Cc: Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

A: Brs. Jury Gabriel Pérez Almendarez
Dennis Evenor Suárez Cortez

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA viernes 12 de junio del 2015

Por este medio hago constar que la solicitud de prórroga para el trabajo de Investigación Titulado **“Reactivación y rediseño de vibrocompactadora para cumplimiento de norma”** .Para obtener el título de Ingeniero mecánico, y que contara con el Ing. William Emigdio Urbina Espinoza, Como profesor guía ha sido aprobado para el día 11 de Agosto del 2015.

Cordialmente,

Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



C/c Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

DECANATURA

A: Brs. Jury Gabriel Pérez Almeyda
Dennis Evenor Suárez Cortez

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA viernes 11 de Agosto del 2015

Por este medio hago constar que la solicitud de prórroga para el trabajo de Investigación Titulado **“Reactivación y Rediseño de Vibrocompactadora para Cumplimiento de Norma”**. Para obtener el título de Ingeniero mecánico, y que contara con el Ing. William Emigdio Urbina Espinoza, Como profesor guía ha sido aprobado para el día viernes 11 de diciembre del 2015.

Cordialmente,



C/c Archivo

Managua, 11 de Diciembre de 2015

Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano F.T.I.
UNI

Sus manos.

Estimado Ing. Cuadra

Me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado detalladamente el trabajo monográfico titulado "Reactivación y Rediseño de Vibrocompactadora para Cumplimiento de Norma". Elaborado por los Brs. Jury Gabriel Pérez Almendares y Dennis Evenor Suárez Cortez, para optar al Título de Ingeniero Mecánico.

Como tutor de este trabajo monográfico considero que el mismo cumple con los requisitos necesarios para ser discutido ante el Jurado que usted designe.

Le saludo cordialmente.


Ing. William E. Urbina Espinoza
Tutor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

PÉREZ ALMENDAREZ JURY GABRIEL

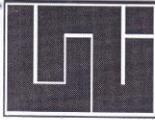
Carne: **2006-23873** Turno **Diurno** Plan de Estudios **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los trece días del mes de Abril del año dos mil doce.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la Facultad de Tecnología de la Industria, hace constar que el Br:

SUAREZ CORTEZ DENNYS EVENOR

Carné: **2007-22181** Turno: **Diurno** Plan: **97** de conformidad con el Reglamento del Régimen Académico Vigente en la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECÁNICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los diecinueve días del mes de septiembre del año dos mil catorce.

Atentamente,


Ing. Wilmer Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



WRV/Jeaninna

Managua, Nicaragua. Apdo. 5595 Tel: 22486879-22490942-22401653

DEDICATORIA

Esta monografía se la dedico a nuestro señor Jesucristo, quien ha sido el que me ha dado las fuerzas y sabiduría necesaria.

A mis padres que con todo el esfuerzo me han guiado por las sendas del bien.

A nuestro tutor el Ing. William Urbina Espinoza, quien ha sido parte fundamental para la realización de este trabajo.

Gracias por el apoyo incondicional.

Br. Dennis Evenor Suarez Cortez

DEDICATORIA

Le dedico este gran logro y esfuerzo a mi madre que siempre estuvo conmigo en todos estos años y a todas aquellas personas que han confiado en mí y que han querido lo mejor para mí. Agradeciendo de manera especial a mi tutor que confió en mi desde el primer momento.

Br. Jury Gabriel Pérez Almendares

RESUMEN

Los procedimientos de trabajo planteados para determinar la factibilidad de rediseñar la vibrocompactadora sujeta a estudio son: Conocer el funcionamiento de la máquina sujeta a investigación al momento de fabricar bloques de concreto, saber identificar los elementos que causan las fallas al momento de la operación, seleccionar los mecanismos adecuados para la máquina teniendo en cuenta:

- 1- Fácil instalación.
- 2- Evitar la elevación de costos al momento de seleccionar materiales.
- 3- Saber hacer un sistema de operación que se adapte a un solo operador que manipule la máquina para optimizar la producción.

Se realizó la ampliación del molde basé de 4 bloques a 5 bloques por operación, se rediseñaron los elementos que generan la vibración adecuada (eje y contrapesos) para la compactación correcta de la mezcla al momento de la operación, se calculó la instalación de un motor eléctrico más potente para operaciones que requieran mayor trabajo, se rediseñó el sistema de transmisión utilizando poleas trapezoidales con banda de material adecuadas según las normas estipuladas.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	4
II. MARCO CONCEPTUAL	5
2.1. UTILIZACIÓN DEL VIBRADO.....	6
2.2. FRECUENCIA Y AMPLITUD DE VIBRACIÓN.....	7
2.3. ESPECIFICACIONES PARA VIBRAR EL CONCRETO	7
2.4. MANIPULACIÓN DE LOS VIBRADORES	8
2.5. ENSAYOS DE PRODUCTOS DE CONCRETO.....	8
2.6. PRODUCTOS DE CONCRETO.....	14
III. MAQUINAS BLOQUERAS	27
3.1. MÁQUINAS BLOQUERAS.....	28
3.2. VIBRAMATIC V/3.....	28
3.3. VIBRAMATIC V/56.....	30
3.4. BLOQUERA LEMACO	32
IV. DESCRIPCIÓN DEL MODELO	33
4.1. DESCRIPCION	34
4.2. CARACTERÍSTICAS.....	35
4.3. FUENTE DE ENERGÍA.....	37
4.4. MÉTODO DE COMPACTADO.....	38
4.5. MÁQUINA A REDISEÑAR	41
4.6. FUNCIONAMIENTO.....	42
4.7. MECANISMO DE VIBRADO	43
4.8. SISTEMA DE TRANSMISIÓN.....	48
V. VIBRACIÓN MECÁNICA	52
5.1. VIBRACION MECANICA.....	53
5.2. CONCEPTOS BÁSICOS.....	53

VI. GENERALIDADES EN EL DISEÑO MECÁNICO DE MATERIALES.....	56
6.1. PESO.....	57
6.2. ESFUERZO Y DEFORMACIÓN.....	57
6.3. ESFUERZO CORTANTE TORSIONAL.....	57
6.4. ESFUERZO DEBIDO A LA FLEXIÓN (Σ).....	58
6.5. ESFUERZO EN DISEÑO Y FACTOR DE SEGURIDAD.....	60
6.6. MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME (MCU).....	61
6.7. MATERIALES EN EL DISEÑO MECANICO.....	62
VII. SELECCIÓN DE ELEMENTOS A REDISEÑAR.....	64
7.1. EJE.....	65
7.2. PARÁMETROS PRINCIPALES PARA EL DISEÑO DEL EJE.....	65
7.3. SELECCIÓN DE LA BANDA:.....	66
7.4. SELECCIÓN DEL MOTOR.....	67
7.5. ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO Y DEBIDO A LA TORSIÓN.....	69
7.6. ESFUERZO CORTANTE HORIZONTAL DEL EJE.....	71
VIII. MANTENIMIENTO Y FALLAS DE LA MAQUINA.....	79
8.1. INTRODUCCIÓN.....	80
8.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	80
8.3. MOTOR ELÉCTRICO.....	81
8.4. COJINETES.....	82
8.5. POLEAS Y BANDAS EN V.....	84
IX. CONCLUSIONES.....	86
X. RECOMENDACIONES.....	88
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	90
XII. ANEXOS.....	94
ANEXO A: TABLAS.....	95
ANEXO B: CALCULOS.....	107
ANEXO C: FIGURAS.....	130
ANEXO D: NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE PARA LA.....	134
FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO.....	134

NTON12 008 – 09 134
ANEXO E: PLANOS CONSTRUCTIVOS 146

I. INTRODUCCIÓN

La humanidad desde la antigüedad ha desarrollado diferentes tipos de elementos que le han ayudado a simplificar esfuerzos físicos. Con el paso del tiempo estos elementos han sido modificados y perfeccionados logrando maquinarias destinadas a desarrollar diferentes tipos de trabajos ya sea de uso médico, doméstico, industrial o para cumplir proyectos personales.

En la ingeniería se debe buscar el perfeccionamiento basándose en estudios científicos y prácticos. La innovación e inspiración son parte esencial para lograrlo. Es por tal razón que se rediseñara una vibrocompactadora de bloques para la producción de bloques teniendo como fin lograr un diseño óptimo con alto rendimiento de trabajo en el que se pueda elaborar un producto que cumpla con los estándares de calidad.

La máquina vibrocompactadora se encuentra fuera de uso en el plantel de fabricación de materiales para construcción propiedad de la ONG, ECOTEC, ubicada en el municipio de Diariamba, departamento de Carazo.

Se pretende con este trabajo, que la máquina sea capaz de producir cinco bloques de (6"x8"x16"), por operación, y que estos sean capaces de cumplir con la norma establecida de compresión, que es de 35 kg/cm² para bloques utilizados en estructuras exteriores, dicha norma está establecida por el MTI.

1.1. ANTECEDENTES

A lo largo de los años el humano ha buscado la manera de laborar mecanismos que puedan suplantar el esfuerzo físico, por el cual se ha dedicado a la tarea de diseñar y construir diversos tipos de elementos más sofisticados para facilitar y agilizar un trabajo.

El presente trabajo monográfico tiene como objetivo rediseñar una vibrocompactadora de bloques esto con el fin de mejorar y cambiar elementos que aporten a un mejor funcionamiento de la máquina en objeto de estudio.

Se realizaron pruebas evaluativas completas a la máquina, dando como resultado deficiencias en diversos elementos, sin embargo se analizaron los elementos defectuosos para proceder a su rediseño, una vez construidos estos elementos, se espera un óptimo funcionar de la máquina, garantizando el cumplimiento de las normas para el tipo de producto a producir.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La vibrocompactadora sujeta a investigación fue construida con el fin de elaborar una función específica, en este caso fabricar bloques de concreto estructurales, sin embargo por motivos de desperfectos en ciertos elementos que componen la vibrocompactadora está quedo sin trabajar desde hace mucho tiempo.

Por tal motivo nos dimos a la tarea de rediseñar las piezas y componentes necesarios en la máquina, aplicando técnicas estudiadas durante los años de estudio. Se pretende que la máquina logre obtener resultados favorables en su funcionamiento luego de realizar dichos rediseños. Dentro de estos resultados favorables estarían una mejor eficiencia de la máquina, menor esfuerzo y rapidez en el trabajo de operación.

Lo que conllevaría a tener una máquina eficiente, fácil de operar y capaz realizar trabajos al doble que en el principio de su fabricación.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. General:

- ❖ Rediseñar y reactivar la vibrocompactadora para la fabricación de bloques garantizando que estos cumplan con la norma NTON con una resistencia de compresión mínima de 5.04 MPa (732psi), para bloques no estructurales.

1.3.2. Específicos:

- ❖ Identificar y analizar los elementos de la máquina que serán rediseñados.
- ❖ Seleccionar los materiales adecuados para la fabricación de acuerdo al rediseño determinado.
- ❖ Mejorar la calidad de los bloques producidos, una vez incorporados los elementos rediseñados.
- ❖ Facilitar un menor esfuerzo del operario de la máquina al momento de la vibro compactación.

II. MARCO CONCEPTUAL

Para la fabricación de unidades de concreto se han desarrollado una amplia gama de equipos en los cinco continentes que van desde equipos manuales que producen 200 unidades diarias hasta máquinas sofisticadas conocidas como ponedoras, con una producción de 20,000 unidades por día y que ejercen una presión de compactación hasta de 16 MPa.

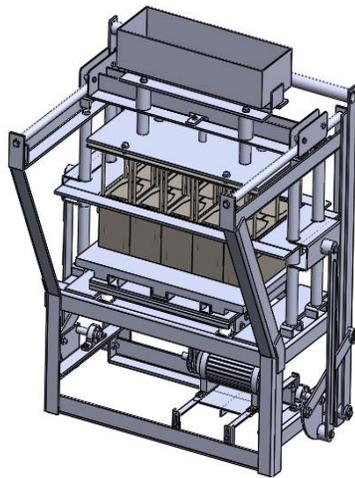


Figura 1.
Máquina Vibrocompactadora para producir bloques

2.1. Utilización del vibrado

Los sistemas de vibrados no reducen notablemente el volumen de vacíos para suelos arcillosos, pero son muy efectivos para suelos arenosos y cementos, permitiendo de esta manera el uso de mezclas más secas que las que pueden ser compactadas por métodos manuales.

La experiencia demuestra que existe una cantidad óptima de agua en la mezcla para que

haya una mayor consistencia del bloque, de igual forma el compactado en la máquina se hará con mayor eficiencia; esto evita que el bloque recién elaborado presente una superficie convexa en lo alto del mismo o que durante el proceso de compactación la mezcla se escape o fugue por la parte inferior del molde.

2.2. Frecuencia y amplitud de vibración

Se debe tomar en cuenta que la frecuencia óptima de vibración es inversamente proporcional al tamaño del grano o partículas de la mezcla y que la amplitud es directamente proporcional al tamaño de éstos. La frecuencia angular de vibrado varía entre 1,500 a 5,000 revoluciones por minuto; esto se debe a que inicialmente las partículas de la mezcla están bastante apartadas y el movimiento inducido tiene que ser de una magnitud correspondiente a la separación de las partículas de la mezcla a compactar. La amplitud debe oscilar entre 8 y 15 mm, dependiendo de los materiales que componen la mezcla. Entre mayor sean los granos mayor será la amplitud.

2.3. Especificaciones para vibrar el concreto

El colado y la compactación del concreto por medio de vibradores de alta frecuencia es un arte que es difícil de prescribir en una especificación. El contratista debe estudiar las condiciones especiales del trabajo que tiene entre manos, seleccionar el equipo de acuerdo a ello, y plantear el procedimiento para que el proceso de colado esté de acuerdo con la producción de la mezcladora. En algunos casos es necesario reacondicionar la mezcladora y el equipo de transporte y ajustar la disposición de la máquina para que maneje las mezclas rígidas lo cual es posible con la vibración. Se puede obtener una clara ventaja con el uso de vibradores si se ha planteado el trabajo para ello.

Aunque las condiciones para cada tipo de trabajo se deben considerar, hay ciertos requisitos que deben tomarse en cuenta en general. Se ha hecho un esfuerzo para cubrirlos en las siguientes especificaciones que son suplementarias a las especificaciones del concreto ordinario.

2.4. Manipulación de los vibradores

Los vibradores se deben adaptar a la máquina de manera que transmitan la vibración en forma efectiva y deben levantarse conforme se va colando el concreto. La vibración debe ser tal que el concreto sea trabajable uniformemente y con un tiempo de aplicación de por lo menos 3.5 minutos por metro cúbico de mezcla.

El tiempo requerido de aplicación para los vibradores debe ser el necesario para integrar el agregado grueso a la mezcla y sacar suficiente mortero a la superficie para un acabado satisfactorio. El vibrado no debe prolongarse a tal grado que puedan formarse bolsas de mortero (segregación).

2.5. Ensayos de productos de concreto

En los años 2000 y 2001 se realizó una investigación con asesoría del personal del Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto – ISCYC –, la hipótesis consistió en crear una unidad de mampostería que utilizara en su fabricación Cemento Pórtland, partículas de suelo y agregados locales, de fabricación manual y mecanizada, con características técnicas y económicas, iguales o superiores al ladrillo de barro cocido.

Como resultado de esta investigación se tuvieron diversas variables por definir para la mezcla, como por ejemplo: cementos locales, suelos y agregados, relaciones agua cemento, ensayos de compresión, flexión, absorción, variación de las dimensiones y pesos volumétricos.

En resumen, se fabricaron 1,400 unidades, de las cuales 700 se fabricaron en forma manual y 700 en forma mecanizada. Se utilizaron dos tipos de cemento, regidos bajo las normas ASTM C91 tipo M y ASTM C 1157 tipo HE. Los materiales complementarios fueron arena limosa, escoria volcánica, pómez y arena de río, por lo que se investigaron tres combinaciones de materiales:

1. Cemento + Pómez + Escoria Volcánica + Arena Limosa + Agua

2. Cemento + Pómez + Arena Limosa + Agua
3. Cemento + Pómez + Arena de Río + Agua

A cada una de las combinaciones anteriores se le realizaron 4 diseños de mezcla, teniendo presente diseños para el método de fabricación manual y para el método de fabricación mecanizada así como para el tipo de cemento utilizado ASTM C91 tipo M y ASTM C 1157 tipo HE. Así mismo cada diseño de mezcla se ensayó a los 7, 14, 28 y 90 días revisando su resistencia a la compresión, flexión, absorción, variación de dimensiones y peso volumétrico.

El trabajo requerido y el número total de ensayos, son representativos estadísticamente para el número de variables analizadas, correspondiendo a tres especímenes por cada caso particular. Todos los ensayos fueron realizados también a muestras representativas de ladrillos de barro cocido, seleccionados de 3 ladrilleras, todas ubicadas en Armenia, Sonsonate. Estos resultados fueron el punto de partida o de referencia, para el análisis comparativo con las unidades fabricadas utilizando cemento Pórtland.

Las normas ASTM utilizadas, para el diseño de mezclas para las unidades de cemento Pórtland, son las correspondientes a las que rigen el diseño de mezclas de concreto hidráulico de peso ligero y para los ensayos de las unidades, se han utilizado las normas que rigen las unidades de barro cocido (ASTM también).

Tabla 1. Método Manual de Fabricación, tipo de cemento: ASTM C91 tipo M

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			Módulo de ruptura (Kg cm ²)			Absorción (%) n	Peso por m ³ (Kg/m ³)	Variación en las dimensiones		
		7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días			Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	1:2:1:6½	25.78	49.28	51.50	9.97	14.28	19.04	20.37	1342.54	0.01	-0.18	7.64
	1:3½:1:5½	19.82	40.90	43.02	7.34	11.50	15.47	21.79	1264.86	-0.16	0.04	6.93
	1:3:2:4 ½	25.97	47.27	48.64	9.95	15.31	17.35	20.75	1279.25	-0.14	0.29	8.79
	1:4½:2:3½	16.15	40.30	42.96	7.35	10.81	11.58	21.29	1269.92	-0.11	-0.07	6.93
2	1:2:7 ½	22.58	31.07	47.68	6.92	8.87	19.81	18.05	1307.44	-0.14	-0.36	7.36
	1:3½:6 ½	16.44	26.56	40.73	6.73	8.21	18.28	15.00	1312.74	-0.3	-0.36	7.14
	1:4½:4 ½	23.07	28.45	43.22	6.13	7.55	19.39	15.52	1264.03	-0.38	0.11	9.64
	1:7:3	15.93	20.88	29.45	4.22	3.35	9.96	18.62	1194.42	-0.2	0.14	7.36
3	1:1½:7½	9.46	22.06	26.99	3.94	6.01	8.01	26.90	1159.15	-0.45	0.11	4.64
	1:3: 6 ½	8.11	20.81	27.62	4.05	6.51	6.51	24.89	1324.38	-0.55	-0.39	8.07
	1:4:4	12.28	29.51	31.28	5.53	11.67	11.67	25.13	1146.79	-0.41	-0.21	9.21
	1:5:3	13.34	29.99	34.10	6.68	9.19	9.19	18.81	1253.61	-0.48	-0.18	8.21

Tabla 2. Método de Fabricación Manual, tipo de cemento: ASTM C1157 tipo HE

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			Módulo de ruptura (Kg cm ²)			Absorción (%)	Peso por m ² (Kg/m ³)	Variación en las dimensiones		
		7 días	14 días	28 días	7 Días	14 días	28 días			Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	1:2:1:6½	30.94	43.01	63.62	8.44	16.90	25.11	19.55	1293.65	0.01	-0.18	7.64
	1:3½:1:5½	25.08	35.90	52.51	8.25	12.92	25.15	18.63	1199.50	-0.16	0.04	6.93
	1:3:2: 4 ½	30.09	42.31	55.72	9.42	13.05	26.20	17.73	1255.53	-0.14	0.29	8.79
	1:4½:2:3½	28.14	38.95	48.57	8.20	14.39	22.30	21.24	1219.85	-0.11	-0.07	6.93
2	1:2:7 ½	27.23	38.57	53.47	10.4	19.29	17.94	14.55	1333.65	-0.14	-0.36	7.36
	1:3½:6:1/2	25.80	36.77	50.76	8.11	17.10	19.38	16.04	1265.20	-0.30	-0.36	7.14
	1:4½:4 ½	28.79	37.04	48.19	6.79	15.90	18.33	18.32	1200.22	-0.38	0.11	9.64
	1:7:3	26.74	34.09	55.87	9.12	14.15	16.14	19.56	1198.47	-0.20	0.14	7.31
3	1:1½:7 ½	13.40	17.38	33.15	5.20	4.51	10.88	16.97	1371.95	-0.45	0.11	4.64
	1:3: 6 ½	14.71	21.06	41.69	6.39	5.17	13.32	19.83	1256.56	-0.55	-0.39	8.07
	1:4:4	12.77	24.85	46.94	6.35	6.89	15.35	20.33	1193.53	-0.41	-0.21	9.21
	1:5:3	17.97	22.84	38.53	6.39	6.54	17.08	18.61	1133.13	-0.48	-0.18	8.21

Tabla 3. Método de Fabricación Mecanizado, tipo de cemento: ASTM C91 tipo M

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			Módulo de ruptura (Kg cm ²)			n (%) Absorción	Peso por m ³ (Kg/m ³)	Variación en las dimensiones		
		7 días	14 días	28 días	7 días	14 días	28 días			Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	1:2:1:6½	31.22	53.40	69.13	7.12	11.22	20.6	16.85	1269.07	0.07	7.14	0.29
	1:3½:1:5½	27.80	52.74	65.06	5.89	10.79	17.46	16.36	1290.90	0.45	5.39	0.86
	1:3:2:4 ½	26.34	49.49	58.51	6.15	7.37	11.45	20.27	1244.00	0.02	6.46	0.00
	1:4½:2:3½	27.33	48.03	57.37	6.17	7.16	12.30	19.76	1263.02	0.11	5.86	-0.40
2	1:2:7 ½	31.45	56.54	67.36	7.29	9.95	16.62	16.58	1197.50	0.09	4.57	0.36
	1:3½:6 ½	35.45	61.68	75.00	10.54	13.82	18.35	17.05	1171.20	-0.02	5.54	0.00
	1:4½:4 ½	29.52	57.05	63.95	6.40	9.94	14.03	17.53	1198.56	0.06	4.75	-0.07
	1:7:3	28.18	49.21	56.92	5.08	8.42	12.34	19.66	1162.21	0.13	4.93	-0.07
3	1:1½:7½	25.22	47.61	56.41	5.86	8.22	12.61	15.57	1518.50	0.02	5.75	0.36
	1:3: 6 ½	20.05	40.12	49.58	6.27	7.62	10.29	17.04	1400.51	0.07	4.79	0.71
	1:4:4	32.29	60.49	71.42	11.98	13.54	18.98	17.97	1335.49	0.00	6.50	0.14
	1:5:3	33.09	54.59	65.17	10.35	12.64	16.78	19.37	1215.72	0.00	5.25	-0.21

Tabla 4. Método de Fabricación Mecanizado, tipo de cemento: ASTM C 1157 tipo HE

Mezcla	Diseño	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)			Módulo de ruptura (Kg cm ²)			Absorción (%)	Peso por m ³ (Kg/m ³)	Variación en las dimensiones		
		7 días	14 días	28 días	7 Días	14 días	28 días			Largo (%)	Ancho (%)	Alto (%)
1	1:4½:2:3½	41.81	72.95	86.40	12.14	15.91	22.05	14.50	1316.00	0.07	7.14	0.29
	1:2:1:6 ½	36.31	67.89	79.40	10.66	15.65	26.75	15.30	1339.16	0.45	5.39	0.86
	1:5:3:6	30.91	53.55	59.22	6.74	7.84	11.93	18.32	1267.72	0.02	6.46	0.00
	1:5:3:7	24.74	49.15	55.10	4.09	6.17	9.60	20.61	1228.78	0.11	5.86	-0.40
2	1:5½:4:1/2	34.34	62.10	73.35	8.64	11.52	20.97	16.93	1242.58	0.09	4.57	0.36
	1:7:3	38.62	64.69	71.58	10.74	11.57	20.78	17.25	1144.14	-0.02	5.54	0.00
	1:8:6	34.40	63.75	75.65	9.53	13.51	20.73	17.85	1207.63	0.06	4.75	-0.07
	1:8:7	26.45	47.15	56.71	6.91	9.35	16.01	20.68	1171.67	0.13	4.93	-0.07
3	1:1½:7 ½	25.96	49.57	50.94	6.88	9.46	14.03	16.99	1473.96	0.02	5.75	0.36
	1:3:6 ½	27.04	46.22	51.88	7.13	10.50	12.33	18.04	1375.26	0.07	4.79	0.71
	1:4:4	39.99	71.57	79.13	12.02	18.79	21.46	16.86	1348.05	0.00	6.50	0.14
	1:5:3	27.43	47.64	53.76	10.51	14.04	16.07	21.42	1179.81	0.00	5.25	-0.21

2.6. Productos de concreto

Los productos de concreto son elementos o piezas elaboradas con cemento, agregados y agua; para su fabricación no se necesitan inversiones grandes; se pueden hacer manualmente sin tener que disponer de energía eléctrica y la materia prima es casi siempre fácil de conseguir, aunque es necesario bastante esfuerzo por parte de los operarios y la producción es mínima.

2.6.1. Características

Estos productos deben tener unas características apropiadas como: Uniformidad en su apariencia y calidad, resistencia adecuada y una baja absorción de humedad, para permitir su correcta utilización y garantizar un buen resultado de la obra.

Deben ser uniformes en su calidad y dimensiones. Cuando están conformando los muros o pavimentos trabajan en conjunto. Por esto se debe procurar que las características de todas las unidades sean muy similares, para que no existan algunas más débiles o diferentes que perjudiquen el resultado final.



Figura 3. Bloques uniformes en calidad y dimensiones

La resistencia es la característica que indica la calidad de los bloques. Esta propiedad se puede comprobar cualitativamente de la siguiente manera: Al pasar rayando con un elemento duro (por ejemplo un clavo) sobre las caras del bloque terminado, el material

no se debe desmoronar. Un buen bloque, al caer desde la altura de un metro, debe absorber el golpe contra un piso, sin quebrarse, pero puede presentar pequeños desbordamientos.

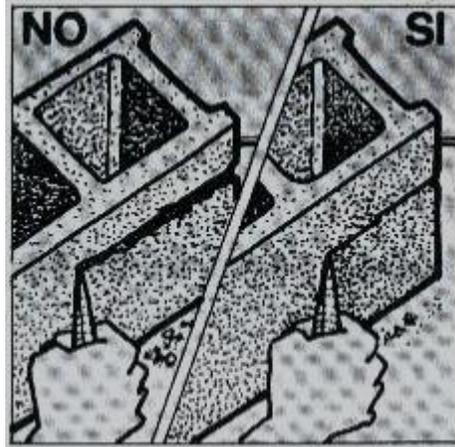


Figura 4. Prueba manual para la resistencia de los bloques

Como los bloques tienen un bajo nivel de absorción de agua son muy utilizados para sobre cimientos y en obras que estén en contacto directo con terrenos húmedos.

2.6.2. Ventajas

Bloques de concreto. Cuando se construyen paredes con bloques de concreto, se logran economías de tiempo, materiales y mano de obra, especialmente porque todos salen del molde con la misma forma y tamaño. Las varillas para el refuerzo de las paredes se pueden colocar a través de las celdas de los bloques sin necesidad de perforar las columnas. También se pueden introducir las tuberías para agua y energía, sin necesidad de canalizar el muro y luego tener que remendarlos.

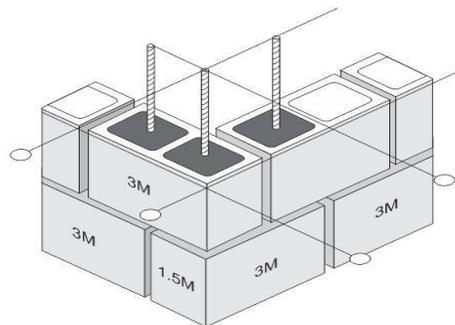


Figura 5. Las celdas de los bloques son una ventaja en la construcción

Debido a la existencia de las perforaciones o celdas se utiliza mortero de pega sobre las caras y los tabiques de los bloques, con un consecuente ahorro en la mezcla. Las paredes garantizan un buen aislamiento térmico y acústico, es decir, no dejan pasar fácilmente el ruido y protegen el interior del clima exterior, bien sea frío o cálido. Las superficies son de tan buena calidad que no es necesario repellarlas, pudiéndose pintar directamente.

Adoquines de concreto. Este tipo de pavimento se diseña para que resista cualquier tipo de tránsito. Adicionalmente, como se producen en máquinas, con moldes, se les pueden dar distintas formas y colores, para que sean decorativos.

Por esto se utiliza desde zonas para tránsito peatonal (andenes, plazas, patios para juegos, etc.) hasta las de tránsito pesado (calles, carreteras, terminales de transporte, carga y puertos).



Figura 6. Diferentes diseños de bloques de concreto

2.6.3. Esquema de fabricación

Los pasos básicos que se deben seguir en la fabricación de productos de concreto son:

Almacenamiento de los materiales: Se debe procurar que el lugar de almacenamiento sea cubierto, para que los materiales estén protegidos de la acción del sol y del agua. Así mismo, se deben evitar los vientos fuertes. En el caso de no disponer de un techo para esta área, se pueden utilizar plásticos para su protección.

Dosificación y preparación de la mezcla: Este proceso consiste en definir las cantidades

(proporciones) que se van a utilizar de cada uno de los materiales (cemento, agregados y agua) con el fin de obtener la resistencia adecuada para las unidades de concreto.

Preparación del molde: Se pueden emplear diferentes tipos de moldes o máquinas que junto con las herramientas necesarias, son fáciles de conseguir. Se pueden utilizar de madera o metálicos. Pueden ser desarmables, articulados o fijos. En todos los casos deben ser rígidos y fuertes, para que las unidades resultantes tengan dimensiones exactas y constantes.

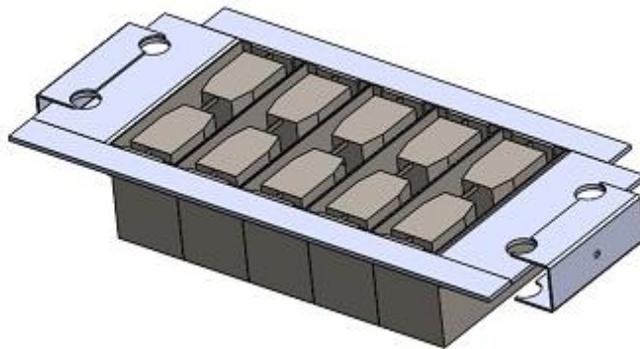


Figura 7. Molde hembra

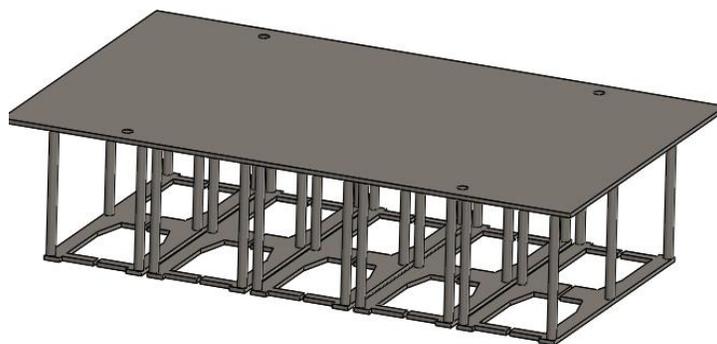


Figura 8. Pisonador (Molde Macho)

Vaciado de la mezcla al molde: Una vez preparada la mezcla se vacía en los moldes prefabricados según las dimensiones que se desean. Posteriormente se compacta a fin de eliminar bolsas de aire que se producen en dicho proceso.

La compactación se realiza golpeando la mezcla con un objeto sólido de superficie plana o a través de mesas vibratorias. Entre mayor sea la compactación de la mezcla, mayor resistencia conseguirán las unidades de concreto.

El transporte debe ser cuidadoso ya que la mezcla aún se mantiene húmeda y puede sufrir daños si tiene algún tipo de impacto con cualquier objeto sólido. El piso donde se deposita debe ser una superficie plana y firme, que permita seguir el proceso de fabricación de una manera apropiada. Esta superficie puede ser de concreto o un entarimado de madera.

Fraguado de los bloques: Se llama fraguado, al proceso de endurecimiento inicial del concreto hasta que se puedan mover sin dañarlos. Una vez fabricados deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que se puedan fraguar sin secarse. Si los bloques se dejarán expuestos al sol o al viento fuerte se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reduciría la resistencia final de las unidades.

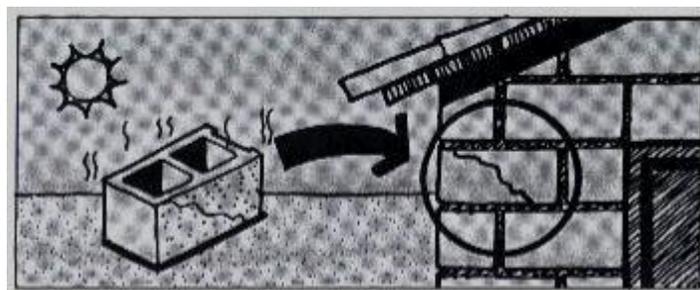


Figura 9. Proceso de fraguado

El período de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques 24 horas. Luego de este tiempo, los bloques pueden ser retirados de las bandejas y ser colocados en columnas para su curado.

Curado de los bloques: El curado consiste en mantenerlos húmedos para permitir que

continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad, es decir, gran resistencia. Cuando se ponen a secar inmediatamente, no se deja que el cemento reaccione con el agua, que es lo que produce la resistencia del concreto, lo que origina bloques pocos resistentes y quebradizos.

Los bloques se deben colocar en columnas de máximo cuatro unidades y dejando una separación entre ellos, como mínimo de dos centímetros, para que se puedan humedecer perfectamente por todos los lados y se permita la circulación de aire.

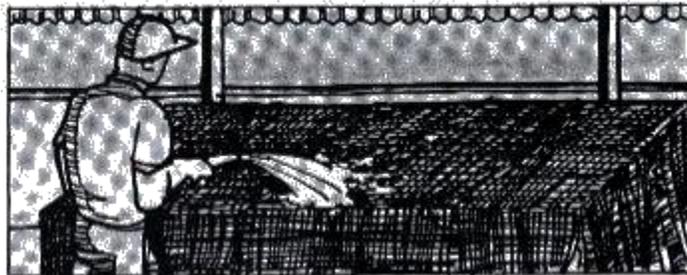


Figura 10. Colocación de los bloques para el curado

Para curar los bloques se riegan abundantemente con agua durante un período mínimo de tres días, preferiblemente siete. Se humedecen al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Se recomienda cubrirlos con plástico, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua.

Almacenamiento y entrega del producto: La zona destinada para el almacenamiento de

los bloques debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado se sequen lentamente. Esta zona debe ser totalmente cubierta para evitar que las unidades se humedezcan con la lluvia.

Se recomienda utilizar un entarimado igual al que se presentó para el proceso de curado. Si no se cuenta con ello, se pueden formar columnas de máximo nueve bloques, debidamente aislados de la humedad del piso. La distribución de los bloques durante el almacenamiento debe permitir el fácil acceso a cada uno de los diferentes lotes o arrumes.

Se debe identificar cada lote con el fin de tener un control del día de fabricación, del tipo de mezcla, fecha de entrega, etc. La fabricación de los bloques se lleva de 8 a 10 días. La entrega en obra se hace a los 21 días aproximadamente y la colocación se debe realizar a los 28 días después de fabricados.



Figura 11. Proceso de almacenamiento

2.6.4. Máquinas y herramientas

Las máquinas varían de acuerdo con el sistema de funcionamiento y con la capacidad de producción. Se tienen dos tipos: Máquinas estáticas (Figura 11), permanecen en un solo sitio y lo que se mueve es el bloque recién producido. Para tal efecto se utilizan bandejas o tablas de madera, que se colocan al iniciar la operación y constituyen la tapa inferior del molde; una vez retirado éste, los bloques quedan sobre las bandejas y se pueden manipular con facilidad, sin deteriorarlos.

Máquinas ponedoras (Figura 12): En este caso la máquina se desplaza por toda la planta dejando los bloques sobre el piso, donde se realizará el fraguado. Se requiere de grandes

áreas cubiertas, con un piso uniforme.

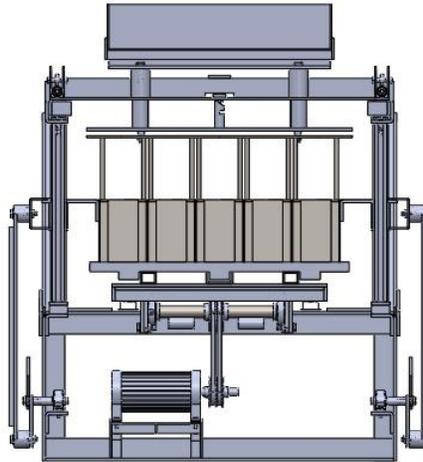


Figura 12. Máquina estática



Figura 13. Máquina ponedora

Para la fabricación de bloques se necesitan las herramientas básicas de construcción tales como palas, palustres, carretas, brochas, baldes, tarros, pisones y herramientas varias de carpintería. Si el proceso de fabricación es mecánico, se debe disponer, además, de otros elementos tales como orejeras, guantes, aceiteras y bandejas de madera (en el caso de las máquinas estáticas).

2.6.5. Preparación manual de la mezcla

La preparación de la mezcla se debe hacer sobre un piso limpio y que no absorba humedad. Se debe preparar una cantidad de mezcla tal que se pueda gastar en una

media hora.

Se comienza midiendo la cantidad de arena necesaria. Si se utiliza el cajón medidor éste se coloca sobre el piso y se llena con arena; luego se enrasa (cuando se utilizan cantidades fijas) o se completa hasta el nivel indicado en la dosificación. Se quita la arena que haya caído al piso y se levanta el cajón, repitiendo la operación el número de veces que sea necesario.



Figura 14. Dosificación de la arena y cemento

Una vez medida y regada la arena se vacía sobre ella las partes de cemento indicadas, generalmente calculando bultos enteros o medios bultos. Por medio de una pala se mezcla la arena y el cemento hasta que se obtenga un color uniforme. Luego se mide la grava de la misma forma como se hizo con la arena.

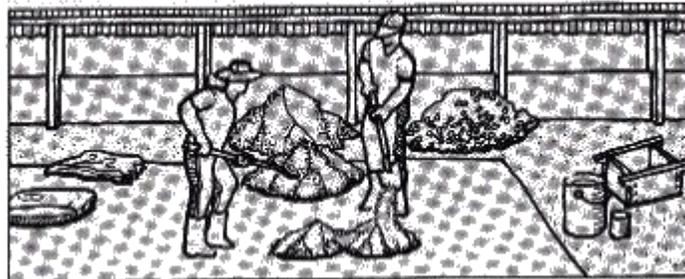


Figura 15. Mezcla de los materiales



Figura 16. Dosificación del material grueso

Se mezcla la grava con la arena y el cemento hasta que el color sea uniforme o parejo, pasando varias veces de un lugar a otro. Luego se deposita la mezcla en forma de cono, con un hueco en el medio para verter el agua.

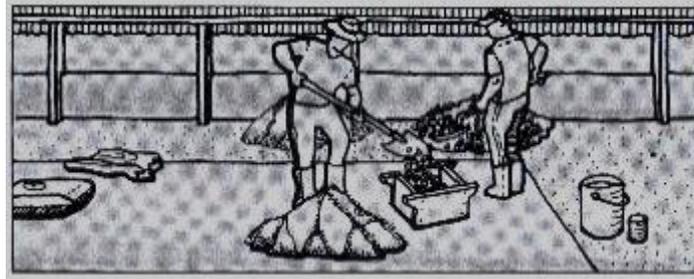


Figura 17. Mezcla de todos los materiales

Se agrega el agua necesaria por medio de tarros (nunca utilizar manguera, pues con ésta no se puede controlar la cantidad de agua).



Figura 18. Adición del agua a la mezcla

Se mezcla de nuevo de tal forma que se distribuya bien toda la humedad y que quede de color completamente uniforme.



Figura 19. Distribución de la humedad en la mezcla

2.6.6. Fabricación por medio de la máquina vibrocompactadora

Para obtener una mayor producción se utilizan máquinas que por lo general son de fácil

manejo. Dependiendo básicamente del tipo que se trate, la producción varía entre 300 y 20,000 unidades por jornada.

Cuando la fabricación se realiza por medio de máquinas, se requieren 3 ó 4 personas con las siguientes funciones: Un operario general de la máquina, dos encargados del vaciado y retiro de la mezcla y uno elaborando la misma. Los pasos que se siguen son:

Revisar que el molde se encuentre en perfecto estado y limpio. La máquina tiene un cajón donde se coloca la mezcla llamado molde hembra, la cual se procede a llenar con la mezcla.



Figura 20. Molde hembra

Se coloca el polín de madera verificando su correcto ajuste. Se baja el pisonador o molde macho y posteriormente se hace mover el molde hembra para alimentar en su totalidad de mezcla el molde.



Figura 21. Proceso de pisoneado

Se aplica vibración al molde durante un corto tiempo para acomodar la mezcla, aproximadamente de 10 a 15 segundos. Si se deja mucho tiempo se separan los agregados de mayor tamaño y tienden a quedarse en la superficie, lo que se conoce como segregación y da una superficie dispareja.

Se vuelve a llenar el molde hasta el nivel superior. Se debe colocar en el molde tanta mezcla como sea posible compactada durante un tiempo razonable, sin que se escurra por entre el molde y el polín de madera.

Se baja los martillos compactadores del molde macho y se aplica vibración hasta que lleguen al tope que tiene la máquina. Luego se procede a levantar el molde y los martillos. El bloque queda sobre el polín de madera con su forma definitiva. Tanto el molde como el polín se deben limpiar con estopa o un cepillo al final de cada proceso o cuando sea necesario, con el fin de evitar que se formen grumos de mezcla seca, que afectarían los resultados posteriores.

Figura 23. Bloques de concreto terminado



Figura 22. Máquina lista para el siguiente proceso

III. MAQUINAS BLOQUERAS

3.1. MÁQUINAS BLOQUERAS

Durante los últimos años se ha mejorado el diseño de máquinas para la fabricación de unidades de concreto, tanto a nivel manual como mecánico. Éstas últimas han ido utilizando diferentes medios para lograr la compactación de la mezcla, entre los más conocidos se pueden mencionar el de caída libre de un contrapeso (gravedad) y el hidráulico (pistón). Simultáneamente se ha variado sus dimensiones físicas dependiendo del grado de portabilidad y flujo de producción que se desea alcanzar.

En este capítulo se describen las máquinas bloqueras más comunes en el mercado y se detallan algunas especificaciones técnicas que presentan cada una de ellas. Se han tomado en cuenta solo máquinas que sean similares en dimensiones, flujo de producción, fuente de alimentación, etc.

3.2. Vibramatic V/3

La Vibramatic V/3 (Figura 23) fabricada por ITAL MEXICANA S.A., ha sido diseñada para el empleo de agregados compuestos por 20-30% de arena (0-2 mm) y 70-80% de granulado (3-7 mm). El ritmo de producción es de 30 segundos / ciclo.

Las dimensiones de la Vibramatic V/3 son de 74 cm de largo, 105 cm de ancho y 132 cm de alto, y el peso es de 380kg. La potencia instalada en la mesa de vibración es de 1 hp con un motor eléctrico o su equivalente de 2 hp en uno de combustión. El sistema de moldeo es manual. En la tabla 5 se presenta el número de unidades fabricadas por esta máquina en una jornada de 8 horas.



Figura 24. Máquina de vibrocompactación Vibramatic V/3¹

Tabla 5. Producción de unidades de concreto en una Vibramatic V/3²

ELEMENTO	DIMENSIONES (cm)	UNIDADES POR CICLO	PRODUCCIÓN EN 8 HORAS
TABICON	6 X 12 X 24	6	4,800 – 6,000
	7 X 14 X 28	5	4,000 – 5,000
	8 X 13 X 26	6	4,800 – 6,000
	10 X 14 X 28	3	2,400 – 3,000
BLOQUE	10 X 20 X 40	2	1,600 – 2,000
	12 X 20 X 40	2	1,600 – 2,000
	15 X 20 X 40	1	800 – 1,000
	20 X 20 X 40	1	800 – 1,000
BOVEDILLA	10 X 20 X 40	2	1,600 – 2,000
	12 X 20 X 40	2	1,600 – 2,000
	15 X 20 X 40	1	800 – 1,000
	20 X 20 X 40	1	800 – 1,000
ADOQUÍN	TABASCO	1	800 – 1,000
	VIRREYNAL	1	800 – 1,000
	ITAL	2	1,600 – 2,000
	15 X 15	2	1,600 – 2,000
CELOSÍA	30 X 10 X 30	1	800 – 1,000
	30 X 10 X 40	1	800 – 1,000
	20 X 10 X 40	1	800 – 1,000

¹ Fuente de información: CESSA DE C.V.

² Fuente de información: CESSA DE C.V.

3.3. Vibramatic V/56

La Vibramatic V/56 (Figura 24) fabricada por ITAL MEXICANA S.A., ha sido diseñada para el empleo de agregados compuestos por 20-30% de arena (0-2 mm) y 70-80% de granulado (3-7 mm). El ritmo de producción de 30 segundos / ciclo. Las producciones son indicativas de diferentes plantas que ocupan este tipo de maquinaria.

La V/56 es apta para la fabricación de cualquier elemento de concreto mediante la vibrocompresión simultánea, con desmoldeo manual y extracción de los elementos sobre tablas de madera. Produce: tabique, tabicones, celosías, adoquines, canaletas de riego, bovedillas y piezas especiales.



Figura 25. Máquina de vibrocompactación Vibramatic V/56¹

¹ Fuente de información: CESSA DE C.V.

Las dimensiones de la Vibramatic V/56 son de 74 cm de largo, 130 cm de ancho y 132 cm de alto, y el peso es de 420 kgs. La potencia instalada en la mesa de vibración es de 2 hp con un motor eléctrico o su equivalente de 3 hp en uno de combustión. El sistema de moldeo es manual. En la tabla 6 se muestra su capacidad de producción.

Tabla 6. Producción de unidades de concreto en una Vibramatic V/56

ELEMENTO	DIMENSIONES (cm)	UNIDADES POR CICLO	PRODUCCIÓN EN 8 HORAS
TABICON	6 X 12 X 24	8	6,400 – 8,000
	7 X 14 X 28	6	4,800 – 6,000
	8 X 13 X 26	8	6,400 – 8,000
	10 X 14 X 28	4	4,000 – 5,000
BLOQUE	10 X 20 X 40	3	2,400 – 3,000
	12 X 20 X 40	2	1,600 – 2,000
	15 X 20 X 40	2	1,600 – 2,000
	20 X 20 X 40	1	800 – 1,000
BOVEDILLA	10 X 20 X 50	3	2,400 – 3,000
	12 X 20 X 50	2	1,600 – 2,000
	15 X 20 X 50	2	1,600 – 2,000
	20 X 20 X 50	1	800 – 1,000
ADOQUÍN	TABASCO	2	1,600 – 2,000
	VIRREYNAL	2	1,600 – 2,000
	ITAL	4	3,200 – 4,000
	15 X 15	4	3,200 – 4,000
CELOSÍA	30 X 10 X 30	1	800 – 1,000
	30 X 10 X 40	1	800 – 1,000
	20 X 10 X 40	1	800 – 1,000
CANALETA	R – 15	1	800 – 1,000

3.4. Bloquera LEMACO

Este equipo (Figura 25) fabricado por LEMACO S.A. es práctico para la producción de bloques de concreto. Es maniobrable y de fácil operación, ha sido concebida para lograr un eficiente vibrado y una cómoda manera de depositar los bloques recién fabricados directamente sobre el piso, eliminando con esto el tiempo de traslado de las unidades al lugar destinado para el fraguado. Tiene la capacidad de producir bloques de las siguientes dimensiones:



Figura 26. Bloquera ponedora LEMACO¹

Tabla 7. Dimensiones de bloques fabricados por la Bloquera LEMACO²

DIMENSIONES (cm)	UNIDADES POR CICLO	PRODUCCIÓN EN 8 HORAS
10 X 20 X 40	5	800
15 X 20 X 40	4	640
20 X 20 X 40	3	480

La bloquera LEMACO posee un eficiente sistema de cambio de moldes, lo cual no supera los cinco minutos. Las dimensiones son de 150 cm largo, 90 cm de ancho y 92 cm de alto. El peso es de 191 kg y el motor es de 1 hp.

¹ Fuente de información: OBRAS DE TIERRA, S.A. DE C.V.

² Fuente de información: OBRAS DE TIERRA, S.A. DE C.V.

IV. DESCRIPCIÓN DEL MODELO

4.1. DESCRIPCION

En este capítulo se describirán las ventajas de cada una de las máquinas descritas en la sección anterior, con base a esto se establecerán las características mínimas que debe poseer la máquina a rediseñar a fin de presentar un modelo que reúna en mayor medida dichas ventajas.

Una vez que se presenten las características deseadas se definirá la fuente que suministrará la potencia adecuada para la operatividad de la máquina. Se pondrán como alternativas el motor eléctrico y el de combustión interna, para los cuales se describirán ciertos beneficios y criterios que ayuden a su elección.

Se realizará un análisis que permita seleccionar el método de compactado que mejor se adapte a la máquina, para ello se tratarán diferentes métodos y se compararán bajo los criterios de eficiencia, costos, calidad de producción y factibilidad tecnológica.

Tomando como base estos criterios se definirá la máquina que servirá de prototipo y se presentará un bosquejo preliminar de la misma, la cual pretende cumplir con el objetivo de este proyecto.

Finalmente se describirá paso a paso el funcionamiento de la máquina, desde su alimentación con la mezcla de concreto hasta el desmoldeo de las piezas que se están fabricando, a fin de tener una idea más clara del objetivo de cada parte que la constituye.

Antes de iniciar el rediseño de los elementos que compondrán el prototipo se seleccionará el mecanismo que producirá el efecto vibratorio y el sistema que se utilizará para la transmisión de potencia.

En este capítulo se presenta una diversidad de formas posibles para cada mecanismo que se utilizará en el modelo de la máquina a rediseñar, destacando sus características, ventajas y desventajas. Para seleccionar los elementos se integrarán el mecanismo de vibrado y el sistema de transmisión, se hará una comparación entre ellos bajo los criterios de efectividad, factibilidad tecnológica y costos.

4.2. Características

Para definir las características que debe poseer el prototipo a diseñar se elaboró el siguiente cuadro comparativo de las diferentes máquinas que se describieron en la sección anterior.

Entre las ventajas de cada máquina se pueden mencionar: Las Vibramatic ofrecen una mayor área para la colocación de moldes, lo que permite producir unidades de concreto con dimensiones más grandes. Así mismo esta ventaja permite la versatilidad de la máquina en utilizar diferentes tipos de moldes, como ladrillos, bloques, adoquines, etc.

Su tamaño físico permite colocarlas en espacios pequeños. La producción es adecuada para obras que no requieran una producción permanente de bloques, como casas, ampliaciones, etc. Solamente se requieren dos personas para su operación por lo que los costos operativos en cuanto a recurso humano son bajos.

Tabla 8. Cuadro comparativo de máquinas bloqueadora

Características	Máquinas		
	Vibramatic V/ 3	Vibramatic V/ 56	Bloquera LEMACO
Ciclo (s)	30	30	60
Unidades/ciclo	1	1	1
Dimensiones lxaxh (cm)	74x105x132	74x130x132	150x90x92
Peso (kg)	380	420	191
Motor (HP)	Eléctrico (1) Gasolina (5)	Eléctrico (2) Gasolina (5)	Eléctrico (1)
Tamaño max. del bloque lxaxh (cm)	40x20x20	50x20x20	40x20x20
Producción en 8 horas (unidades)	800-1,000	800-1,000	480-800
No. de trabajadores	2	2	1
Observaciones	El desmoldeo es manual	El desmoldeo es manual	Depósitos de bloques recién fabricados sobre el piso

La bloquera LEMACO tiene un tamaño relativamente pequeño lo cual permite su fácil movilidad a cualquier parte de una obra. Debido a su característica de desplazarse mientras deposita los bloques compactados sobre el piso, elimina los costos de transporte de éstos a su lugar de fraguado. La producción es adecuada para pequeñas obras civiles, como muros, piscinas, tanques, etc. Su operación puede ser realizada por una sola persona.

4.3. Fuente de energía

Se requiere de un componente que suministre potencia para producir la compactación de la mezcla; éste puede ser un motor eléctrico o de combustión. A continuación se presentan las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Tabla 9. Ventajas y desventajas entre un motor eléctrico y uno de combustión

Elemento	Ventaja	Desventaja
Motor eléctrico	-Su tamaño es pequeño. -Con el suministro de energía eléctrica puede funcionar en forma continua e indeterminada.	-Gasto de energía eléctrica.
Motor de combustión	-Se puede utilizar en lugares donde no se tiene acceso a energía eléctrica comercial Puede sustituir satisfactoriamente al motor eléctrico	-Consumo de combustible -Ocupa mucho espacio físico dentro de las máquinas -Su costo es elevado -Afecta al medio ambiente por las emisiones de gases.

Un aspecto a considerar para seleccionar el motor es que se pretende diseñar una máquina que ocupe un espacio relativamente pequeño, lo cual no se puede lograr con un motor de combustión interna.

La continuidad de la operación de la máquina es muy importante en el sentido que la mezcla no puede pasar por más de 15 ó 20 minutos sin utilizar, ya que el agua tiende a evaporarse y como consecuencia se producen unidades con agrietamientos, discontinuidades, etc.

Adicionalmente se debe considerar el desequilibrio ecológico que ocasiona la emisión de gases contaminantes originados por la combustión, los cuales producen un impacto negativo en nuestro ambiente natural. Mientras que los diseñadores de motores de combustión y los fabricantes de los mismos no desarrollen alternativas para mejorarlos se debe tomar en cuenta primordialmente la utilización de motores eléctricos cuando puedan aplicarse.

Con base a lo descrito anteriormente se seleccionará el motor eléctrico para accionar los componentes del prototipo a diseñar.

4.4. Método de compactado

Se realizará un análisis detallado que permita seleccionar el método de compactado que mejor se adapte al prototipo a rediseñar. Para ello se han tratado diferentes tipos tales como: el de la máquina manual, el de la máquina vibrocompactadora y el del compactado hidráulico. A continuación se tratará de realizar una comparación de dichos métodos.

4.4.1. Eficiencia

La máquina vibrocompactadora y la hidráulica, por su forma y estructura es fácil de operar, por lo tanto el esfuerzo físico de mano de obra durante la producción no resulta ser tan extenuante como en el método de la máquina manual.

El ciclo de trabajo para un vibrocompactador y un compactador hidráulico es bastante reducido con relación al de la máquina manual, lo que garantiza una mayor producción de unidades de concreto durante la jornada laboral.

4.4.2. Costos

El costo de fabricación de la vibrocompactadora y la compactadora hidráulica, es muy elevado por tener una estructura mucho más compleja que la de la máquina manual; de igual forma el costo de operación es mayor por la necesidad de energía eléctrica o combustible para su accionamiento, según sea el caso.

Los costos de mantenimiento se elevan por la variedad de elementos que componen éstas máquinas, como el motor, pistón, poleas, bandas, etc. La depreciación con el tiempo es más significativa ya que los esfuerzos a los que están sometidas son mayores, lo que acorta su vida útil.

Sin embargo si se toma en cuenta que el cemento es el material más caro de los componentes de la mezcla, y que si se recurre a los métodos de vibrocompactación y compactado hidráulico la proporción de éste en la mezcla se puede reducir

considerablemente, sin reducir la resistencia mecánica del bloque; es posible conseguir un mayor número de unidades con la misma cantidad de insumos. Esto se debe a que la presión que se ejerce sobre la mezcla es mucho mayor que la producida en forma manual.

Se concluye que con la reducción notable del cemento se aumenta la economía, es decir, el producto adquiere un menor precio.

4.4.3. Calidad de producción

En el vibrocompactado y el hidráulico se elaboran bloques de mayor resistencia a la compresión y mayor densidad, con una disminución de la permeabilidad y una tendencia reducida a la contracción.

La producción a través de estos métodos es alta comparada con el de la máquina manual, ya que ésta última por su forma y estructura simplificada no logra liberar completamente todas las inclusiones de aire durante el compactado, dando lugar a una posible discontinuidad o porosidad en el bloque.

4.4.4. Factibilidad tecnológica

Las máquinas utilizadas en cada método de compactado descritos anteriormente, resultan ser tecnológicamente factibles para su construcción, debido a su funcionalidad en el campo de trabajo, a la facilidad de obtener los materiales y elementos que los componen en el mercado local y a la simplicidad y sencillez en cuanto a su estructura, que no requieren el uso de maquinaria sofisticada, ni tampoco de una obra de banco especializada para su fabricación.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores y que se desea producir bloques con una calidad constante, tanto en las propiedades físicas como en las mecánicas, algo que no se puede obtener con la máquina manual, esta última no es

adecuada para el prototipo que se pretende rediseñar, por lo que se tendrá que seleccionar entre el método de vibrocompactación o el hidráulico.

A continuación se presenta una comparación breve entre estos métodos de compactación, a fin de evaluar el más adecuado para el proyecto de rediseño.

4.4.5. Vibrocompactadora vrs. Hidráulico

La vibrocompactadora produce la fuerza de compactación a través del método manual, con el uso de palancas, o por caída libre, con un contrapeso; en cambio el sistema hidráulico lo realiza por medio de un pistón accionado por un motor, por lo que los esfuerzos de compresión que alcanza éste último son bastante altos en comparación con el primero.

Las actividades de mantenimiento en una máquina hidráulica son complejas y requieren de recurso humano especializado, el cual debe ser capacitado por el fabricante para llevarlas a cabo. La vibrocompactadora no requiere de este tipo de personal para realizar las distintas tareas de mantenimiento ya que los mecanismos que la componen son más simples.

Para similares cantidades de producción, la capacidad del motor del sistema hidráulico debe ser dos o tres veces mayor que el de la vibrocompactadora, ya que además de la vibración se deben activar otros dispositivos como: el pistón del cilindro y la extracción del molde (desmoldeo).

Por otro lado, la versatilidad que ofrece una vibrocompactadora permite la producción de varios tipos de bloque para la construcción, ya que su diseño le permite el montaje y desmontaje de moldes para diversos elementos tales como: adoquines, soleras, losetas, etc. Por esta razón es el sistema mecánico más difundido en los trabajos específicos de moldura, tanto a base de concreto como de suelo cemento. Por esta razón se seleccionará este mecanismo para el vibrado.

4.5. Máquina a rediseñar

Tomando como base los criterios planteados en esta sección se ha elaborado un esquema de la máquina que cumpliría con los objetivos de este proyecto. Un bosquejo de esta máquina se ilustra a continuación:

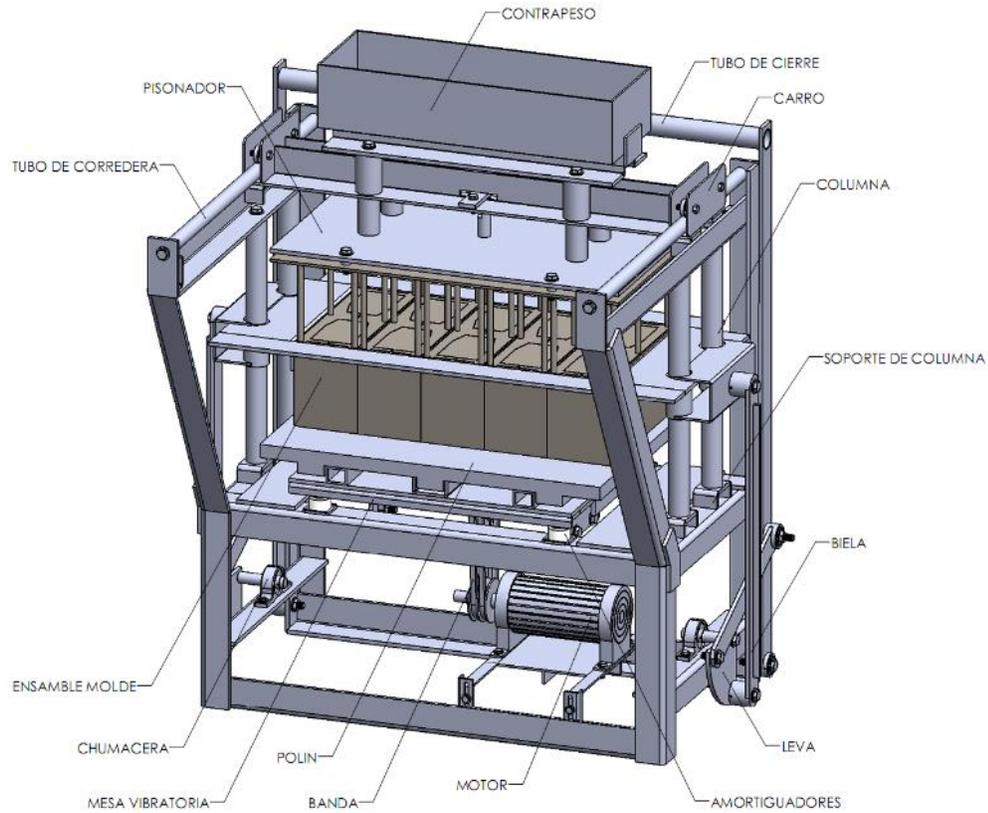


Figura 27. Bosquejo de conjunto de la máquina

Las partes principales de este prototipo son:

- **Túbo corredera:** Sirve como guía para el carro.
- **Pisonador:** Causa un efecto de compactación previa a la mezcla depositada en el molde hembra.
- **Contrapeso:** Actúa como estabilizador de la máquina.
- **Túbo de cierre:** Une al molde macho con el molde hembra.
- **Carro:** Desliza toda la estructura donde se aloja el contrapeso de la máquina.
- **Columna:** Actúa como guía para el deslizamiento del molde hembra.
- **Soporte de columna:** Es la pieza que fija a la columna con la estructura de la

máquina.

- **Biela:** Ejerce movimiento a la leva.
- **Leva:** Actúa como puente entre las dos bielas.
- **Motor:** Genera la fuerza motriz para el sistema de vibración.
- **Banda:** Transmite la fuerza motriz del motor al eje de vibración.
- **Polín:** Es la pieza que aísla al molde de la mesa vibratoria, además es donde se ubica el bloque terminado una vez terminado el proceso de fabricación.
- **Mesa vibratoria:** Es la parte más importante de la máquina porque es donde se genera el efecto de vibración generado por el eje desbalanceado.
- **Ensamble molde:** Es donde se unen el molde hembra con el molde macho (pisonador).

En esta sección se describe un prototipo en general que se pretende rediseñar, a medida que se vayan realizando los cálculos para obtener cada elemento sujeto a rediseñar que se vayan adecuando al nuevo diseño de la máquina.

4.6. Funcionamiento

El polín se coloca sobre la mesa vibradora. El mecanismo de desmoldeo debe estar en la posición alta, el molde desciende y presionará la tabla sobre la mesa vibratoria. Se deslizará el carro sobre el tubo corredera hasta sus topes.

Por medio de palas se efectuará la alimentación del molde con la mezcla y bajará mediante una primera vibración al accionar el motor, el tiempo de vibrado será de aproximadamente 7 segundos.

El pisonador es jalado hacia adelante el cual deja el material a su altura adecuada, al topar en su lugar el pies prensadores se encontraran sobre el molde. Se deja caer el pisonador y el carro porta contrapeso junto con éste, sobre el elemento que se está fabricando y se inicia la vibración.

En la posición anterior el molde sube dejando los elementos sobre el polín de madera, el pisonador sirve en este momento de extractor. Se retiran los moldes y se inicia un nuevo ciclo.

4.7. Mecanismo de vibrado

Los mecanismos que producen el efecto vibratorio pueden tener diferentes formas y características dependiendo de los elementos que lo integren: Contrapesos, biela, levas o poleas excéntricas. A continuación se describen cada uno de ellos.

4.7.1. Contrapesos

Son de metal y su sección es sólida; la forma puede ser variada (Figura 27) y tienen un peso de 1 lb aproximadamente. Su función es desestabilizar el giro del eje, haciéndolo flexionar durante el movimiento rotatorio, originando el vibrado que permitirá compactar la mezcla con mucha facilidad.

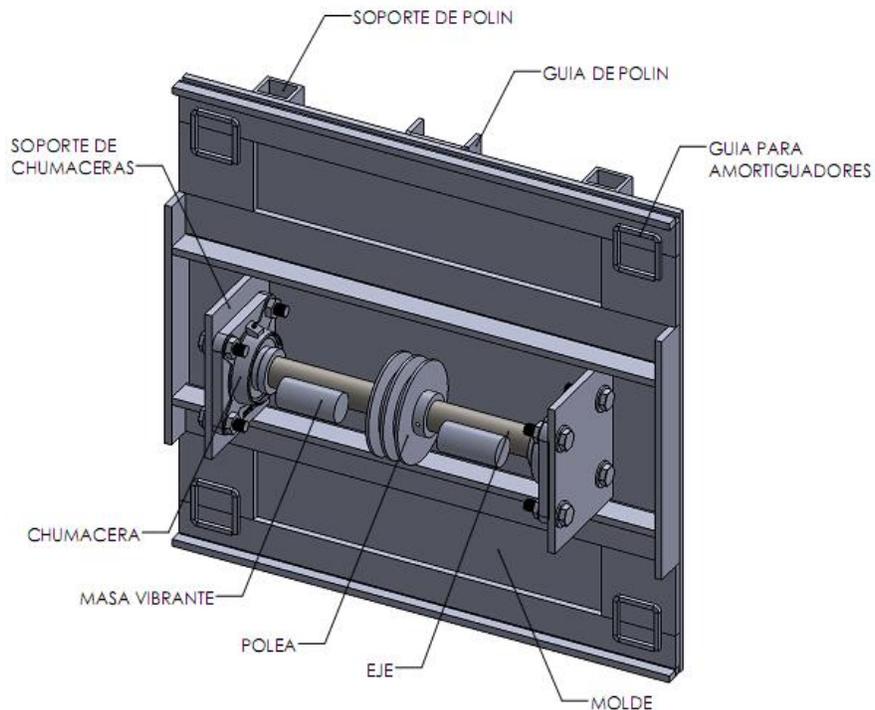


Figura 28. Sistema de contrapesos

4.7.2. Biela – manivela

Es un mecanismo que consiste de cuatro eslabones tal como lo muestra la figura 28. En el eslabón 1 está colocada la biela, el 2 es el eje acoplado a través de cojinetes que sirve de motriz y se le llama manivela, el 3 ó sea el acoplamiento, es la biela y el 4 es la plancha vibradora de la máquina que funciona como un pistón.

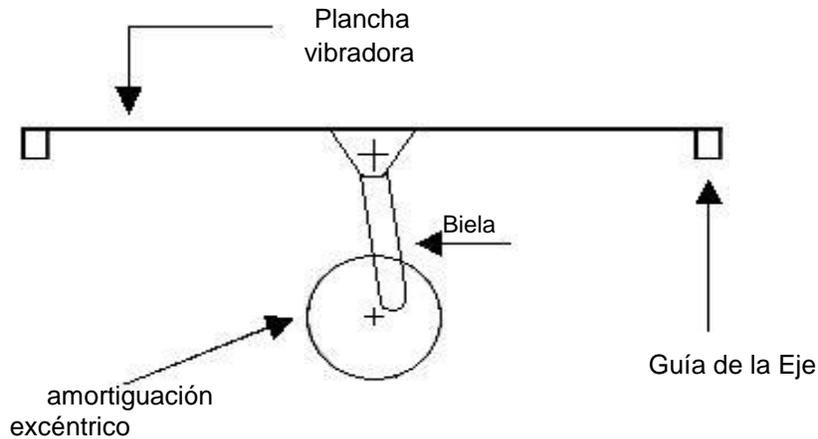


Figura 29. Sistema biela y manivela

4.7.3. Levas

La leva es un mecanismo que transforma el movimiento giratorio en alternativo y dependiendo la forma de ésta, así será el tipo de movimiento obtenido (Figura 29). Este tipo de leva por su forma y estructura pertenece a los coplanares, requieren del ángulo girado por la leva para conocer el desplazamiento "s" del seguidor. Existen dos tipos de seguidores: el brazo oscilatorio y el radial. En esta figura el seguidor solo tiene traslación pura y es de cara plana.

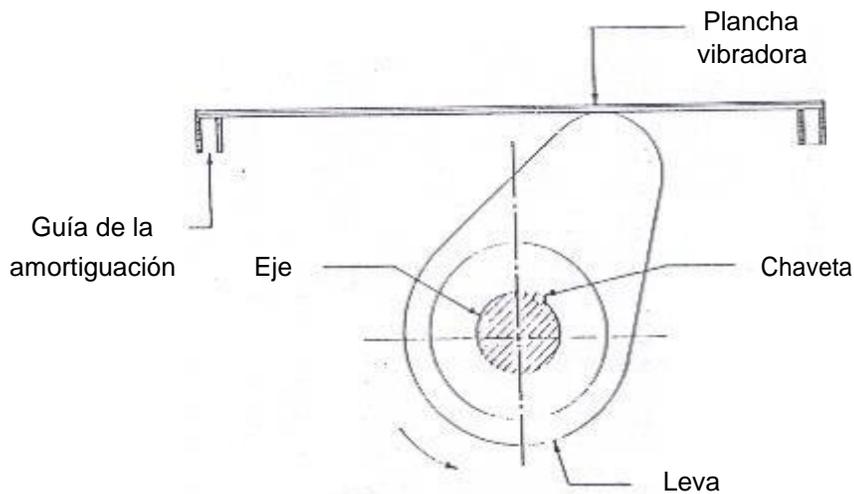


Figura 30. Sistema de leva

4.7.4. Polea excéntrica

Este mecanismo comprende de una polea descentrada que se encuentra fija al centro de un eje apoyado por cojinetes empernados a la mesa vibratoria (Figura 30).

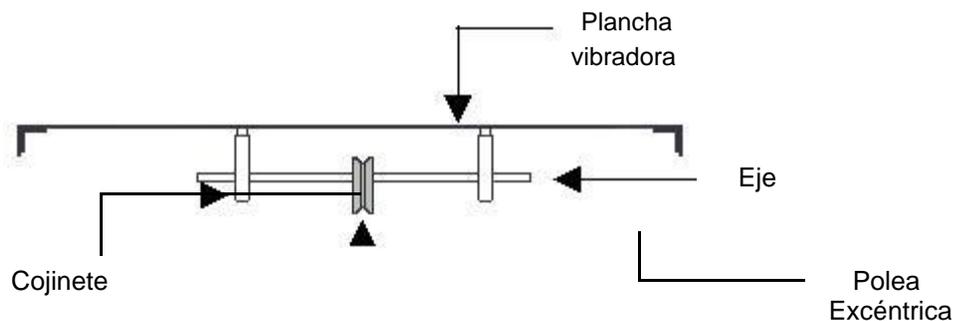


Figura 31. Sistema de polea excéntrica

En el siguiente cuadro (Tabla 10) se presenta un resumen comparativo de ventajas y desventajas de estos elementos.

4.7.5. Selección del mecanismo

Para realizar esta selección se analizarán los siguientes criterios: Efectividad, factibilidad

tecnológica y costos.

a) Efectividad:

La utilización de bielas y levas produce un vibrado más directo y de operación estable en comparación con los otros mecanismos que producen un vibrado indirecto, los cuales tienden a desestabilizar el eje trabajando en una forma no estable estáticamente cuyo efecto perjudica a los elementos del sistema de transmisión.

b) Factibilidad tecnológica:

Las levas requieren de maquinaria sofisticada y mano de obra altamente calificada para obtener su forma deseada, los otros elementos pueden ser construidos sin dificultad.

Los contrapesos y poleas excéntricas, por su forma de trabajo tienden con el tiempo de operación a dañar el sistema de transmisión, en el caso de la biela no se produce este efecto.

La biela por ser un mecanismo simple, produce un efecto de vibrado sin perjudicar otros elementos, por lo tanto, su función cumple con los requerimientos antes establecidos.

c) Costos:

Por su difícil construcción la leva se convierte en el mecanismo de mayor costo, los demás elementos están un tanto cerca para su fabricación.

Tabla 10. Cuadro comparativo entre los mecanismos de vibración

Elemento	Ventajas	Desventajas
Contrapesos	<p>-Son de construcción simple.</p> <p>Son móviles, regulando en esta forma la amplitud.</p> <p>Su fabricación es simple por tanto su costo es bajo.</p>	<p>Tienden a flexionar el eje en los extremos, haciéndolo fallar por fatiga.</p> <p>Presenta mucho trabajo para el cambio de la faja.</p>
Biela – manivela	<p>El eje tiende a durar más tiempo debido a que se flexiona poco.</p> <p>El efecto de vibrado es aceptable.</p>	<p>Presenta mucho trabajo en el montaje y desmontaje de la faja.</p> <p>El costo es mayor por el proceso de fabricación.</p>
Leva	<p>El efecto de vibrado es aceptable.</p>	<p>El proceso de fabricación es más complicado lo que origina un mayor costo.</p> <p>Presenta mayor desgaste de material, debido al contacto de leva y el seguidor.</p> <p>La vibración que produce es muy ruidosa debido al golpe de la leva y el seguidor.</p>
Polea excéntrica	<p>Su costo es bajo.</p> <p>El mecanismo es simple, lo que facilita el montaje y desmontaje de la faja.</p>	<p>El eje flexiona mucho, como efecto tiende a fallar con frecuencia.</p> <p>Las fajas se deterioran con facilidad.</p>

Con relación a este punto se consultó a diversos mecánicos y constructores de talleres de fabricación y mantenimiento de máquinas similares a esta, se les consultó que cuáles eran los parámetros que tomaban en cuenta ellos para seleccionar un mecanismo cuando fabricaban una determinada máquina. Comentaron en su mayoría que principalmente era la facilidad de construcción, ya que todos pueden proporcionar eficiencia en el trabajo que se desee de la máquina. Esto le traía entre otros beneficios, los siguientes:

- No requerían de máquinas herramientas sofisticadas para mecanizar las piezas.
- No requerían de mano de obra especializada para el manejo de estas máquinas.
- El período de fabricación era corto lo que directamente reducía costos.
- Las piezas eran fáciles de fabricar y sustituir una vez terminada su vida útil.

Tomando de base la funcionabilidad y simplicidad, el contrapeso soldado al eje cumple con las necesidades exigidas para desarrollar satisfactoriamente este tipo de trabajo, por lo que se seleccionará este mecanismo para producir la vibración de la mesa. Las máquinas que se han podido observar en el país utilizan mecanismo similar a este.

4.8. Sistema de transmisión

Este sistema permite transmitir potencia al mecanismo de vibrado, convirtiendo toda la energía mecánica en vibración. Los elementos que se pueden utilizar son las cadenas, engranes y bandas.

4.8.1. Cadenas

Este es un medio muy eficiente y sencillo para transmitir potencia al eje del sistema de vibrado. Las cadenas son generalmente utilizadas para separaciones grandes entre ejes. En la figura 31 se muestra una cadena de tipo rodillo.

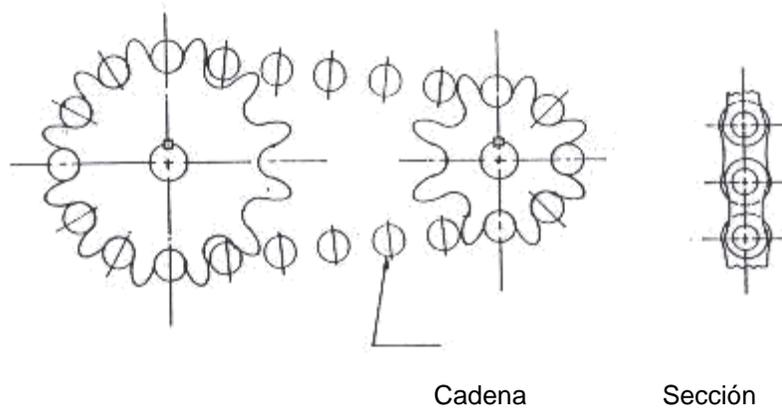


Figura 32. Sistema de transmisión por cadena

4.8.2. Bandas

Estas transmiten potencia de un eje a otro y son utilizadas para grandes separaciones entre ejes. Son necesarias para aumentar o reducir las altas velocidades de rotación de los motores eléctricos. En la figura 32 se muestra el sistema con una banda de sección trapezoidal.

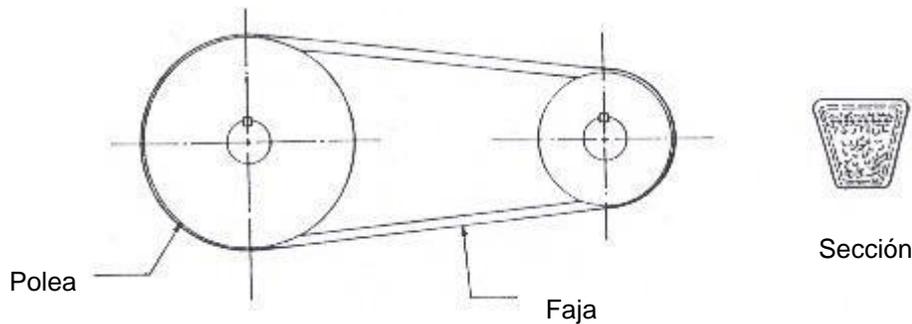


Figura 33. Sistema de transmisión por banda

4.8.3. Engranajes

Estos transmiten la energía de un eje a otro manteniendo una relación precisa entre las velocidades de rotación de cada uno de ellos. En la figura 33 se muestra el sistema de transmisión mediante engranes cónicos para ejes que se cruzan.

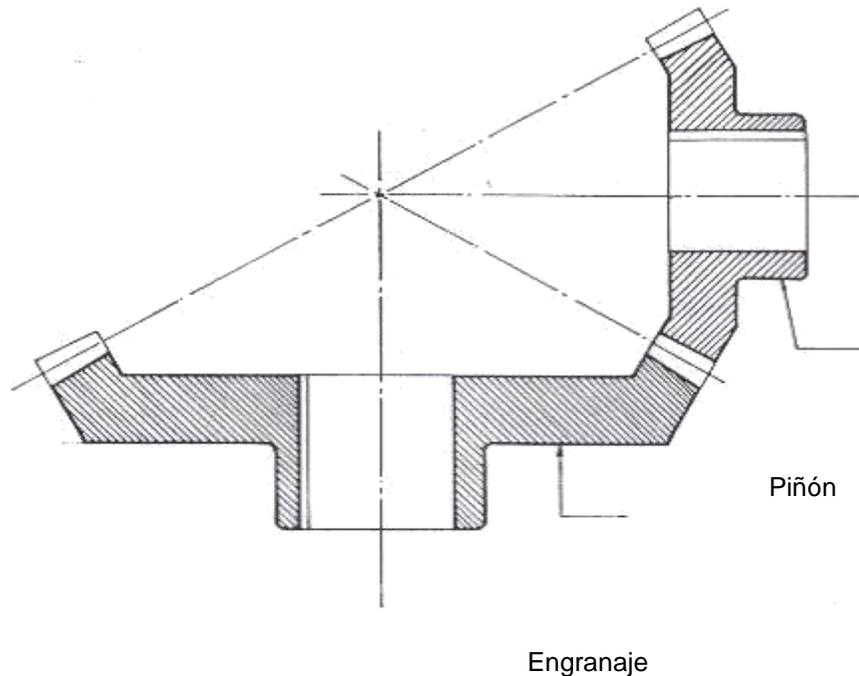


Figura 34. Sistema de transmisión por engranes

4.8.4. Selección del sistema

En el siguiente cuadro (Tabla 11) se presenta un cuadro comparativo de los sistemas de transmisión. Las cadenas y bandas son fáciles de montar y desmontar con relación a los engranes. Los elementos de máquina de estructura flexible como las bandas o las cadenas se utilizan en la transmisión de potencia mecánica a distancias relativamente grandes. Con frecuencia las bandas se utilizan para sustituir engranes, ejes, coples y otros dispositivos mecánicos de transmisión relativamente rígidos. En muchos casos su aplicación simplifica el diseño de un mecanismo o una máquina y reduce notablemente el costo.

Además, puesto que las bandas suelen ser elásticas y de gran longitud, desempeñan un papel importante en la absorción de cargas de choque y en el amortiguamiento y separación de los efectos de las vibraciones. Esta es una importante ventaja en lo que concierne a la duración de una máquina. Por lo descrito anteriormente se seleccionarán las bandas para realizar la transmisión de potencia desde el motor.

Tabla 11. Cuadro comparativo entre los mecanismos de transmisión

Elemento	Ventajas	Desventajas
Cadena	<p>Los aumentos o reducciones de velocidad pueden ser grandes.</p> <p>Su instalación es sencilla.</p> <p>No le Afecta las altas temperaturas ni la presencia de aceite o grasa.</p> <p>No hay resbalamiento.</p> <p>Las tolerancias para transmitir en cadenas son grandes.</p>	<p>Su costo es elevado.</p> <p>Son ruidosos.</p> <p>El desgaste por rozamiento es alto.</p>
Engrane	<p>La pérdida por rozamiento es pequeña.</p> <p>Son silenciosos.</p> <p>Su funcionamiento es suave y sin vibraciones.</p> <p>No hay resbalamiento.</p> <p>Muy eficientes transmisores de potencia.</p>	<p>Su costo de fabricación es elevado.</p> <p>Su montaje no es sencillo.</p>
Banda	<p>Su obtención es de bajo costo.</p> <p>El montaje es fácil.</p> <p>Son capaces De transportar grandes potencias.</p>	<p>Su duración de vida es larga</p> <p>Su costo es bajo.</p>

V. VIBRACIÓN MECÁNICA

5.1. VIBRACION MECANICA

5.2. Conceptos básicos

Todos los cuerpos presentan una señal de vibración característica en la cual plasman cada una de sus partes. De acuerdo a esto, las máquinas presentan su propia señal de vibración y en ella se encuentra la información de cada uno de sus componentes. Por tanto, una señal de vibración capturada de una máquina significa la suma vectorial de la vibración de cada uno de sus componentes.

5.2.1. Vibración simple

La base principal de las señales de vibración en el dominio del tiempo son las ondas sinusoidales. Estas son las más simples y son la representación de las oscilaciones puras. Una oscilación pura puede ser representada físicamente con el siguiente experimento: se coloca una masa suspendida de un resorte como el de la figura 59. Si esta masa es soltada desde una distancia X_0 , en condiciones ideales, se efectuará un movimiento armónico simple que tendrá una amplitud X_0 .

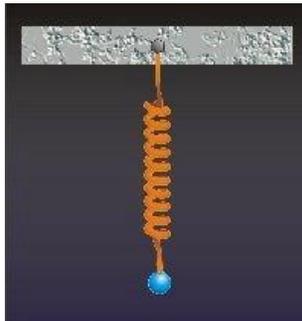


Figura 35. Masa suspendida en un resorte

Ahora a la masa vibrante se le adiciona un lápiz y una hoja de papel en su parte posterior, de manera que pueda marcar su posición. Si se jala el papel con velocidad constante hacia la izquierda se formará una gráfica parecida a la figura 60.

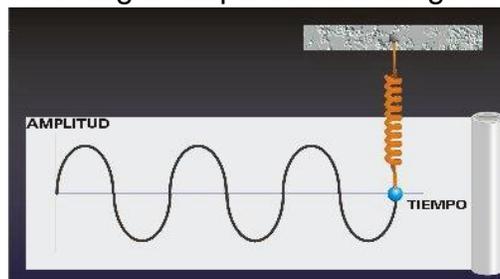


Figura 36. Oscilaciones de un resorte

El tiempo que tarda la masa para ir y regresar al punto X_0 siempre es constante. Este tiempo recibe el nombre de período de oscilación (medido generalmente en seg o mseg) y significa que el resorte completó un ciclo. El recíproco del período es la frecuencia, es decir $F=1/P$, la cual generalmente es dada en Hz (RPS) o también revoluciones por minuto (RPM). Estos conceptos pueden verse más claramente en la figura 57.

La amplitud desde el punto de vista de las vibraciones es cuanta cantidad de movimiento puede tener una masa desde una posición neutral. La amplitud se mide generalmente en valores pico-pico para desplazamiento y valores cero-pico y RMS para velocidad y aceleración (figura 58).

La fase realmente es una medida de tiempo entre la separación de dos señales la cual puede ser relativa o absoluta. Generalmente es encontrada en grados. La figura 59 muestra dos señales sinusoidales de igual amplitud y período pero separadas 90 grados, lo cual indica que ambas curvas están desfasadas 90 grados.

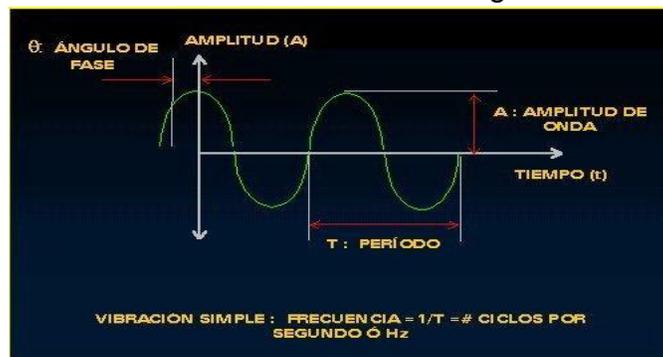


Figura 37. Representación del período y la frecuencia

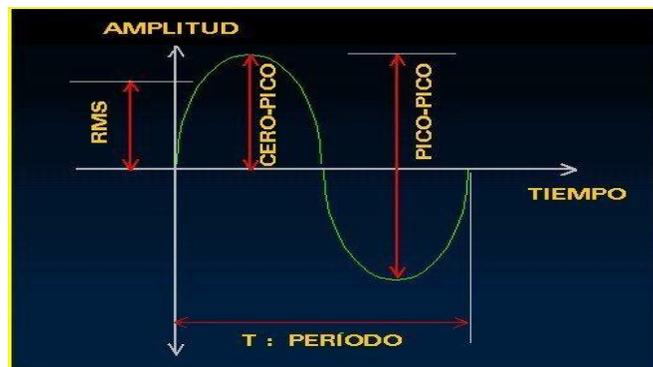


Figura 38. Representación de la amplitud

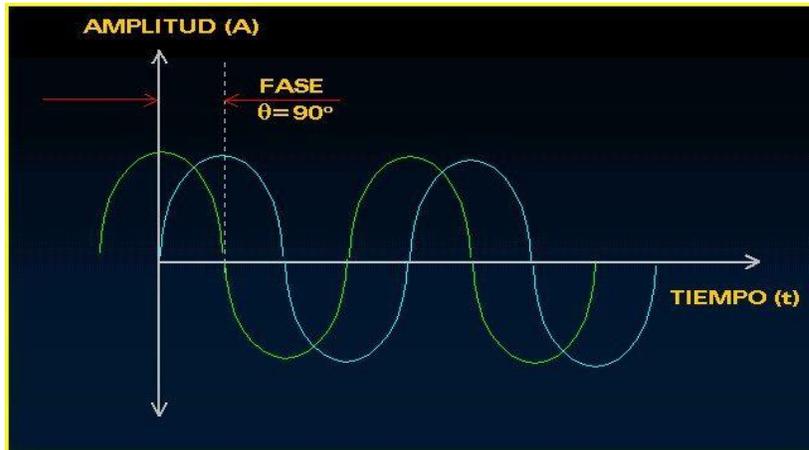


Figura 39. Señales sinusoidales de igual amplitud y período pero separadas 90 grados

**VI. GENERALIDADES EN EL DISEÑO MECÁNICO DE
MATERIALES.**

La mecánica de materiales investiga el efecto de la fuerza aplicada sobre los cuerpos. Si se aplica fuerza a un cuerpo y no se produce movimiento, las reacciones impiden el movimiento pueden aplicarse usando las leyes de la estática. Si se produce movimiento, las aceleraciones y el movimiento pueden determinarse con el principio de la dinámica. Sin embargo, pueden desearse alguna información que va más allá de la determinación de las fuerzas exteriores y del movimiento resultante.

6.1. PESO.

El peso de un objeto se define como la fuerza gravitacional resultante sobre el objeto.

$$W = mg$$

Ecu. 1. 1

6.2. ESFUERZO Y DEFORMACIÓN.

Una fuerza externa aplicada a un cuerpo hace que este se deforme o cambie ligeramente de forma, también produce fuerzas internas (esfuerzos) que actúan dentro del cuerpo.

6.2.1. Esfuerzo.

El esfuerzo es una función de las fuerzas internas en un cuerpo que se produce por la aplicación de cargas exteriores.

6.3. ESFUERZO CORTANTE TORSIONAL.

Cuando un par de torsión, o un momento de torsión se aplica a un elemento tiende a deformarlo por torcimiento, lo cual causa una rotación de un parte del elemento en relación con otra. Este torcimiento provoca u esfuerzo cortante en el miembro. Para un elemento pequeño del miembro, la naturaleza del esfuerzo es igual a la que se experimenta bajo el esfuerzo cortante directo. Sin embargo, en el cortante, torsional, la distribución de esfuerzo no es uniforme en la sección transversal.

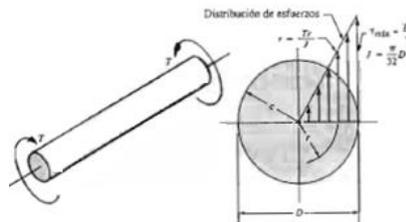


Figura 40. Distribución de esfuerzo en un eje macizo

6.3.1. Formula esfuerzo cortante torsional.

Cuando un eje macizo se somete a un par de torsión, la superficie extrema sufre la máxima deformación cortante unitaria y, por consiguiente, el esfuerzo cortante torsional máximo. El valor del esfuerzo torsional máximo para un eje se calcula:

$$\tau_{max} = \frac{Tr}{J} \quad \text{Ecu 1.2}$$

Si

$$J = \frac{\pi d^4}{32} = Z_p r \quad \text{Ecu 1.3}$$

Entonces:

$$\tau_{max} = \frac{T}{Z_p} \quad \text{Ecu 1.4}$$

Dónde:

r : Es el radio de la superficie externa del eje.

J : Momento polar de inercia

Z_p : Modulo de sección polar

d : Es el diámetro de la superficie externa del eje.

También:

$$Z_p = \frac{\pi d^3}{16} \quad \text{Ecu 1.5}$$

6.4. ESFUERZO DEBIDO A LA FLEXIÓN (σ).

Una viga es un elemento que soporta cargas transversales a su eje. Estas cargas produce momento de flexión en la viga, las cuales a su vez causan el desarrollo de esfuerzo de flexión.

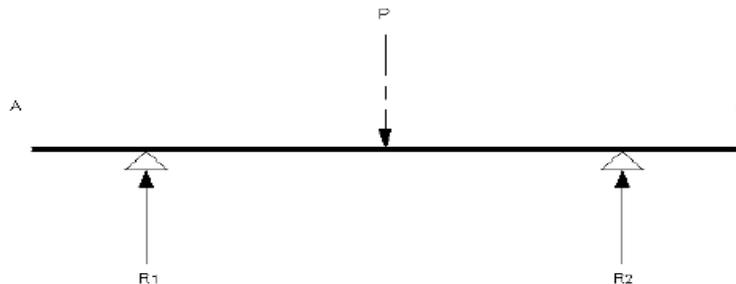


Figura 41. Viga

Los esfuerzos de flexión son esfuerzos normales, estos son de tensión o de compresión. También pueden producirse tensiones por torsión. El esfuerzo cortante máximo en una sección transversal de una viga está en la parte más alejada del eje neutro de la sección. En ese punto, la fórmula de la flexión muestra como resultado el esfuerzo:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}C}{I_{xx}} \quad \text{Ecu 1.6}$$

Si:

$$S_{xx} = \frac{I_{xx}}{c} \quad \text{Ecu 1.7.}$$

Entonces:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S_{xx}} \quad \text{Ecu 1.8}$$

Donde:

M_{max} : Magnitud del momento máximo de flexión en esa sección.

I_{xx} : Momento de inercia del área transversal con respecto a su eje neutro.

c : Distancia del eje neutro a la fibra más alejada.

Para el estudio de vigas se considera un sistema de coordenadas en que el eje X es siempre tangente al eje baricéntrico de la viga, y los ejes Y y Z coincidan con los ejes principales de inercia. Los supuestos básicos de la teoría de vigas para la flexión simple de una viga que flete en el plano XY son:

1. Hipótesis de comportamiento elástico. El material de la viga es elástico lineal, con módulo de Young E y coeficiente de Poisson despreciable.
2. Hipótesis de la flecha vertical. En cada punto el desplazamiento vertical sólo depende de x : $u_y(x, y) = w(x)$.
3. Hipótesis de la fibra neutra. Los puntos de la fibra neutra sólo sufren desplazamiento vertical y giro: $u_x(x, 0) = 0$.
4. La tensión perpendicular a la fibra neutra se anula: $\sigma_{yy} = 0$.

5. Hipótesis de Bernoulli. Las secciones planas inicialmente perpendiculares al eje de la viga, siguen siendo perpendiculares al eje de la viga una vez curvado.

6.5. ESFUERZO EN DISEÑO Y FACTOR DE SEGURIDAD.

6.5.1. Esfuerzo en diseño.

En el diseño de elementos de máquinas y estructuras se presentan tres tipos de esfuerzos

6.5.1.1. Esfuerzo de trabajo o de diseño (σ , τ):

Es el esfuerzo real que soporta el material bajo la acción de carga.

6.5.1.2. Esfuerzo permisible (σ , τ):

Indican valores reducidos de resistencia que se utiliza en el diseño para determinar las dimensiones de los sólidos de acuerdo a su resistencia.

El código AISC (Instituto americano) expresa el siguiente esfuerzo admisible para el acero al carbono.

- 1) Si la pieza está sometida a tensión entonces:

$$0.45S_y \leq [\sigma]_t \leq 0.60S_y \quad \text{Ecu 1.9}$$

(Debe ser mayor el de diseño)

- 2) Si la pieza soporta cortantes entonces:

$$[\sigma]_t = 0.40S_y \quad \text{Ecu 1.10}$$

- 3) Si está sometida a esfuerzo de flexión, entonces:

$$0.60S_y \leq [\sigma]_t \leq 0.75S_y \quad \text{Ecu 1.11}$$

- 4) Si está sometida a aplastamiento o compresión:

$$[\sigma]_t \leq 0.90S_y \quad \text{Ecu 1.12}$$

6.5.1.3. Esfuerzo límite o límite de fluencia S_y

La resistencia de un elemento depende de la elección, tratamiento térmico, y el proceso de manufactura de material. Sus valores se obtienen mediante ensayo, “para el diseño por esfuerzo permisible el valor de límite de fluencia es el que emplea para el diseño”.

6.5.2. Facto de seguridad

El coeficiente de seguridad es una medida relativa de un componente que soporta una carga (medida cualitativa y cuantitativa nos plantea ¿Qué tanto estamos diseñando.) y se expresa como:

$$N = \frac{[\sigma]_t}{\sigma} = \frac{\text{Esfuerzo permisible}}{\text{Esfuerzo de diseño}} > 1 \quad \text{Ecu 1.13}$$

Si $N < 1$ diseño inseguro

Si $N > 4$ sobre diseñado

Diseño elástico

$1 \leq N \leq 2.5$ (Aprox)

Diseño plástico

$2 \leq N \leq 5$ (Aprox)

6.6. MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME (MCU).

Los principales parámetro para un MCU son: la velocidad angular, el periodo, la frecuencia, la aceleración angular; que a continuación se define:

6.6.1. Velocidad angular.

La velocidad angula se representa como ω , y tiene unidades rad/seg. Se define como la razón entre el desplazamiento angular del cuerpo rígido y el intervalo de tiempo durante

el que ocurre el desplazamiento. Podemos relacionar la velocidad angular también con el número de revoluciones por minuto, mediante la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad \text{Ecu 1.14}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad \text{Ecu 1.15}$$

Esta ecuación es válida para el sistema internacional de medidas.

6.7. MATERIALES EN EL DISEÑO MECANICO.

6.7.1. Propiedades de los materiales.

Los elementos de máquinas se fabrican, a menudo, con uno de los metales o aleaciones metálicas como el acero, aluminio, hierro colado, zinc, titanio o bronce. Esta sección describe las importantes propiedades de los materiales, que afectan el diseño mecánico.

Por lo regular, las propiedades de resistencia, elasticidad y ductilidad de los metales, plásticos y otros se suelen determinar con una prueba de tensión, en donde una muestra de material, casi siempre con la forma de una barra redonda o plana, se sujeta entre mordazas y se tensa lentamente, hasta que se rompe por la tensión. Durante la prueba, se monitorea y registra la magnitud de la fuerza ejercida sobre la barra y el cambio correspondiente de longitud (deformación). Como el esfuerzo en la barra es igual a la fuerza aplica dividida entre el área, ese esfuerzo proporcional a la fuerza aplicada. Se muestran los datos de esas pruebas en los diagramas esfuerzo-deformación unitario. En los siguientes párrafos se definen algunas propiedades de resistencia, elasticidad y ductilidad.

6.7.2. Resistencia a la tensión S_{ut} .

Se considera que el punto máximo de la curva esfuerzo-deformación unitaria es la resistencia última a la tensión (S_u), a veces se le llama resistencia última o simplemente resistencia a la tensión. En este punto de la prueba se mide el máximo esfuerzo aparente en una barra de prueba del material. Como se muestra la curva parece descender después del punto máximo. Sin embargo, observe que la instrumentación utilizada para trazar los diagramas, en realidad, obtiene la gráfica de carga contra deflexión en lugar del

esfuerzo real contra deformación unitaria. El esfuerzo aparente se calcula al dividir la carga entre el área de la sección transversal original de la barra de prueba. Después de que alcanza el máximo de la curva hay un decremento notable del diámetro de la barra, llámale cual recibe el nombre de formación de cuello. Así, la carga actúa sobre un área menor, y el esfuerzo real continúa aumentando hasta la ruptura. Es muy difícil seguir la reducción del diámetro durante la formación del cuello, por lo que se acostumbra usar el punto máximo de la curva como resistencia a la tensión, aunque es un valor conservador.

6.7.3. Límite de fluencia, S_y

La parte del diagrama esfuerzo-deformación unitaria donde hay un gran incremento de la deformación con poco o ningún aumento del esfuerzo se le llama resistencia de fluencia o resistencia a la cadencia (S_y). Esta propiedad indica que, en realidad, el material ha cedido o se ha alargado en gran medida y en forma plástica y permanente. Si el punto de fluencia es muy notable, como en la figura, a la propiedad se le llama punto de fluencia (o punto de cadencia) y no resistencia de fluencia. Es típico de un acero al carbono simple, laminado en caliente.

6.7.4. Dureza.

La resistencia de un material a ser penetrado por un dispositivo es indicativa de su dureza. La dureza se mide con varios aparatos, procedimientos y penetradores; el probador de dureza Brinell y el de Rockwell son los que se utilizan con más frecuencia para elementos de máquinas. Para aceros, en el medidor de dureza (o durómetro) Brinell se usa una bola de acero endurecido de 10mm de diámetro como penetrador, bajo una carga de 3000 kg fuerza. La carga causa un indentación permanente en material de prueba, y el diámetro de la indentación se relaciona con el número de dureza Brinell BHN. La cantidad real que se mide es la carga dividida entre el área de contacto de la indentación. Para los aceros, el valor BHN va desde 100 para un acero recocido de bajo carbono, hasta más de 700 para aceros de alta resistencia y de alta aleación, en la condición de recién templado. En los números altos, mayores de 500, el penetrador se fabrica a veces con carburo de tungsteno o de acero. Par los metales más suaves, se emplea una carga de 500Kg.

VII. SELECCIÓN DE ELEMENTOS A REDISEÑAR

7.1. EJE.

Este corresponde la parte fundamental de la máquina ya que es el encargado de hacer vibrar la mesa. Para su funcionamiento actúa un solo tipo que es construido en acero de transmisión AISI 1006 HR (Como se detalla en este capítulo), utilizando procesos de conformado con arranque de viruta.



Figura 42. Eje de mesa vibratoria

El eje motriz, es accionados por un motor eléctrico, los mismos que se acoplan mediante dos chumaceras.

7.2. PARÁMETROS PRINCIPALES PARA EL DISEÑO DEL EJE.

En este capítulo se determinara la potencia del motor, y se definirá los principales parámetros para el diseño del eje como las velocidades angulares, las fuerzas que este aplica, los esfuerzos en que está sometido, la vida útil y el material que se va a utilizar para la construcción.

Para poder definir estos parámetros se parte a partir del material que se diseña el eje.

7.2.1. Velocidad angular del eje.

Tomamos como referencia otras máquinas que giraban el eje a 3600rpm, si esto lo pasamos a rad/s se obtiene:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2\pi(3600rpm)}{60} = 377rad/s$$

7.2.2. Velocidad lineal de la polea es tomando que $r = 0.048m$.

$$V = \omega r = (377 \text{ rad/s})(0.048m) = 18.1m/s$$

7.3. SELECCIÓN DE LA BANDA:

Las bandas trapezoides o en V son útiles en la transmisión de potencia entre los dispositivos que tengan una distancia corta entre centro el cual es el caso de esta máquina.

Para determinar la fuerza total debido a la banda se calculara la fuerza de tensión y el peso de la polea (arriba calculado) para una banda trapezoide o en V se tiene que:

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f\theta / \text{sen}(\frac{\beta}{2})} \quad \text{Ecu2.1}$$

Dónde:

F_1 : Fuerza al lado de tirante, F_2 : fuerza al lado colgante, F_c : fuerza centrípeta f : coeficiente de fricción, θ : ángulo de contacto, β : ángulo de ranura.

De la tabla A 10 para una banda de sección A se tiene $\beta = 17$, el angulo de contacto se puede calcular con la siguiente formula: $\theta = 180 \pm \text{sen}(\frac{D-d}{2c})$ Como $D=d$ las dos poleas tienen el mismo diámetro la ecuación se reduce, $\theta = 180 = 3.1416 \text{ rad}$.

De la tabla A 21 para una banda de material de cuero se tiene $f = 0.4$

La fuerza centrípeta se determina:

$$F_c = \frac{\rho \omega^2 r^2}{g} = \frac{(1.113)(377)^2(0.048)^2}{9.8} = 37.2N$$

Sustituyendo en la ecuación 1.1

$$\frac{F_1 - 37.2}{F_2 - 37.2} = e^{(0.4)(3.1416) / \text{sen}(\frac{34}{2})}$$

Resorbiendo la ecuación se obtiene:

$$F_1 - 73.53F_2 = -2699.17 \quad \text{Ecu 2.2}$$

7.4. SELECCIÓN DEL MOTOR.

Para seleccionar el motor eléctrico tomamos como base el material que está fabricado el eje ya que este está sometido a vibraciones continuas, se toma como referencia la ecuación de Goodman Modificada con un factor de seguridad contra la fatiga de 5 al igual que el factor de diseño.

Según la tabla A2 según el acero 1006 HR su resistencia última a la tensión es de $S_{ut} = 300\text{Mpa}$ tomamos por decisión de diseño $S_{ut} = 60\text{Mpa}$ menor que el disponible para garantizar vida útil del eje.

7.4.1. Resistencia a la fatiga.

Según las ecuaciones: $S_e = C_L * C_S * C_E * S_e''$ $S_e'' = 0.5S_{ut}$ calculamos la resistencia a la fatiga De tabla A 3 obtenemos: $C_L = 1$, $C_E = 1$, $C_S = 0.9$. Resolviendo la ecuación la resistencia a la fatiga resulta: $S_e = 0.45S_{ut}$

La ecuación de Goodman modificada es: $\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$ Sabemos que el esfuerzo a la flexión

es: $\sigma_a = \frac{32M}{\pi d^3}$ y al cortante es $\sigma_m = \frac{16T}{\pi d^3}$ y $S_e = 0.45S_{ut}$

Resolviendo la ecuación de Goodman obtenemos:

$$\frac{40M}{9} + T = \frac{S_{ut}\pi d^3}{16n} \quad \text{Ecu 2.3}$$

7.4.2. Diagrama de fuerza cortante Y momento flexionante.

Según el diagrama obtenemos el momento máximo del eje y resulta que:

$$M_{Max} = \left(\frac{2W_c + F_T}{2}\right)X_1 + \left(\frac{F_T}{2}\right)X_2$$

Dónde: W_c es el peso del contrapeso y F_T es la fuerza total de la banda.

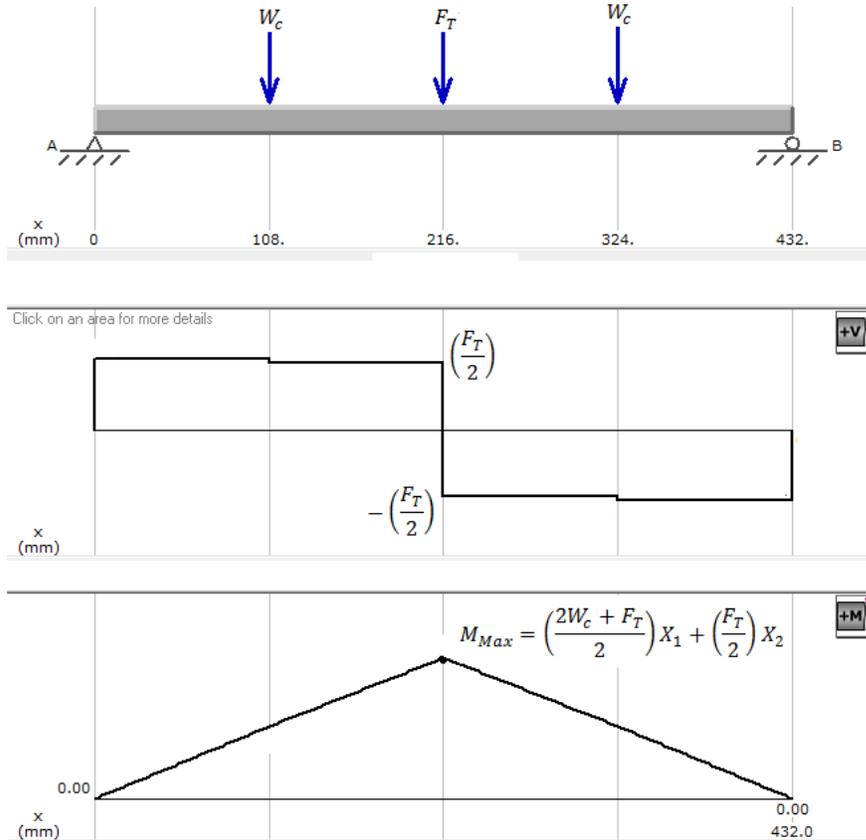


Figura 43. Diagrama de momento máximo del eje

Como: $W_c = VY$, $F_T = F_1 + F_2 + W_p$ donde: $W_p = VY$ es el peso de la polea y Y es el peso específico del acero $Y = 76.5 N/m^3$

Para calcular el peso de la polea y del contrapeso se dimensiono cada elemento por lo tanto obtenemos: (ver anexo en los planos)

$$W_c = (76.5)(3.1416)(0.8)(0.0381)^2 = 6.98N$$

$$W_c = (76.5)(3.1416)(0.4)(0.048)^2 = 22.15N$$

Resorbiendo la ecuación para el momento máximo se obtiene:

$$M_{Max} = \left(\frac{2W_c + F_T}{2}\right)X_1 + \left(\frac{F_T}{2}\right)X_2$$

$$M_{Max} = 3.146 + 0.108F_1 + 0.108F_2$$

Ecu2.4

Cuando: $X_1 = 108mm$ y $X_2 = 108mm$

7.4.3. Torque del motor:

El torque del motor depende del radio de la polea se calcula de la siguiente forma:

$$T = rF_1 - rF_2 = (0.048)F_1 - (0.048)F_2 \quad \text{Ecu2.5}$$

Sustituyendo la ecu.1.4 y 1.3 en la ecuación 1.3 resulta:

$$13.98 + 0.528F_1 + 0.432F_2 = \frac{S_{ut}\pi d^3}{16n} \quad \text{Ecu2.6}$$

Como: $S_{ut} = 60Mpa$ y $n = 5$

Se calcula:

$$0.528F_1 + 0.432F_2 = 116.33 \quad \text{Ecu2.7}$$

Esta ecuación se resuelve con la ecuación 1.1 y se obtiene:

$$F_1 = 188.21 N \quad \text{y también} \quad F_2 = 39.25 N$$

Luego calculamos la potencia del motor con:

$$P = (F_1 - F_2)V = (188.21 - 39.25)(18.1) = 2696.18Watt = 3.6Hp$$

Se puede instalar un motor de $3 \frac{3}{4} Hp$ como se detalla en los anexos

7.5. ESFUERZO CORTANTE MÁXIMO Y DEBIDO A LA TORSIÓN.

7.5.1. Es fuerza cortante máximo.

Con la ecuación 2.7 podemos calcular el esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{max} = \frac{T}{Z_p}$$

7.5.2. Módulo de sección polar.

De la ecuación 2.9 Podemos calcular el Modulo de sección polar.

$$Z_p = \frac{\pi(0.0381m)^3}{16} = 1.086x10^{-5}m^3$$

Ahora calculamos F_1 y F_2 con la ecuación 1.1 y 1.5 resolviéndola por cramer se obtiene:

$$F_1 = 193.91 N \text{ y también } F_2 = 39.33$$

El torque será:

$$T = rF_1 - rF_2 = (0.048)(193.91) - (0.048)(39.33) = 7.42N.m$$

Entonces, el esfuerzo cortante máximo es:

$$\tau_{max} = \frac{7.42N.m}{1.086x10^{-5}m^3} = 683280.6 N/m^2$$

$$\tau_{max} = 0.68Mpa$$

7.5.3. Esfuerzo de flexión:

$$S_{xx} = \frac{\pi(0.0381)^3}{32} = 5.43x10^{-5}m^3$$

Según el diagrama como: $F_T = F_1 + F_2 + W_p = 255.35N$ donde: $W_c = 6.98N$

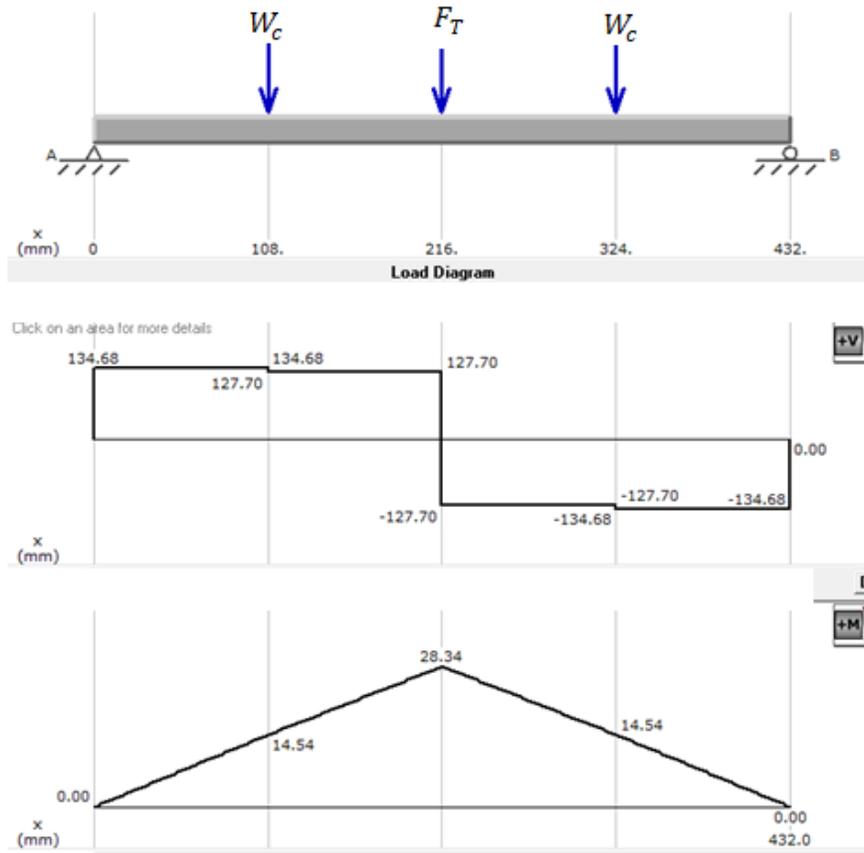


Diagrama del eje modificado

Entonces el esfuerzo máximo es:

$$\sigma_{max} = \frac{28.34 N \cdot m}{5.43 \times 10^{-5} m^3} = 521915.28 N/m^2$$

$$\sigma_{max} = 5.22 Mpa$$

7.6. ESFUERZO CORTANTE HORIZONTAL DEL EJE.

7.6.1. Esfuerzo cortante horizontal para el centro de la sección.

En el centro de la sección $y = 0$, cuando $y = 0$ se obtiene el esfuerzo cortante horizontal máximo.

$$\tau_{max} = \frac{V_{max}}{2I} \left[\frac{D^2}{4} - y^2 \right]$$

Donde:

$$D = 0.0381m$$

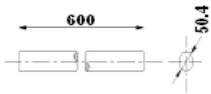
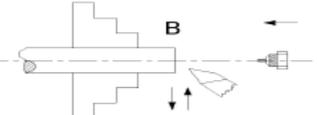
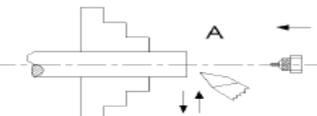
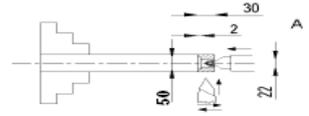
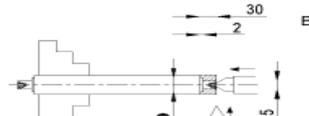
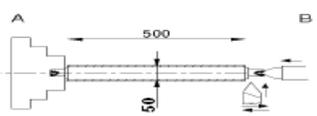
$$V_{max} = 134.68N$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(0.0381m)^4}{64} = 1.034 \times 10^{-7} m^4$$

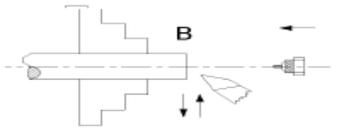
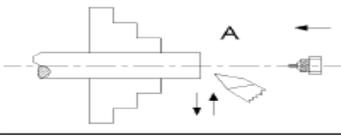
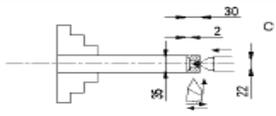
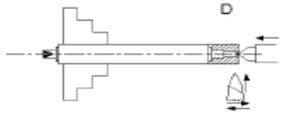
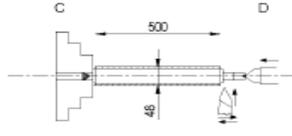
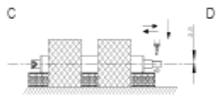
Entonces:

$$\tau_{max} = \frac{134.68N}{2(1.034 \times 10^{-7} m^4)} \left[\frac{(0.0381m)^2}{4} - 0^2 \right] = 472685.77 \frac{N}{m^2}$$

$$\tau_{max} = 0.473Mpa$$

ORDEN DE EJECUCION DEL RODILLO SUPERIOR			
Nº	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S = (avance) mm/rev Vc = (velocidad corte) m/min
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar, centrar pieza lado. 2.2. Refrentar cara B. 2.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.4 Vc = 65
3	3.1. Invertir y centrar pieza. 3.2. Refrentar cara A = 560. 3.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.6 Vc = 65
4	4.1. Centrar pieza con punto. 4.2. Cilindrar lado A con medidas. 4.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.2 Vc = 35-45
5	5.1. Invertir y centrar pieza con punto. 5.2. Cilindrar lado B con medidas. 5.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.2 Vc = 35-45
6	6.1. Sujetar y centrar pieza con ayuda de punto. 6.2. Cilindrar medida: Ø 48 * 500 6.3. Eliminar rebabas.		n = 550 S = 0.2 Vc = 85

ORDEN DE EJECUCION DE LOS RODILLOS INFERIORES

ORDEN DE EJECUCION DE LOS RODILLOS INFERIORES			
N°	Denominación Operación	Esquema	Datos Técnicos n = R.P.M. S= (avance) mm/rev Vc= velocidad corte (m/min)
1	1.1. Cortar. 1.2. Verificar medidas en bruto.		Régimen de Corte
2	2.1. Sujetar, centrar pieza lado. 2.2. Refrentar cara B. 2.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.4 Vc = 65
3	3.1. Invertir y centrar pieza. 3.2. Refrentar cara A = 560. 3.3. Pasar broca de centros.		n = 430 S = 0.6 Vc = 65
4	4.1. Centrar pieza con punto. 4.2. Cilindrar lado C con medidas. 4.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.4 Vc = 35-45
5	5.1. Invertir y centrar pieza con punto. 5.2. Cilindrar lado D con medidas. 5.3. Eliminar rebabas.		n = 430 S = 0.2 Vc = 25-35-45
6	6.1. Sujetar y centrar pieza con ayuda de punto. 6.2. Cilindrar medida Ø 48 * 500 mm. 6.3. Eliminar rebabas.		n = 550 S = 0.2 Vc = 85
7	7.1. Sujetar y centrar pieza en fresadora. 7.2. Realizar chavetero a medida. 7.3. Eliminar rebabas.		n = 500 s = 0.2 Vc = 15

SIMBOLOGIA.

a : Constante de S_{ut}, S_e , Addendum o altura de cabeza, aceleración centrífuga.

b : Exponente de σ_a , ancho de la cara, Ancho útil de la lámina, Dedendum o altura del pie.

C : Distancia entre centros de los dos rodillos y de los engrane

c : Centroide, Holgura.

C_f : Factor de la condición superficial.

C_p : Coeficiente elástico.

d_f : Diámetro de paso de operación.

d : Diámetros menor de los rodillos y de los agujeros del cojinete.

D : Diámetro mayor de los rodillos.

D_p : Diámetro de paso.

E : Módulo de elasticidad.

e : Espesor de la lámina.

E_c : Energía cinemática del sistema.

F : Ancho de la cara, fuerza esperada.

f : Fuerza de fricción, fracción de la resistencia media ultima a la tensión (S_{ut}), frecuencia angular.

H_b : Dureza Brinell.

I_x : Segundo momento del área respecto al eje x.

I : Factor geométrico de resistencia a la picadura.

J : Factor geométrico de resistencia a la flexión, momento polar de inercia.

k : Factor de contacto de carga para resistencia a la picadura.

K_a : Factor de superficie.

K_b : Factor de tamaño.

K_B : Factor de espesor de aro.

K_c : Factor de carga a la flexión.

K_d : Factor de temperatura.

K_e : Factor de modificación de efectos varios.

K_f : Factor de concentración de esfuerzo por fatiga.

K_m : Factor de distribución de carga.
 K_o : Factor de sobrecarga.
 K_s : Factor de tamaño del engrane.
 K_T : Factor de temperatura del engrane.
 K_V : Factor dinámico.
 M_{lim} : Momento limite.
 M_{max} : Momento máximo.
 m : Modulo métrico.
 m_g : Relacion de engrane.
 N : Numero de ciclo esfuerzo del rodillo o engrane.
 N_g : Número de dientes de los engranajes.
 n : Velocidad angular en rpm.
 P : Potencia.
 P_d : Paso diametral.
 P_{max} : Presion máxima del buje o cojinete.
 P_s : Fuerza de doblado aplicada en el eje de simetría.
 P_N : Paso base normal.
 P_n : Paso circular normal.
 P_x : Paso axial.
 Q_v : Numero del nivel de precisión de la transmisión.
 R_A, R_B : Reacción de los apoyos de la viga.
 R_{cu} : Radio de la curvatura.
 r_a, r_b, r_c : Radio de los tres engranes.
 r_A, r_B, r_C : Radio de los tres rodillos.
 r : Radio de lo entalle de los rodillos.
 r_{crit} : Pendiente de la línea de carga de S_a con respecto a S_m .
 r_G : Radio del círculo de paso.
 r_{bp} : Radio del círculo de base.
 S_{xx} : Modulo de sección.
 S_y : Limite de fluencia.

S_{ut} : Resistencia media ultima a la tensión.
 S'_e : Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.
 S_e : Limite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica.
 S_m : Componente de la resistencia a la fatiga.
 S_a : Componente de la resistencia a la fatiga.
 T : Momento torsor o par torsional, periodo.
 t_{max} : Espesor máximo de la lámina.
 U_{1-2} : Trabajo realizado por el sistema.
 V_{max} : Fuerza cortante máxima.
 V : Velocidad bilineal de los rodillos, volumen de los rodillos.
 W : Carga distribuida uniformemente.
 W_t : Fuerza transmitida por el engrane.
 W_r : Fuerza radial por el engrane transmitida.
 X : Distancia del extremo de la viga hacia el corte.
 Y_N : Factor de ciclos de esfuerzo por resistencia a la flexión.
 Y_{max} : Deflexión máxima de la viga.
 Z : módulo plástico.
 Z_N : Factor de ciclos de esfuerzo para resistencia a la fatiga.

Alfabeto griego.

α : Aceleración angular.
 ε : Elongación de la lámina.
 η : Velocidad angular rpm.
 θ : Angulo comprendido entre la normal al rodillo en el punto de contacto con la lámina y la vertical, desplazamiento angular.
 μ_k : Coeficiente fricción dinámico.
 μ_s : Coeficiente de fricción estático.
 π : Pi 3.1416.
 ρ : Densidad acero o material.
 σ : Esfuerzo de flexión.
 σ_a : Amplitud de la componente del esfuerzo de Von Mises para flexión.

σ_m : Amplitud de la componente del esfuerzo de Von Mises para torsión.

ϕ_A : Pendiente en los extremos del eje- rodillo.

σ_c : Esfuerzo de contacto de Hertz (resistencia a la picadura).

σ_{max} : Esfuerzo máximo usado en círculo de Mohr.

σ_{min} : Esfuerzo mínimo usado en círculo de Mohr.

τ_{max} : Esfuerzo cortante máximo para la torsión, cortante horizontal, usado en círculo de Mohr.

φ : Ángulo de torsión.

ω : Velocidad angular en rad/seg.

VIII. MANTENIMIENTO Y FALLAS DE LA MÁQUINA

8.1. Introducción

En este capítulo se presentan algunos fundamentos teóricos sobre mantenimiento preventivo y correctivo de la máquina. Se recomiendan actividades de mantenimiento para el motor eléctrico seleccionado y se presentan sugerencias sobre chequeos, lubricación y limpieza de algunos elementos mecánicos.

8.2. Fundamentos teóricos

Se puede considerar que el mantenimiento es una serie de trabajos que hay que realizar en algún equipo a fin de conservar el servicio para cual fue diseñado. La tarea de mantenimiento es conservar el equipo y maquinaria de producción en condiciones satisfactorias, de acuerdo a los estándares fijados.

El trabajo asignado al personal de mantenimiento generalmente incluye la remoción e instalación de equipo. Básicamente las fallas que se originan en un equipo o maquinaria son ocasionadas por las siguientes fuentes:

- a) La maquinaria o equipo mismo.
- b) El ambiente circundante.
- c) El personal que en él interviene (operarios).

La maquinaria o equipo se vuelve una fuente de fallas más o menos importantes dependiendo de las propiedades de la misma, de la calidad de los materiales empleados en ella, de la bondad del diseño y por último de la calidad de su instalación en el lugar adonde va a prestar el servicio. El ambiente circundante se vuelve un origen de fallas cuando es agresivo a la maquinaria por ejemplo, humedad y temperatura fuera de especificaciones, polvo, humo, salinidad o acidez.

Por lo descrito anteriormente se vuelve necesario crear un ambiente adecuado, donde la influencia de los factores mencionados pueda reducirse al mínimo, y así garantizar que el equipo pueda operar adecuadamente por largo tiempo.

El personal que en él interviene, se comporta como una fuente de fallas cuando sus habilidades manuales y de pensamiento lógico no tienen un nivel mínimo; también cuando no se conoce en forma plena el equipo que se va a mantener.

Cabe mencionar que el punto de vista del mantenimiento deber ser tomado con respecto al servicio. Cuando una máquina está funcionando suministra un servicio cualquiera; los trabajos que se ejecutan en esta maquinaria para mantenerla operando serán considerados de mantenimiento preventivo. En caso de que la falla que se presente suspenda la operación de la máquina el mantenimiento será correctivo.

El mantenimiento preventivo consiste en la serie de trabajos que es necesario desarrollar en alguna maquinaria o instalación para evitar que ésta pueda interrumpir el servicio que proporciona⁶.

8.3. Motor eléctrico

8.3.1. Mantenimiento preventivo

Este servicio consiste en limpiar, lubricar, observar y hacer ajustes menores para que la operación del equipo pueda ser continua. Limpiar de polvo los aparatos eléctricos para que no ocasione falsos contactos ni disminuya la eficiencia de enfriamiento por su adhesión a la carcasa del motor.

Los rodamientos se deben de engrasar con la calidad, cantidad y con los intervalos que señala el manual del fabricante. Se hacen observaciones de la corriente, vibraciones, ruido, temperatura de rodamientos y de la carcasa.

También debe observarse mediante mediciones el estado del aislamiento de los devanados, por lo menos dos veces por año. Las observaciones y los ajustes efectuados deben anotarse en un informe a fin de utilizarlo en el mantenimiento correctivo.

⁶ "Primer Curso sobre Dirección y control de Mantenimiento" ing. Luis Guido, Pag. 1

8.3.2. Mantenimiento correctivo

Este servicio consiste, como lo indica la palabra, en hacer correcciones al equipo, por ejemplo: realinear el motor, cambiar rodamientos, etc. Al cambiar rodamientos es necesario quitar tanto el medio acople como los rodamientos. La forma correcta de hacerlo para no dañar estos elementos o la flecha es mediante un extractor. El montaje del nuevo rodamiento se puede realizar en frío o en caliente. En frío solo debe realizarse para rodamientos pequeños y cuando éstos no necesiten correr una distancia larga sobre la flecha⁷.

8.4. Cojinetes

Un cojinete de bolas adecuadamente protegido y bien lubricado funcionará indefinidamente hasta que los esfuerzos repetidos inicien grietas por debajo de la superficie, que resultarán en desconchaduras de las superficies cargadas.

Los primeros signos de desconchamiento, que son detectables generalmente por un funcionamiento ruidoso, denotan el final de la vida útil del cojinete. Cuando ocurre una falla por fatiga, el cojinete debe ser reemplazado inmediatamente, puesto que el descarrilamiento progresará con rapidez, lanzando fragmentos de metal dentro del sistema de lubricación, ocasionando un eventual agarrotamiento del eje.

Las fallas prematuras por fatiga pueden ser causadas por sobrecargas de cojinete resultantes de alteraciones a la construcción de la máquina o de un ciclo de operación más severo que el recomendado por el constructor de la máquina.

La operación prolongada con lubricación limitada o insuficiente puede causar averías de superficie en los contactos de las pistas. Tales fallas tienen una apariencia muy similar a una falla por fatiga convencional.

Un cojinete antifricción no debe gastarse a menos de que penetre suciedad o materia extraña en su interior. Si este es el caso, se formará junto con el lubricante un

⁷ "Manual de Mantenimiento y Selección de Motores", ASEA, Pág. 305

compuesto abrasivo que desgastará rápidamente los elementos giratorios y distorsionará la geometría de las pistas interior y exterior.

En general, las manchas de corrosión sobre todas las superficies pueden ser ignoradas, de igual forma si las picaduras sobre las superficies críticas del rodamiento no pueden sentirse fácilmente con un trazador de punta no deberá ser causa de rechazo.

El lubricante es suministrado a un cojinete giratorio para soportar los contactos deslizantes que existen entre el retenedor y las otras partes, y para acomodar el deslizamiento que es inevitable en el área de contacto entre el elemento de rodamiento y las pistas. Además, el lubricante protege las superficies del cojinete de la corrosión, tiende a excluir la materia extraña y retira el exceso de calor.

Para casos donde la carga del cojinete no se conoce, es una buena regla seleccionar un aceite que tenga la siguiente viscosidad a la temperatura de operación:

Para cojinetes de bolas y de rodillos

cilíndricos 70 seg. Saybolt

Para cojinetes de rodillos

esféricos 100 seg. Saybolt

Para cojinetes de empuje de rodillos esféricos 150 seg. Saybolt

El uso de disolventes clorinados de cualquier clase no se recomienda en operaciones de limpieza de cojinetes a causa del peligro de oxidación, tampoco es conveniente el uso de aire comprimido. Para limpiar estos elementos sin desmontarlos, puede introducirse un aceite delgado y caliente (82 a 93°C) a través de las chumaceras mientras se hace girar lentamente el eje o husillo. En casos de grasa y aceite extremadamente oxidados, se pueden hacer pasar por las chumaceras emulsiones acuosas calientes, de preferencia mientras giran los cojinetes, hasta que el elemento esté limpio en forma satisfactoria.

Entonces la disolución debe ser extraída completamente y el cojinete y la chumacera

lavados con aceite delgado caliente y drenado de nuevo antes de añadir lubricante nuevo. En algunos casos, puede ser útil un lavado intermedio con una mezcla de alcohol y disolvente mineral delgado, después del tratamiento con la emulsión⁸.

Cuando hay excesiva lubricación se debe abrir el tapón que se halla en el fondo de las cajas de los cojinetes durante un período de tiempo corto después de arrancar la máquina; esto de la oportunidad a que el exceso de grasa sea derramado. Cuando se haya removida se vuelve a colocar el tapón.

8.5. Poleas y bandas en V

La principal regla para una larga vida de las bandas es mantener la tensión correcta en la misma. Las bandas flojas se deslizan, produciendo su desgaste y el de la polea. La acción de golpeteo cuando las bandas están sueltas agrega esfuerzos repentinos, que a menudo las rompen. Para probar la tensión se debe presionar cada banda hacia abajo con firmeza, si existe la tensión adecuada, se podrá bajar una cantidad igual a la mitad de grueso de la banda por cada dos pies de distancia entre centros. Este es un dato importante que se debe recordar.

Las ranuras de la polea deben ser lisas. El polvo, el aceite y otros materiales extraños producen picaduras y óxido. Las paredes socavadas de la banda la arruinan rápidamente. Un fondo de polea brillante indica que la polea y la banda están muy desgastadas⁹.

Entre las fallas que se pueden mencionar en las bandas se encuentran:

- a) Deterioro por aceite: La saturación de aceite arruina el hule de las bandas. Para una protección completa contra el aceite, se deben instalar guardas contra las salpicaduras. Cuando el aceite no puede evitarse, se cambian las poleas por unas

⁸ Manual de Mantenimiento Industrial

⁹ "Operación de Plantas Industriales", Stephen Michael Elonka, Editorial Mc Graw Hill, México 1983, Pág. 367

que sean resistente a este lubricante.

- b) Estructura de la cubierta rota: Esta estructura se rompe por palanquear la banda sobre la polea durante la instalación. La madera o el metal que caiga dentro de la ranura producirá el mismo efecto. Para evitar el daño se debe mover el motor mientras se ajusta la banda en la polea dentro de la ranura.
- c) Rotura por parada brusca: He aquí lo que sucede cuando la banda “trueno el látigo”. El desgaste de la cubierta muestra que la banda ha estado patinando demasiado. Se debe mantener tensa la banda.
- d) Quemada por patinar: Esto se da cuando una banda está demasiado floja, no se mueve y la fricción contra la polea con ranura quema el hule. Cuando la banda finalmente engancha la polea, ésta se revienta por lo que hay que revisar la tensión. Si está bien, hay que revisar la transmisión para que no haya sobrecarga.
- e) Agrietamiento de la base: Este tipo de falla ocurre cuando la banda ha estado trabajando a altas temperaturas. Se debe evitar ambientes de más de 65.5°C.
- e) Desgaste por abrasión: Las paredes laterales de las bandas se desgastan debido a materiales extraños y al óxido en la polea. Se debe instalar protectores contra el polvo y mantener tensa la banda si el lugar de trabajo es extremadamente polvoso.
- f) Separación de una capa: Una polea con ranura demasiado pequeña origina la división a lo largo de la línea de paso de una banda. Se debe recordar que cada tamaño de banda tiene un diámetro mínimo de polea.
- g) Lados de la banda gastados: Cuando los lados de la banda muestran desgaste, éste puede deberse a causas normales. Pero se debe cerciorar que no sea por desalineación. La mugre y la arenilla también pueden producir un desgaste anormal. Se debe reemplazar la banda antes de que el desgaste sea excesivo¹⁰.

¹⁰ “Operación de Plantas Industriales”, Stephen Michael Elonka, Editorial Mc Graw Hill, México 1983, Pág. 366

IX. CONCLUSIONES

Este trabajo contribuirá al mejor desempeño de la máquina para el desarrollo de su fabricación de bloques de concreto.

La máquina se ha diseñado de tal manera que su operación simple requiera de una sola persona para realizar la producción de bloques, en situaciones que no se cuente con presupuesto para contratar mucho recurso humano dentro de una obra.

Las actividades de mantenimiento para los mecanismos de esta máquina serán simples y periódicas, y no se requerirá de recurso humano especializado para llevarlas a cabo.

Los factores que influyen en las fallas por fatiga, deben ser tomados en cuenta cuando se diseña un determinado elemento mecánico, a fin de reducirlos y obtener un mayor tiempo de servicio. Debido a que la resistencia a la fatiga se ve afectada con los cambios de la temperatura se deben tomar acciones que la controlen en el lugar donde se esté operando.

X. RECOMENDACIONES

Para poder variar las condiciones del vibrado con respecto a la frecuencia, se recomienda cambiar la relación de diámetros de las poleas.

Debido a que el diseño de la máquina se ha realizado con base a una operación de 8 – 10 horas diarias, si se requiere para un período mayor, se recomienda volver a diseñar utilizando factores de servicio mayores a los ocupados en este trabajo.

Debido a la vibración de la máquina, se recomienda anclarla a la superficie del suelo para evitar, aunque en pequeñas proporciones, su movimiento de traslación.

Ya que la compactación de la mezcla se realiza a través de la carga que ejerce el contrapeso por efecto de la gravedad, se recomienda que la máquina se coloque sobre una superficie plana en forma horizontal.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- 1- AARON D. DEUTSHMAN; “Diseño de Máquinas”; Editorial CECSA, México 1991.
- 2- ALFRED STILL; “Elementos de Diseño de Máquinas Eléctricas”; Compañía Editorial Continental, S.A., México.
- 3- Catálogo General de la SKF”; Alemania 1982.
- 4- CEMENTO DE EL SALVADOR, S.A. DE C.V.; “**Revista Municipal CESSA**”; Año 2, Número 1, San Salvador, El Salvador, abril de 2001.
- 5- INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO; “**Boletín ICPC**”; Número 52, enero – marzo, 1991, Santafe de Bogota, Colombia.
- 6- INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO; “**Construcción de Pavimentos de Adoquines de Concreto**”; Serie 12, Número 4, Publicación 1059, Santafe de Bogota, Colombia, 1991.
- 7- INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO; “**Fabricación de Bloques de Concreto**”; Serie 12, Número 5, Publicación 1127, Santafe de Bogota, Colombia.
- 8- INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO; “**Notas Técnicas ICPC**”; Serie 4, Número 38, Publicación 858, Santafe de Bogota, Colombia.
- 9- INSTITUTO SALVADOREÑO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO; “**Revista del ISCYC**”; Año 6, Número 20, San Salvador, El Salvador, marzo de 2001.

- 10- JOSEPH EDWARD SHIGLEY Y CHARLES R. MISCHKE; “Diseño en Ingeniería Mecánica”; Cuarta edición en español, McGraw Hill, Estado de México, México.
- 11- L. C. MORROW; “Manual de Mantenimiento Industrial”; Tomo II, Editorial Continental, 1973.
- 12- PEDRO CAMARENA; “Manual de Mantenimiento Eléctrico Industrial”; Editorial Continental, 1980.
- 13- ROBERT C. JUVINALL; “Fundamentos de Diseño en Ingeniería Mecánica”; Editorial LIMUSA, S.A., México 1991.
- 14- STEPHEN MICHAEL ELONKA; “Operación de Plantas Industriales”; Editorial McGraw Hill.
- 15- Visita técnica realizada con el ingeniero Carlos Guzmán, asesor independiente de obras civiles, a una cooperativa de artesanos en el municipio de Armenia, Sonsonate.

26- WARREN J. LUZADDER; “Fundamentos de Dibujo en Ingeniería”, Novena edición, Editorial PRENTICE HALL, México 1988.

1. KASANAS, H.C. Procesos Básicos de Manufactura. EPN.

2. DON BOSCO, (1999) Curso Básico de Matricería. ITS, Folleto.

3. AVNER SIDNEY, H. Introducción a la Metalurgia Física. EPN. 2 da Edición.

4. www.acesco.com/glosario

5. AYALA, Rodolfo, (1991) Diseño y Construcción de una Roladora con Motor.

6. www.ferremaq.com

7. www.imcar.series.com

8. MONAR, Willan, Apuntes Conformado Mecánico. EPN.

9. www.maquiventa.com

10. www.gauchito.net/catálogo.asp

11. www.dismamex.com.mx/imcar.html

12. Anexo III. Tabla Especificaciones Aceros

13. GANGOTENA, Rodrigo, (1986) Análisis de Doblado con Rodillo. EPN. Tesis.

14. URMAN, Lucio, Trabajo Mecánico de los Metales. ITS. Buenos Aires.

15. Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2006/© 1993-2005/Microsoft Corporation.

LARBURO, Nicolás, (1995) Máquinas Prontuario. Séptima Edición.

MONAR, William, Apuntes Conformado Mecánico. EPN.

SHILEY, Joseph Edward, Diseño en Ingeniería Mecánica. Segunda edición.

URMAN, Lucio, Trabajo Mecánico de los Metales. ITS. Buenos Aires.

www.acesco.com/glosario

www.dismamex.com.mx/imcar.html

www.ferremaq.com

www.gauchito.net/catálogo.asp

www.imcar.series.com

www.maquiventa.com

www.procesosdemanufactura.com/

XII. ANEXOS

ANEXO A: TABLAS

MATERIAL	MODULO DE ELASTICIDAD E		MODULO DE RIGIDEZ G		RELACIÓN DE POISSON ν	PESO UNITARIO w		
	Mpsi	Gpa	Mpsi	Gpa		lb/in ³	lb/ft ³ m ³	kN/
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.8	26.2	0,334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0,285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0,324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0,292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0,211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0,326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0,33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0,245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0,290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0,425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0,350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0,307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0,320	0.319	551	86.6
Niquel Plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0,322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0,291	0.280	484	76.0
Bronce Fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0,349	0.295	510	80.1
Acero Inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0,305	0.280	484	76.0

TABLA 1. Constantes elásticas y físicas de materiales.

1	2	3	4	5	6	7	8
SAE Y/O uns NÚM AISI	NO.	PROCESA- MIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA Mpa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA Mpa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

TABLA 2. Características y propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros rolados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

FUENTE DE POTENCIA MOTRIZ

CARACTERISTICA DEL IMPULSO	CARACTERISTICA DE MOMENTO TORSIONAL NORMAL	MOMENTO TORSIONAL ALTO Ó NO UNIFORME
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Choque ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Choque mediano	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Choque fuerte	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

TABLA 3. Factores de servicio Ks sugeridos para transmisiones de bandas en V

SECCION	ANCHOa. in	ESPESOR b. in	MINIMO DIAMETRO DE POLEA in	POTENCIAS PARA UNA Ó MAS BANDAS. Hp
A	1/2	1/3 1/2	3.0	¼ - 10
B	2/3	7/16	5.4	1-025
C	7/8	17/32	9.0	15-100
D	1 1/4	3/4	13.0	50-250
E	1 1/2	1	21.6	100 ó mayor

TABLA 4. Secciones de bandas trapeciales estándares.

SECCIÓN	CIRCUNFERENCIA, in																																									
A	26,	31,	33,	35,	38,	42,	46,	48,	51,	53,	55,	57,	60,	62,	64,	66,	68,	71,	75,	78,	80,	85,	90,	96,	105,	112,	120,	128														
B	35,	38,	42,	46,	48,	51,	53,	55,	57,	60,	62,	64,	65,	66,	68,	71,	75,	78,	79,	81,	83,	85,	90,	93,	97,	100,	103,	105,	112,	120,	128,	131,	136,	144,	158,	173,	180,	195,	210,	240,	270,	300
C	51,	60,	68,	75,	81,	85,	90,	96,	105,	112,	120,	128,	136,	144,	158,	162,	173,	180,	195,	210,	240,	270,	300,	330,	360,	390,	420															
D	120,	128,	144,	158,	162,	173,	180,	195,	210,	240,	270,	300,	330,	360,	390,	420,	480,	540,	600,	660																						
E	180,	195,	210,	240,	270,	300,	360,	390,	420,	480,	540,	600,	660																													

TABLA 5. Circunferencias internas de bandas en V estándares.

Sección de banda	A	B	C	D	E
Cantidad a sumar	1.3	1.8	2.9	3.3	4.5

TABLA 6. Conversiones de longitud de banda (súmese la cantidad enlistada a la circunferencia interior para obtener la longitud de paso en pulgadas).

SECCION DE BANDA	DIÁMETRO DE PASO DE POLEA, in	VELOCIDAD DE LA BANDA, ft/min				
		1000	2000	3000	4000	5000
A	2,6	0,47	0,62	0,53	0,15	
	3,0	0,66	1,01	1,12	0,93	0,38
	3,4	0,81	1,31	1,57	1,53	1,12
	3,8	0,93	1,55	1,92	2,00	1,71
	4,2	1,03	1,74	2,20	2,38	2,19
	4,6	1,11	1,89	2,44	2,69	2,58
	5.0 ó más	1,17	2,03	2,64	2,96	2,89
B	4,2	1,07	1,58	1,68	1,26	0,22
	4,6	1,27	1,99	2,29	2,08	1,24
	5,0	1,44	2,33	2,80	2,76	2,10
	5,4	1,59	2,62	3,24	3,34	2,82
	5,8	1,72	2,87	3,61	3,85	3,45
	6,2	1,82	3,09	3,94	4,28	4,00
	6,6	1,92	3,29	4,23	4,67	4,48
	7.0 ó más	2,01	3,46	4,49	5,01	4,90
C	6,0	1,84	2,66	2,72	1,87	
	7,0	2,48	3,94	4,64	4,44	3,12
	8,0	2,96	4,90	6,09	6,36	5,52
	9,0	3,34	5,65	7,21	7,86	7,39
	10,0	3,64	6,25	8,11	9,06	8,89
	11,0	3,88	6,74	8,84	10,0	10,1
	12.0 ó más	4,09	7,15	9,46	10,9	11,1
D	10,0	4,14	6,13	6,55	5,9	1,35
	11,0	5,00	7,83	9,11	8,5	5,62
	12,0	5,71	9,26	11,2	11,4	9,18
	13,0	6,31	10,5	13,0	13,8	12,2
	14,0	6,82	11,5	14,6	15,8	14,8
	15,0	7,27	12,4	15,9	17,6	17,0
	16,0	7,66	13,2	17,1	19,2	19,0
	17.0 ó más	8,01	13,9	18,1	20,6	20,7
E	16,0	8,68	14,0	17,5	18,1	15,3
	18,0	9,92	16,7	21,2	23	21,5
	20,0	10,9	18,7	24,2	26,9	26,4
	22,0	11,7	20,3	26,6	30,2	30,5
	24,0	12,4	21,6	28,6	32,9	33,8
	26,0	13,0	22,8	30,3	35,1	36,7
	28.0 ó más	13,4	23,7	31,8	37,1	39,1

TABLA 7. Potencias nominales en HP de bandas trapeciales.

FACTOR DE LONGITUD	LONGITUD DE BANDA NOMINAL, in				
	BANDAS A	BANDAS B	BANDAS C	BANDAS D	BANDAS E
0,85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	
0,90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 195
0,95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1,00	60,75	78-97	128-158	240	270-300
1,05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1,10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1,15	120 ó más	158-180	270-300	480	540-600
1,20		195 ó más	330 ó más	540 ó más	660

*Multiplique por este factor el valor de potencia nominal en hp por banda para obtener la potencia corregida

TABLA 8. Factores de corrección de longitud de banda K2.

Banda	Diámetro de paso, pulg		Ángulo de la ranura, grados	Dimensiones estándares de las ranuras, pulg				
	Mínimo recomendado	Intervalos		W	D	%	S	E
A	3.0	2.6 - 5.4	34	0.494				
		Más de 5.4	38	0.504	0.490	0.125	5/8	3/8
B	5.4	4.6 - 7.0	34	0.637				
		Más de 7.0	38	0.650	0.580	0.175	¾	½
C	9.0	7.0 - 7.99	34	0.879				
		8.0 - 12.0	36	0.887	0.780	0.200	1	11/16
		Más de 12.0	38	0.895				
D	13.0	12.0 - 12.99	34	1.259				
		13.0 - 17.0	36	1.271	1.050	0.300	1 7/16	7/8
		Más de 17.0	38	1.283				
E	21,0	18.0 - 24.0	36	1,527				
		Más de 24.0	38	1,542	1.300	0.400	1 1/2	1 1/8

TABLA 9. Dimensiones estándares de las ranuras o canales de las carruchas para múltiples bandas en V

Clase de máquina	horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos aparatos técnicos para uso médico	300 a 3 000
Máquinas de uso isintermitente ó por cortos períodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores en talleres, máquinas para la construcción	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento durante cortos períodos ó intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas ó cabestrillos de tambores, embaladoras, etc.	8 000 a 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo, no totalmente utilizadas : Transmisiones por engranaje para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas : Máquinas-herramienta, máquinas para trabaja la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprimir y centrifugas	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día : Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria propulsora para transatlánticos	60 000 a 100 000
Maquinaria para la fabricación de papel y pasta de papel maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlántico	100 000

TABLA 10. Guía para los valores de la duración L10h para diferentes clases de máquinas

Dimensiones principales		Capacidad de carga dinam			estát	Límite de velocidad		Masas		Designaciones	
dt	D	B	C	Co	Lubricación con		Roda - miento	Manguito de fijacion	Roda- miento	Manguito de fijacion	
mm			N		grasa	aceite					
					r/min		kg				
20	52	15	12 100	4 050	13 000	16 000	0,14	0,070	1205 K	H 205	
	52	18	12 400	4 250	11 000	14 000	0,16	0,075	2205 K	H 305	
	62	17	17 800	6 000	9 500	12 000	0,25	0,075	1305 K	H 305	
25	62	16	15 600	5 850	10 000	13 000	0,22	0,10	1206 K	H 206	
	62	20	15 300	5 700	9 500	12 000	0,24	0,11	2206 K	H 306	
	72	19	21 200	7 800	9 000	11 000	0,38	0,11	1306 K	H 306	
	72	27	31 200	10 000	8 000	10 000	0,49	0,13	2306 K	H2306	
30	72	17	15 900	6 700	9 000	11 000	0,32	0,13	1207 K	H 207	
	72	23	21 600	8 300	8 500	10 000	0,40	0,14	2207 K	H 307	
	80	21	25 100	9 800	7 500	9 000	0,50	0,14	1307 K	H 307	
	80	31	39 700	12 900	7 000	8 500	0,66	0,17	2307 K	H 2307	
35	80	18	19 000	8 650	8 500	10 000	0,41	0,17	1208 K	H 208	
	80	23	22 500	9 500	7 500	9 000	0,49	0,19	2208 K	H 308	
	90	23	29 600	12 200	6 700	8 000	0,70	0,19	1308 K	H 308	
	90	33	44 900	15 600	6 300	7 500	0,90	0,22	2308 K	H 2308	
40	85	19	21 600	9 650	7 500	9 000	0,46	0,23	1209 K	H 209	
	85	23	23 400	10 800	7 000	8 500	0,53	0,25	2209 K	H 309	
	100	25	37 700	16 000	6 300	7 500	0,94	0,25	1309 K	H 309	
	100	36	54 000	19 600	5 600	6 700	1,20	0,28	2309 K	H 2309	
45	90	20	22 900	10 800	7 000	8 500	0,52	0,27	1210 K	H 320	
	90	23	23 400	11 400	6 300	7 500	0,58	0,30	2210 K	H 310	
	110	27	43 600	17 600	5 600	6 700	1,20	0,30	1310 K	H 310	
	110	40	63 700	23 600	5 300	6 300	1,60	0,36	2310 K	H 2310	
50	100	21	26 500	13 400	6 300	7 500	0,69	0,31	1211 K	H 211	
	100	25	26 500	13 400	6 000	7 000	0,79	0,39	2211 K	H 311	
	120	29	50 700	22 400	5 000	6 000	1,55	0,39	1311 K	H 311	
	120	43	76 000	28 000	4 800	5 600	2,05	0,42	2311 K	H 2311	
55	110	22	30 200	15 600	5 600	6 700	0,89	0,35	1212 K	H 212	
	110	28	33 800	16 600	5 300	6 300	1,05	0,39	2212 K	H 312	
	130	31	57 200	26 500	4 500	5 300	1,95	0,39	1312 K	H 312	
	130	46	87 200	33 500	4 500	5 300	2,55	0,49	2312 K	H 2312	

TABLA 11. Rodamientos de bola a rótula con manguito de fijación. /10/

Eje diám	Componentes adecuados				Grasa cantidad inicial	Designaciones			
	Rodamiento	Manguito de Fijación	Anillo guía No.	Designación		Soporte con obturaciones	2 anillos en V arandelas de chapas	2 obturaciones de fieltro	2 obturaciones de doble labio
mm					kg				
20	1205 K	H 205	2	FRB 5/52 P	0,025	SNA 505	TSNA 505 A	TSNA 505 C	TSNA 500 G
	2205 K	H 305	1	FRB 7/52 P					
	1305 K	H 305	2	FRB 7.5/62 P	0,040	SNA 506-605	TSNA 605 A	TSNA 605 C	TSNA 605 G
25	1206 K	H 206	2	FRB 8.62 P	0,040	SNA 506-605	TSNA 506 A	TSNA 506 C	TSNA 506 G
	2206 K	H 306	2	FRB 6.62 P					
	1306 K	H 306	2	FRB 7 5.72 P	0,050	SNA 507-606	TSNA 606 A	TSNA 606 C	TSNA 606 G
	2306 K	H 2306	1	FRB 7 72 P					
30	1207 K	H 207	2	FRB 8.5 72 P	0,050	SNA 507-606	TSNA 507 A	TSNA 507 C	TSNA 507 G
	2207 K	H 307	2	FRB 5.5 72 P					
	22207 CCK	H 307	2	FRB 5.5 72 P					
	1307 K	H 307	2	FRB 9 80 P	0,065	SNA 508-607	TSNA 607 A	TSNA 607 C	TSNA 607 G
	2307 K	H 2307	1	FRB 8 80 P					
35	1208 K	H 208	2	FRB 10.5 80 P	0,065	SNA 508-607	TSNA 508 A	TSNA 508 C	TSNA 508 G
	2208 K	H 308	2	FRB 8 80 P					
	22208 CCK	H 308	2	FRB 8 80 P					
	1308 K	H 308	2	FRB 9 90 P	0,10	SNA 510-608	TSNA 608 A	TSNA 608 C	TSNA 608 G
	2308 K	H 2308	1	FRB 8 90 P					
	21308 CCK	H 308	2	FRB 9 90 P					
	22308 CCK	H 2308	1	FRB 8 90 P					
40	1209 K	H 209	2	FRB 5 5.85 P	0,080	SNA 509	TSNA 509 A	TSNA 509 C	TSNA 509 G
	2209 K	H 309	1	FRB 7 85 P					
	22209 CCK	H 309	1	FRB 7 85 P					
	1309 K	H 309	2	FRB 9.5 100 P	0,13	SNA 511-609	TSNA 609 A	TSNA 609 C	TSNA 609 G
	2309 K	H 2309	1	FRB 8 100 P					
	21309 CCK	H 309	2	FRB 9.5 100 P					
	22309 CCK	H 2309	1	FRB 8 100 P					

TABLA 12. Soportes de pie SNA para rodamientos con manguitos de fijación. /10/

Máquina impulsada	Motriz					
<p>Los tipos listados abajo son solo muestras representativas. Del grupo listado seleccione el que más se aproxima a las características de carga de la máquina que está siendo considerada</p> <p>Si se usan poleas locas agregar lo siguiente al factor de servicio</p> <p>Polea en el lado flojo (entre las bandas). Nada</p> <p>Polea en el lado flojo (fuera de las bandas) 0.1</p> <p>Polea en el lado tirante (entre las bandas) 0.1</p> <p>Polea en el lado tirante (fuera de las bandas) 0.2</p>	<p>Motores de ca: De par normal, jaula de ardilla, sincrónicos, de fase partida</p> <p>Motores de cd: Devanado en derivación</p> <p>Motores : De combustión interna de cilindros múltiples</p>		<p>Motores de ca: De alto par, alto deslizamiento, repulsión-inducción, monofásico derivación en serie, anillo colector</p> <p>Motores de cd: Derivación en serie, devanado compuesto</p> <p>Motores: De combustión interna de un cilindro</p> <p>Flechas de transmisión Embragues</p>			
	Servicio intermitente 3-5 h diarias ó de temporada	Servicio normal, 8-10 h diarias	Servicio continuo 16-24 h diarias	Servicio intermitente 3-5 h diarias ó de temporada	Servicio normal, 8-10 h diarias	Servicio continuo 16-24 h diarias
<p>Agitadores de líquidos</p> <p>Sopladores y extractores</p> <p>Bombas centrífugas y compresores</p> <p>Ventiladores hasta 10 hp</p> <p>Transportadores de servicio ligero</p>	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<p>Transportadores de banda para arena, granos etc</p> <p>Mezcladores de pastas</p> <p>Ventiladores de más de 10 hp</p> <p>Generadores</p> <p>Flechas de transmisión</p> <p>Maquinaria de lavandería</p> <p>Máquinas herramientas</p> <p>Punzonadoras-prensas-cortadoras</p> <p>Maquinaria de impresión</p> <p>Bombas rotatorias de desplazamiento positivo</p> <p>Revolvedoras y cribadoras vibratorias</p>	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<p>Maquinarias para hacer ladrillos</p> <p>Elevadores de cargadores. Excitadores</p> <p>Compresores de pistón</p> <p>Transportadores(de cadenas sinfín, artesas, tornillos sinfín)</p> <p>Molino a martillos</p> <p>Máquina batidora de papel</p> <p>Bombas de pistón</p> <p>Sopladores de desplazamiento positivo</p> <p>Pulverizadores. Máquina de aserradero y carpintería. Maquinaria textil</p>	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
<p>Quebradoras (giratorias de quijadas, de rodillos)</p> <p>Molinos (de bolas, de rodillos, de tubos)</p> <p>Montacargas</p> <p>Calandrias</p>	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
<p>Equipo para bloqueo</p> <p>Condiciones de fuego peligrosas</p>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

TABLA 13. Factores de servicio para transmisión con bandas en V.

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Límite de Velocidad		Masa	Designación
d	D	B	C	C _D	Lubricación con			
mm			N		grasa	aceite	kg	
					r/min			
3	10	4	488	170	40 000	48 000	0,0015	623
4	9	2,5	540	183	45 000	53 000	0,00070	618/4
	13	5	884	315	38 000	45 000	0,0031	624
	16	5	1 110	440	34 000	40 000	0,0054	634
5	11	3	637	232	40 000	48 000	0,0012	618/5
	15	5	1 110	440	34 000	40 000	0,0050	625
	19	6	1 720	720	32 000	38 000	0,0090	635
6	13	3,5	884	325	38 000	45 000	0,0020	618/6
	19	6	1 720	720	32 000	38 000	0,0084	626
7	14	3,5	956	360	38 000	45 000	0,0022	618/7
	19	5	1 720	720	34 000	40 000	0,0075	607
	22	7	3 250	1 340	30 000	36 000	0,013	627
8	16	4	1 330	530	36 000	43 000	0,0030	618/8
	22	7	3 250	1 340	32 000	38 000	0,012	608
9	17	4	1 430	585	34 000	40 000	0,0034	618/9
	24	7	3 710	1 530	30 000	36 000	0,014	609
	26	8	4 620	1 960	26 000	32 000	0,020	629
10	19	5	1 480	630	32 000	38 000	0,0055	61800
	26	5	4 620	1 960	28 000	34 000	0,019	6000
	28	3	4 620	1 960	28 000	34 000	0,022	16100
	30	9	5 070	2 240	24 000	30 000	0,032	6200
	35	1	8 060	3 750	20 000	26 000	0,053	6300
12	21	5	1 430	695	30 000	36 000	0,0063	61801
	28	8	5 070	2 240	26 000	32 000	0,022	6001
	30	8	5 070	2 240	24 000	30 000	0,023	16101
	32	10	6 890	3 100	22 000	28 000	0,037	6201
	37	12	9 750	4 650	19 000	24 000	0,060	6301
15	24	5	1 580	815	26 000	32 000	0,0074	61802
	32	8	5 590	2 500	22 000	28 000	0,025	16002
	32	9	5 590	2 500	22 000	28 000	0,030	6002
	45	11	7 800	3 550	19 000	24 000	0,045	6202
	45	13	11 400	5 400	17 000	20 000	0,082	6302

TABLA 14. Rodamientos rígidos de bola.

ANEXO B: ESQUEMAS Y TABLAS

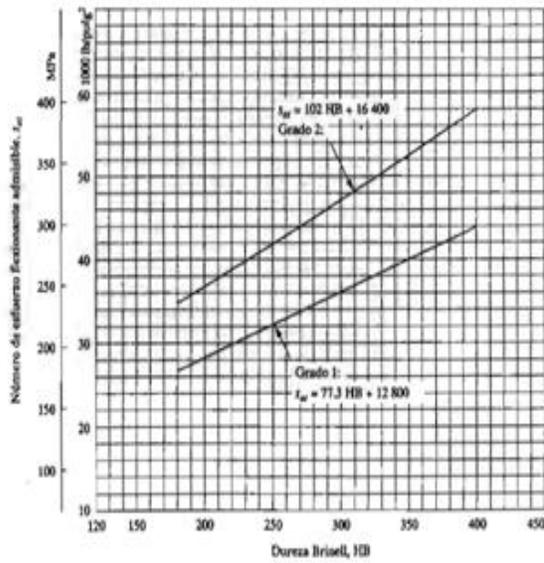


Figura 1 : Numero de Esfuerzo Flexionantes Admisible S_{at}

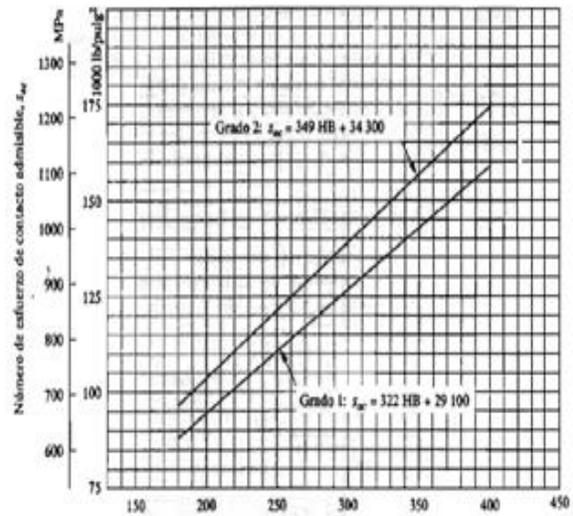


Figura 2 :Numero de esfuerzo de contacto admisible para aceros templados total

TABLA 1 MODULOS NORMALIZADOS.

Módulo (mm)	P_d equivalente	P_d normalizado más cercano (dientes/pulg)
0.3	84.667	80
0.4	63.500	64
0.5	50.800	48
0.8	31.750	32
1	25.400	24
1.25	20.320	20
1.5	16.933	16
2	12.700	12
2.5	10.160	10
3	8.466	8
4	6.350	6
5	5.080	5
6	4.233	4
8	3.175	3
10	2.540	2.5
12	2.117	2
16	1.587	1.5
20	1.270	1.25
25	1.016	1

FIGURA 3 PROFUNDIDAD EFECTIVA DE CAJA PARA ENGRANE CEMENTADOS.

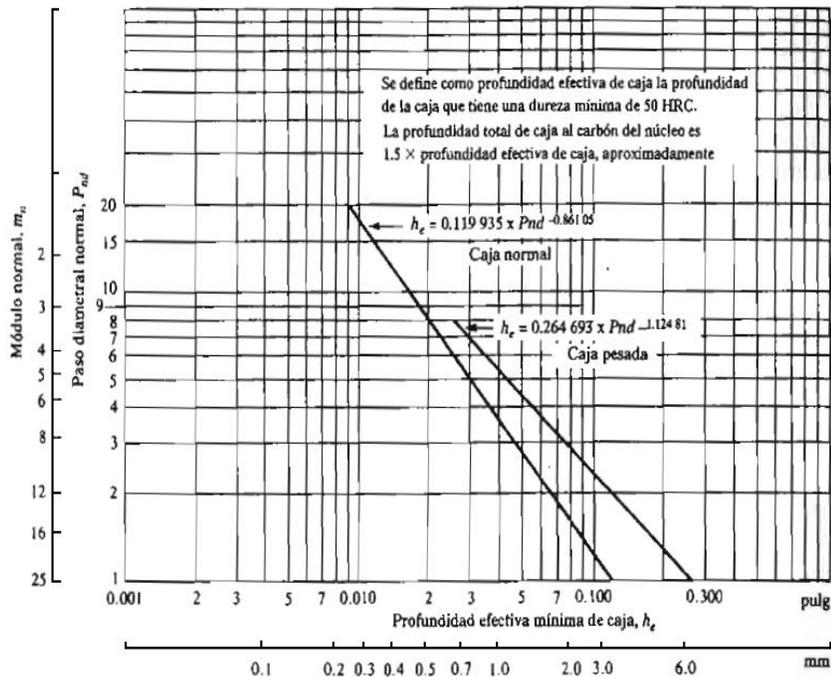


TABLA 2 NÚMEROS DE ESFUERZO PERMISIBLES PARA ENGRANE DE ACERO Y BRONCE.

Designación del material	Dureza mínima en la superficie (HB)	Número de esfuerzo flexionante admisible		Número de esfuerzo de contacto admisible	
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
Hierro colado gris, A48, tal como se coló					
Clase 20		5	35	50	345
Clase 30	174	8.5	59	65	448
Clase 40	201	13	90	75	517
Hierro dúctil (nodular) ASTM A536					
60-40-18 recocido	140	22	152	77	530
80-55-06 templado y revenido	179	22	152	77	530
100-70-03 templado y revenido	229	27	186	92	634
120-90-02 templado y revenido	269	31	214	103	710
Bronce, colado en arena					
$s_w \text{ mín} = 40 \text{ ksi (275 MPa)}$		5.7	39	30	207
Bronce con tratamiento térmico					
$s_w \text{ mín} = 90 \text{ ksi (620 MPa)}$		23.6	163	65	448

FIGURA 4 NUMERO DE ESFUERZO DE CONTACTO ADMISIBLE PARA ENGRANE DE ACEROS TEMPLADOS TOTAL Y NITRURADO (ESTO ES, AISI 4140 Y AISI 4340).

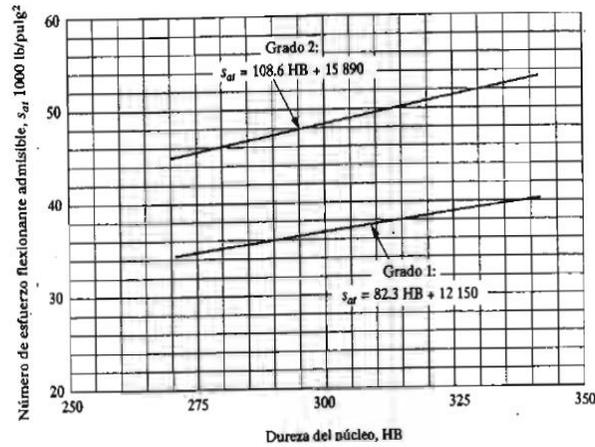


FIGURA 5 NUMERO DE ESFUERZO DE CONTACTO ADMISIBLE PARA ENGRANE DE ACEROS NITRURADO.

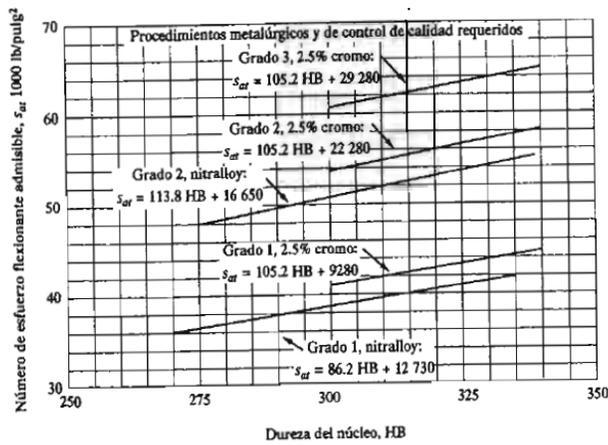


TABLA 3 FACTOR DE SOBRECARGA SUGERIDOS, K_o

Fuente de potencia	Máquina impulsada			
	Uniforme	Choque ligero	Choque moderado	Choque pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.50	1.75
Choque ligero	1.20	1.40	1.75	2.25
Choque moderado	1.30	1.70	2.00	2.75

TABLA 4 FACTOR DE TAMAÑO SUGERIDOS, K_f

Paso diametral, P_d	Módulo métrico, m	Factor de tamaño, K_f
≥ 5	≤ 5	1.00
4	6	1.05
	8	1.15
2	12	1.25
1.25	20	1.40

FIGURA 6 FACTOR DE GEOMETRÍA J PARA NUMERO DE DIENTES EL CUAL SE DESEE EL FACTOR DE GEOMETRÍA (ENGRANE RECTO 20°, ADDENDUM NORMAL).

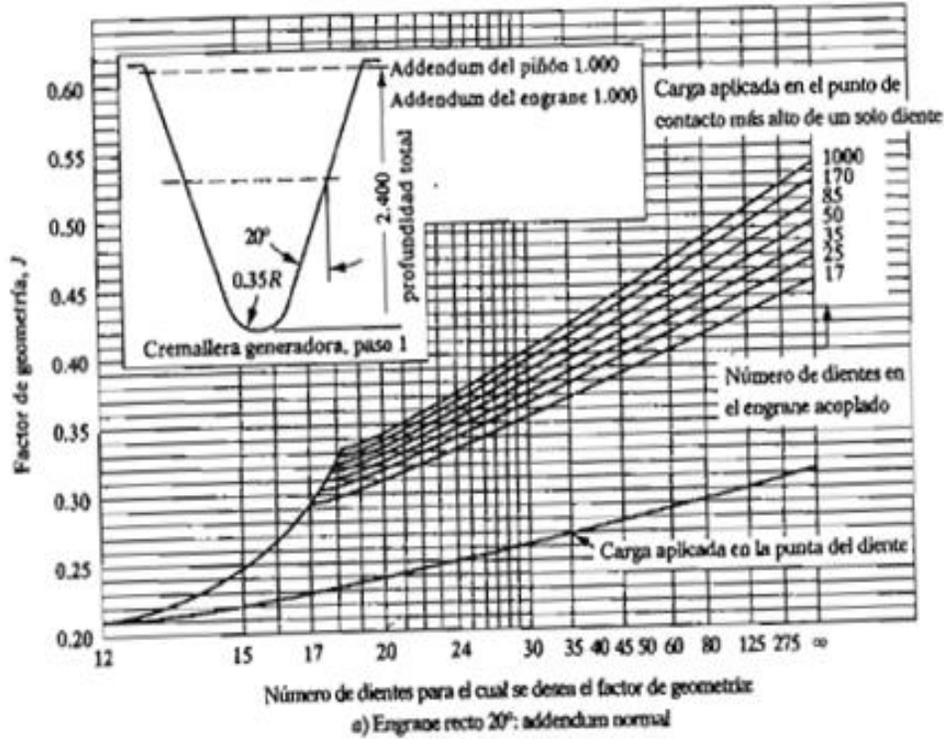


FIGURA 7 FACTOR DE PROPORCIÓN DEL PIÑÓN C_{pf}

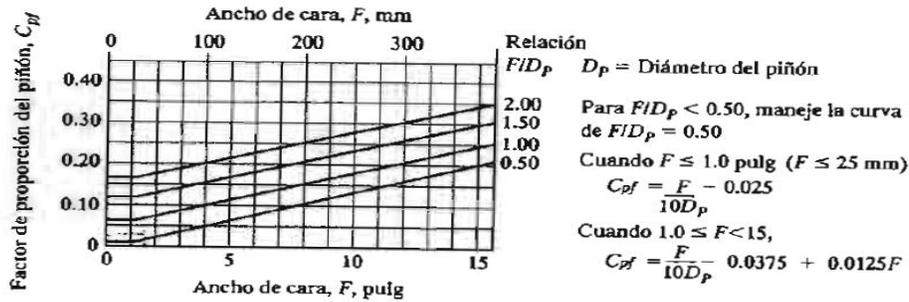


FIGURA 8 FACTOR DE CONCENTRACIÓN DEL ENGRANADO C_{ma}

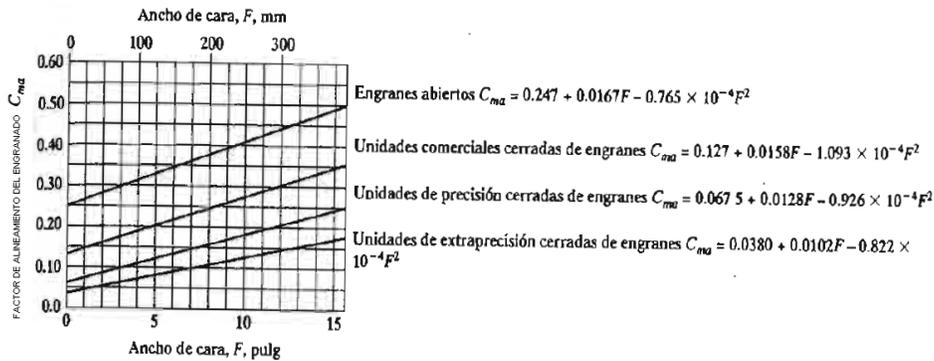


FIGURA 9 FACTOR DE ESPESOR DE BORDE K_B

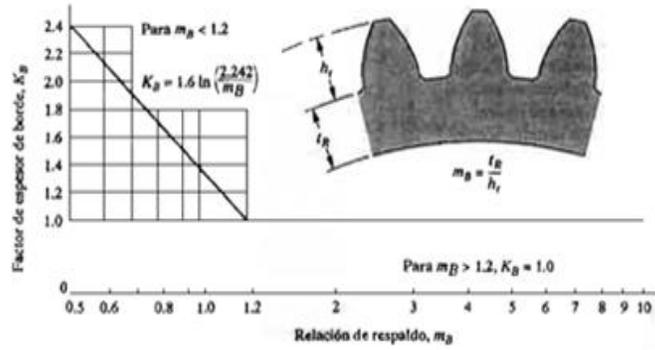


FIGURA 10 FACTOR DINÁMICO K_v

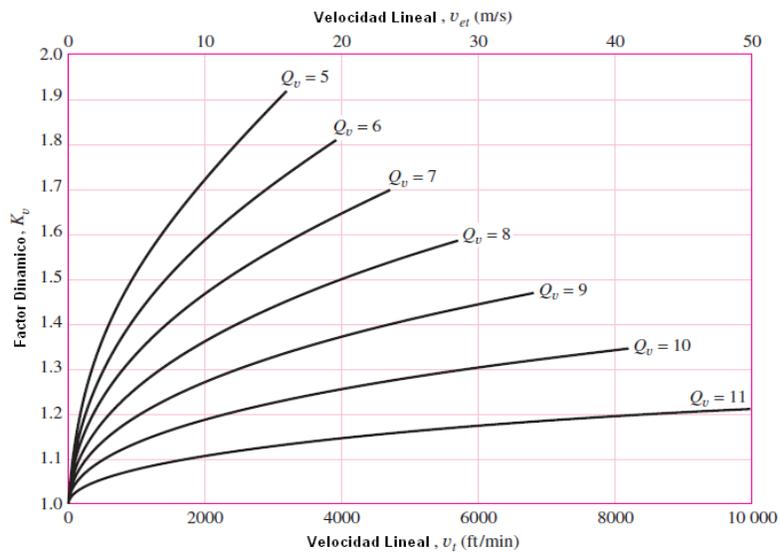


FIGURA 11 FACTOR DE RESISTENCIA POR CICLO POR ESFUERZOS, Y_N

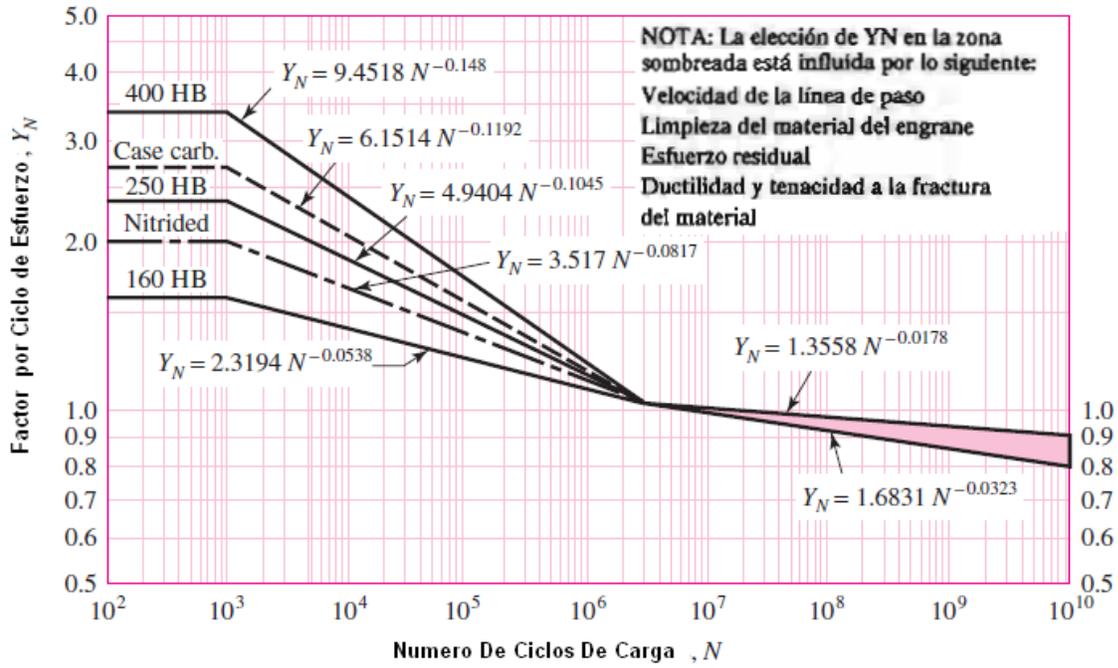


FIGURA 12 FACTOR DE GEOMETRÍA I PARA PIÑONES RECTOS Y DISTANCIAS ENTRE CENTROS ESTÁNDAR

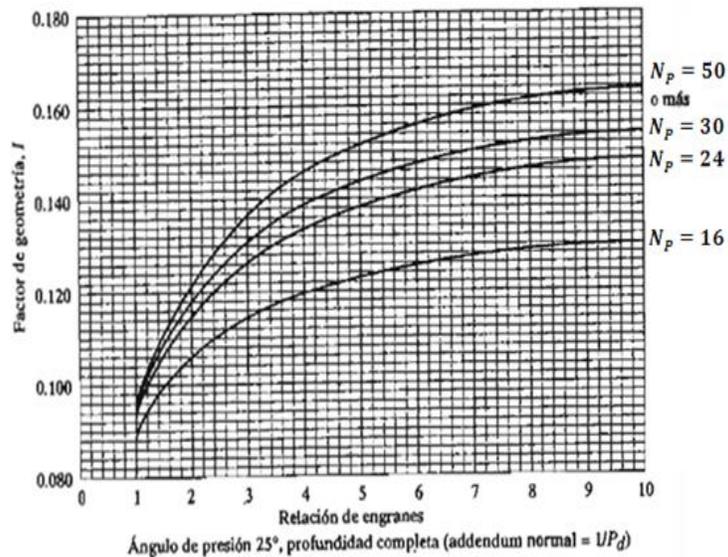


FIGURA 13 FACTOR A LA PICADURA POR CICLOS DE ESFUERZOS Z_N

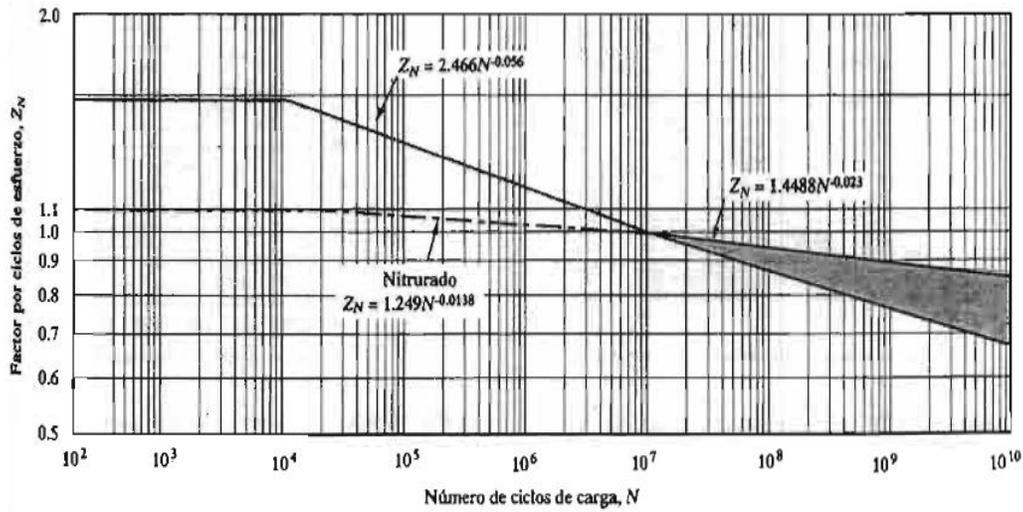


TABLA 5 VIDA DE DISEÑO RECOMENDADA.

Aplicación	Vida de diseño (h)
Electrodomésticos	1000-2000
Motores de avión	1000-4000
Automotriz	1500-5000
Equipo agrícola	3000-6000
Elevadores, ventiladores industriales, transmisiones de usos múltiples	8000-15 000
Motores eléctricos, sopladores industriales, maquinaria industrial en general	20 000-30 000
Bombas y compresores	40 000-60 000
Equipo crítico en funcionamiento continuo durante 24 h	100 000-200 000

FIGURA 14 FACTOR DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZO PARA LA TORSIÓN Y LA FLEXIÓN.

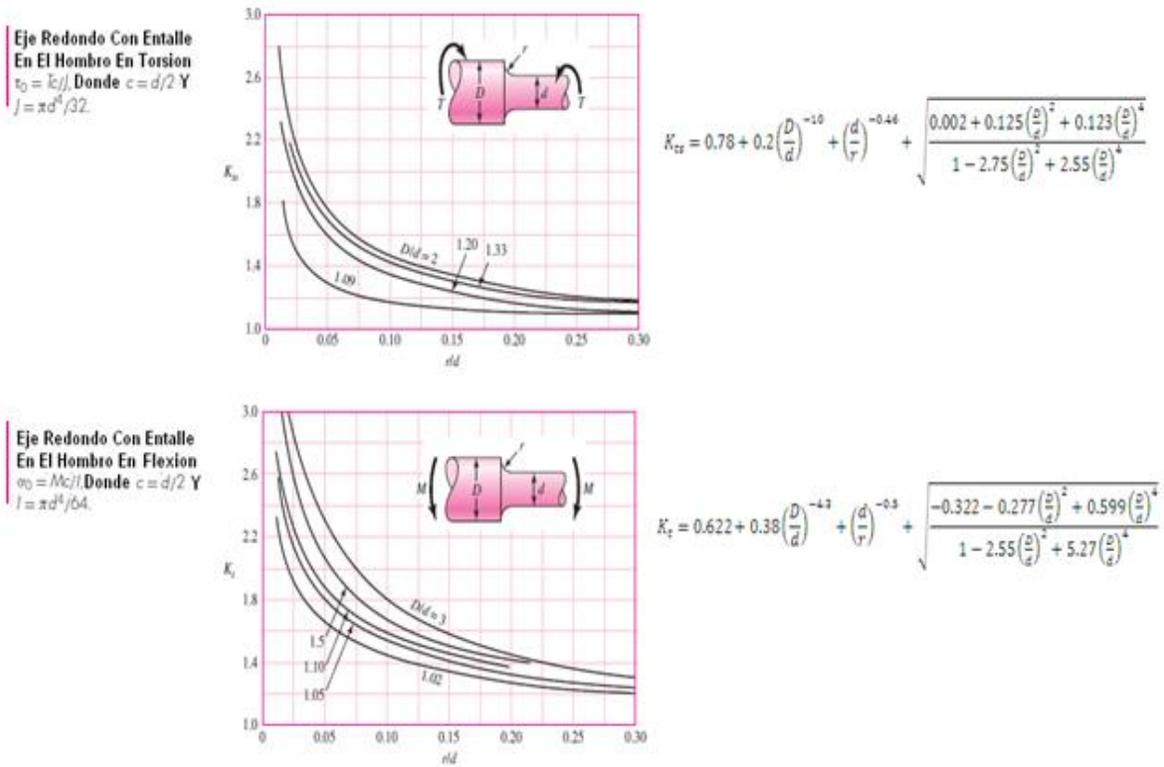


FIGURA 15 DEFLEXION DE VIGA.

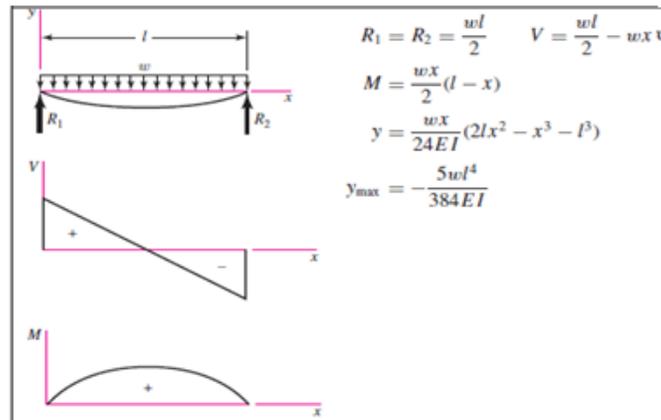


TABLA 6 RESISTENCIA MÍNIMAS DETERMINANTICAS A LA TENSIÓN Y A LA CADENCIA ASTM PARA ALGUNOS ACEROS LAMINADO EN CALIENTE (HR) Y ESTIRADO EN FRIO (CD) CON $E = 200\text{GPa}$, $\nu = 0.27$ y $\rho = 7870\text{ Kg/m}^3$

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS No.	SAE and/or AISI No.	Processing	Tensile Strength, MPa (kpsi)	Yield Strength, MPa (kpsi)	Elongadon en %	Reducion de Area, %	Brinell Hardness
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

TABLA 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS CEMENTADOS.

Designación del material (Número AISI)	Condición	Propiedades del interior						
		Resistencia de tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)	Dureza superficial (HRC)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)			
1015	SWQT 350	106	731	60	414	15	217	62
1020	SWQT 350	129	889	72	496	11	255	62
1022	SWQT 350	135	931	75	517	14	262	62
1117	SWQT 350	125	862	66	455	10	235	65
1118	SWQT 350	144	993	90	621	13	285	61
4118	SOQT 300	143	986	93	641	17	293	62
4118	DOQT 300	126	869	63	434	21	241	62
4118	SOQT 450	138	952	89	614	17	277	56
4118	DOQT 450	120	827	63	434	22	229	56
4320	SOQT 300	218	1500	178	1230	13	429	62
4320	DOQT 300	151	1040	97	669	19	302	62
4320	SOQT 450	211	1450	173	1190	12	415	59
4320	DOQT 450	145	1000	94	648	21	293	59
4620	SOQT 300	119	820	83	572	19	277	62
4620	DOQT 300	122	841	77	531	22	248	62
4620	SOQT 450	115	793	80	552	20	248	59
4620	DOQT 450	115	793	77	531	22	235	59
4820	SOQT 300	207	1430	167	1150	13	415	61
4820	DOQT 300	204	1405	165	1140	13	415	60
4820	SOQT 450	205	1410	184	1270	13	415	57
4820	DOQT 450	196	1350	171	1180	13	401	56
8620	SOQT 300	188	1300	149	1030	11	388	64
8620	DOQT 300	133	917	83	572	20	269	64
8620	SOQT 450	167	1150	120	827	14	341	61
8620	DOQT 450	130	896	77	531	22	262	61
E9310	SOQT 300	173	1190	135	931	15	363	62
E9310	DOQT 300	174	1200	139	958	15	363	60
E9310	SOQT 450	168	1160	137	945	15	341	59
E9310	DOQT 450	169	1170	138	952	15	352	58

Notas: Se muestran las propiedades para un solo conjunto de pruebas a barras redondas de 1/2 pulgada
 SWQT: Templado una vez en agua y revenido
 SOQT: Templado una vez en aceite y revenido

TABLA 8 NUMERO DE ESFUERZOS PERMISIBLE PARA ENGRANE CON ACERO TEMPLADO.

Dureza en la superficie	Número de esfuerzo flexionante admisible, s_{af} (ksi)			Número de esfuerzo de contacto admisible, s_{ac} (ksi)		
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Templado por llama o por inducción:						
50 HRC	45	55		170	190	
54 HRC	45	55		175	195	
Cementado y templado						
55-64 HRC	55			180		
58-64 HRC	55	65	75	180	225	275
Aceros templados totales y nitrurados:						
83.5 HR15N				150	163	175
84.5 HR15N				155	168	180
Nitrurados, nitr alloy 135M:						
87.5 HR15N						
90.0 HR15N				170	183	195

TABLA 9 TAMAÑO DE LA CUÑA EN FUNCION DEL DIAMETRO DEL EJE

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	
9/16	7/8	3/16	3/16	3/32
7/8	1 1/8	1/4	1/4	1/8
1 1/8	1 1/4	5/16	5/16	3/16
1 1/4	1 1/2	3/8	3/8	1/4
1 1/2	2 1/4	1/2	1/2	5/16
2 1/4	2 1/2	5/8	5/8	3/8
2 1/2	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 1/2	7/8	7/8	5/8
3 1/2	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/4
7 1/2	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: Reimpreso de la norma ANSI B17.1-1967 (R98) con autorización de la American Society of Mechanical Engineers. Todos los derechos reservados.

TABLA 10 ESPECIFICACIONES DE ACEROS

ANÁLISIS QUÍMICO PROMEDIO AISI/SAE (%PESO)										
Dureza de entrega máxima; Brinell (Bn) / Rockwell C (Rc)										
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	W	V	OTROS	BN/RC
ESTOS ANÁLISIS PODRAN TENER PEQUEÑAS VARIACIONES CON RESPECTO AL ANÁLISIS DE LAS OTRAS NOMENCLATURAS										
1018	0.18	0.20	0.75							200 / 14
1045	0.45	0.25	0.75							206 / 15
1060	0.60	0.25	0.75							220 / 18
12L14	0.14		1.00						0.3 S / 0.25 Pb	200 / 14
1213	0.13 max.		0.85						0.1 P / 0.28 S	200 / 14

TRATAMIENTOS TÉRMICOS (°C)			
	TEMPLADO	ENFRIAMIENTO	REVENIDO
1018	845	cementar 925	500-600
1045	820-860	aceite/agua	300-650
1060	815-850	aceite/agua	450-660

Características y Aplicaciones	
1018	Acero no aleado de cementación para uso en partes de maquinaria. acero generalmente estirado en frío, pifones, rodillos, tornillos sin fin, ejes de transmisión, pernos de dirección, pernos de cadena, catalinas, etc.
1045	Acero no aleado empleado en flechas y partes de maquinaria. adecuado para temple superficial, flechas, pifones, engranes, pernos, tornillos, semi-ejes, ejes, cigüeñales, etc.
1060	Acero para uso construcción de maquinaria. con adecuada respuesta al temple, resistencia al desgaste, discos de embrague, ejes de transmisión, portaherramientas, implementos agrícolas, etc.
12114	Acero con adiciones de plomo con excelente maquinabilidad, empleado en tomos automáticos para alta producción (estirado en frío). bujes, acoples, conexiones de mangueras hidráulicas, tortillería, etc.
1213	Acero con adiciones de fósforo y azufre, de libre maquinado para alta producción con acabado, estirado en frío, tortillería sin requerimientos mecánicos, etc.

TABLA 11 PROCESOS NORMALES DE FABRICACION.

PROCESOS NORMALES DE FABRICACIÓN													
Clase de trabajo	Poco esmerado			Esmerado			Fino			Refinado			
Clase de rugosidad	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5
Símbolo													
Rugosidad en micrones	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	0,025	0,012
Rugosidad en micropulgadas	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	0,5
Oxicorte	█												
Aserrado	█												
Cepillado, limado		█											
Taladrado			█										
Fresado		█											
Brochado			█										
Escariado			█										
Mandrinado, torneado		█											
Rectificado cilíndrico			█										
Pulido cilíndrico				█									
Rectificado			█										
Alisado				█									
Bruñido				█									
Lapeado				█									
Supercabado				█									
Fundición en arena	█												
Fundición en coquilla			█										
Fundición a presión			█										
Forjado		█											
Extruido		█											
Treflado en frío		█											

Las rugosidades superficiales expuestas, son obtenidas por procesos normales de fabricación.

TABLA 12 ESPECIFICACION ACERO ASTM A-36.

ASTM: American Society for Testing Materials (Sociedad Estadounidense Para Prueba de Materiales)

ASTM A-36	El numero 36 que es la resistencia mínima, significa 36 kilo libras por pulgadas cuadradas (36,000 libras por pulgada cuadradas)
------------------	--

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO ASTM A-36

COMPONENTE	C	Cu	Fe	Mn	P	S
%	0.26	0.2	99	0.75	Máx. 0.04	Máx. 0.05

PROPIEDADES FÍSICAS	Métrico	Ingles	Comentario
Densidad	7.85 kg/dm ³	0.284 lb/in ³	
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Fuerza tensión, última	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Fuerza tensión, rendimiento	<u>250 MPa</u>	36300 psi	
Alargamiento	20 %	20 %	en 200 mm
Módulo de Elasticidad	<u>200 GPa</u>	29000 ksi	
Fuerza compresión,	<u>152 MPa</u>	22000 psi	Fuerza de compresión aceptable

Calidad	Norma	Límite de Fluencia (N/mm ²)	Resistencia a la Tracción (Kg/cm ²)	Alargamiento (%)	Doblado a 180°
Estructural	ASTM-A36	<u>250</u>	4080-5610	20	Sin fisura (**)

TABLA 13 PROCESOS NORMALES DE FABRICACION.

ELECTRODOS RECUBIERTOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBON	CLASIFICACION (AWS)	USOS Y CARACTERISTICAS	RESISTENCIA TENSION LIMITE ELASTICO ELONGACION	CORRIENTES OPTIMAS APLICACION (AMPERES) 3/32 1/8 5/32 3/16 7/32 1/4
	6010 (E 6010) A 5.1	ELECTRODO CELULOSICO DE PENETRACION PROFUNDA EN TODAS POSICIONES. SE USAN EN TRABAJOS ESTRUCTURALES, REPARACIONES, Y UNIONES DE TUBERIAS	RT = 71,000 <i>lb/pu lg</i> ² LE = 62,000 <i>lb/pu lg</i> ² E = 24%	60 105 155 190 CD (+)
	6011 (E 6011) A 5.1	ELECTRODO CELULOSICO DE ARCO FUERTE Y PENETRACION PROFUNDA SE USA EN TODAS LAS POSICIONES SE USA EN TRABAJOS ESTRUCTURALES, TUBERIAS, BARCOS Y REPARACIONES.	RT = 73,500 <i>lb/pu lg</i> ² LE = 60,000 <i>lb/pu lg</i> ² E = 24%	75 105 145 175 200 245 CA Y CD
	6013 (E 6013) A 5.1	ELECTRODO DE ALTO RENDIMIENTO DE FACIL APLICACION Y REMOSION DE ESCORIA. SUELDA MAQUINARIA AGRICOLA, MUEBLES METALICOS, CARROCERIA Y REPARACIONES EN GENERAL.	RT = 74,000 <i>lb/pu lg</i> ² LE = 63,500 <i>lb/pu lg</i> ² E = 22%	75 130 170 210 320 CD (-), CA

TABLA 14 APLICACIÓN DE ESTADOS SUPERFICIALES Y VALORES DE RUGOSIDAD MEDIA.

Estados superficiales	APLICACIÓN DE ESTADOS SUPERFICIALES			
	Clase de superficie	Símbolo	Rugosidad μ	Calidad de superficie
Superrefinado		0,04 0,06	Especial	Superficies de medición, de los calibres de deslizamiento altamente fatigados, ajustes de precisión no desmontables.
		0,1 0,16	Máxima	
Refinado. — Las estrías no son visibles a simple vista		0,25 0,4	Muy buena	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de precisión desmontables
		0,6 1 1,6	Buena	Piezas fatigadas por flexión y torsión; ajustes de deslizamiento y presión
Afinado. — Las estrías son visibles pero no perceptibles al tacto		2,5 4	Media	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerzas, ajustes ligeros de presión de acero; superficies de deslizamiento poco fatigadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
		6 10		
Desbastado. Estrías visibles y perceptibles al tacto		25	Regular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y forja de precisión, fundición a presión
Limpio. También preparado para desbastado		63	Baja	Cáscara de fundición colada en arena; piezas estampadas y de forja libre
Sin rebabas			Muy baja	Piezas fundidas o forjadas

VALORES DE LA RUGOSIDAD MEDIA				
Valor de la rugosidad media R_a		Clase de rugosidad	Valores complementarios de R_a	
μ en micrones	μ en pulgadas		μ en micrones	μ en pulgadas
50	2000	12	20	800
25	1000	11	15	600
12,5	500	10	10	400
6,3	250	9	8	320
3,2	125	8	4	160
1,6	63	7	2	80
0,8	32	6	1	40
0,4	16	5	0,63	25
0,2	8	4	0,50	20
0,1	4	3	0,32	13
0,05	2	2	0,25	10
0,025	1	1	0,15	6

TABLA 15 VALORES DE LAS DESVIACIONES DE LOS AJUSTES RECOMENDADOS.

VALORES DE LAS DESVIACIONES DE LOS AJUSTES RECOMENDADOS											
Tolerancia		Valores nominales, en mm: más de...									
Grado de ajuste	Ajuste	1,5 a 3	3 a 6	6 a 10	10 a 18	18 a 30	30 a 50	50 a 80	80 a 120	120 a 180	180 a 250
PRECISION	H6-p5	-14 -2	-17 -4	-21 -6	-26 -7	-31 -9	-37 -10	-45 -13	-52 -15	-61 -18	-70 -21
	H6-n5	-11 +1	-13 0	-16 -1	-20 -1	-24 -1	-28 -1	-33 -1	-38 -1	-45 -2	-51 -2
	H6-k5	-	-	-7 +8	-9 +10	-11 +11	-13 +14	-15 +17	-18 +19	-21 +22	-24 +25
	H6-j5	-4 +8	-4 +9	-4 +10	-5 +14	-5 +19	-5 +21	-6 +26	-6 +31	-7 +36	-7 +42
	H6-h5	+12 0	+13 0	+15 0	+19 0	+22 0	+27 0	+32 0	+37 0	+43 0	+49 0
	H6-g5	+15 +3	+17 +4	+20 +5	+25 +6	+29 +7	+36 +9	+42 +10	+49 +12	+57 +14	+64 +15
FINO	H7-s6	-6 -22	-7 -27	-8 -32	-10 -39	-14 -48	-18 -59	-23 -78	-36 -101	-52 -133	-76 -169
	H7-r6	-3 -19	-3 -23	-4 -28	-5 -34	-7 -41	-9 -50	-11 -62	-16 -76	-23 -93	-31 -113
	H7-n6	+3 -13	+4 -16	+5 -19	+6 -23	+6 -28	+8 -33	+10 -39	+12 -46	+13 -52	+15 -60
	H7-k6	-	-	+14 -10	+17 -12	+19 -15	+23 -18	+28 -21	+32 -25	+37 -28	+42 -33
	H7-j6	+10 -6	+13 -7	+17 -7	+21 -8	+25 -9	+30 -11	+37 -12	+44 -13	+51 -14	+59 -16
	H7-h6	+16 0	+20 0	+24 0	+29 0	+34 0	+41 0	+49 0	+57 0	+65 0	+75 0
	H7-g6	+19 +3	+24 +4	+29 +5	+35 +6	+41 +7	+50 +9	+59 +10	+69 +12	+79 +14	+90 +15
	H7-f7	+25 +7	+34 +10	+43 +13	+52 +16	+62 +20	+75 +25	+90 +30	+106 +36	+123 +43	+142 +50
	F8-h6	+21 +14	+36 +18	+44 +22	+54 +27	+66 +33	+80 +41	+95 +49	+112 +58	+131 +68	+151 +79
	H7-e8	+37 +14	+50 +20	+62 +25	+77 +32	+94 +40	+114 +50	+136 +60	+161 +72	+188 +85	+218 +100
E8-h6	+35 +21	+46 +28	+56 +34	+70 +43	+84 +53	+105 +66	+125 +79	+148 +94	+173 +110	+201 +129	
ESMERADO	H8-j9	+26 -13	+33 -15	+40 -18	+48 -22	+59 -26	+70 -31	+83 -37	+97 -44	+113 -50	+129 -58
	H8-h9	+30 0	+48 0	+58 0	+70 0	+85 0	+101 0	+120 0	+141 0	+163 0	+187 0
	H8-e9	+53 +14	+68 +20	+83 +25	+102 +32	+125 +40	+151 +50	+180 +60	+213 +72	+248 +85	+287 +100
	H8-d9	+59 +20	+78 +30	+98 +40	+120 +50	+150 +65	+181 +80	+220 +100	+261 +120	+308 +145	+357 +170
POCO ESMERADO	H11-h11	+120 0	+150 0	+180 0	+220 0	+260 0	+320 0	+380 0	+440 0	+500 0	+580 0
	H11-d11	+140 +20	+190 +30	+220 +40	+270 +50	+315 +65	+400 +80	+480 +100	+560 +120	+645 +145	+750 +170
	H11-c11	+180 +90	+220 +70	+260 +80	+315 +95	+370 +110	+440 +130	+520 +150	+610 +180	+700 +210	+820 +290
	H11-a11	+390 +270	+420 +270	+460 +280	+510 +290	+560 +300	+630 +320	+720 +360	+820 +410		

TABLA 16 AJUSTES DE FORZADOS Y DE CONTRACCIÓN (FN)

Intervalo de tamaño nominales (pulg)	Clase FH1			Clase FH2			Clase FH3			Clase FH4		
	Limite de interferencia	Limite normales		Limite de interferencia	Limite normales		Limite de interferencia	Limite normales		Limite de interferencia	Limite normales	
		Orificio	Eje		Orificio	Eje		Orificio	Eje		Orificio	Eje
Hasta A												
0 - 0.12	0.05 0.5	+0.25 -0	+0.5 +0.3	0.2 0.85	+0.4 -0	+0.85 +0.6				0.3 0.95	+0.4 -0	+0.95 +0.7
0.12 - 0.24	0.1 0.6	+0.3 -0	+0.6 +0.4	0.2 1.0	+0.5 -0	+1.0 +0.7				0.4 1.2	+0.5 -0	+1.2 +0.9
0.24 - 0.40	0.1 0.75	+0.4 -0	+0.75 +0.5	0.4 1.4	+0.6 -0	+1.4 +1.0				0.6 1.6	+0.6 -0	+1.6 +1.2
0.40 - 0.56	0.1 0.8	+0.4 -0	+0.8 +0.5	0.5 1.6	+0.7 -0	+1.6 +1.2				0.7 1.8	+0.7 -0	+1.8 +1.4
0.56 - 0.71	0.2 0.9	+0.4 -0	+0.9 +0.6	0.5 1.6	+0.7 -0	+1.6 +1.2				0.7 1.8	+0.7 -0	+1.8 +1.4
0.71 - 0.95	0.2 1.1	+0.5 -0	+1.1 +0.7	0.6 1.9	+0.8 -0	+1.9 +1.4				0.8 2.1	+0.8 -0	+2.1 +1.6
0.95 - 1.19	0.3 1.2	+0.5 -0	+1.2 +0.8	0.6 1.9	+0.8 -0	+1.9 +1.4	0.8 2.1	+0.8 -0	+2.1 +1.6	1.0 2.3	+0.8 -0	+2.3 +1.8
1.19 - 1.58	0.3 1.3	+0.6 -0	+1.3 +0.9	0.8 2.4	+1.0 -0	+2.4 +1.8	1.0 2.6	+1.0 -0	+2.6 +2.0	1.5 3.1	+1.0 -0	+3.4 +2.8
1.58 - 1.97	0.4 1.4	+0.6 -0	+1.4 +1.0	0.8 2.4	+1.0 -0	+2.4 +1.8	1.2 2.8	+1.0 -0	+2.8 +2.2	1.8 3.4	+1.0 -0	+3.4 +2.8
1.97 - 2.56	0.6 1.8	+0.7 -0	+1.8 +1.3	0.8 2.7	+1.2 -0	+2.7 +2.0	1.3 3.2	+1.2 -0	+3.2 +2.5	2.3 4.2	+1.2 -0	+4.2 +3.5
2.26 - 3.15	0.7 1.9	+0.7 -0	+1.9 +1.4	1.0 2.9	+1.2 -0	+2.9 +2.2	1.8 3.7	+1.2 -0	+3.7 +3.0	2.8 4.7	+1.2 -0	+4.7 +4.0
3.15 - 3.94	0.9 2.4	+0.9 -0	+2.4 +1.8	1.4 3.7	+1.4 -0	+3.7 +2.8	2.1 4.4	+1.4 -0	+4.4 +3.5	3.6 5.9	+1.4 -0	+5.9 +5.0
3.94 - 4.13	1.1 2.6	+0.9 -0	+2.6 +2.0	1.6 3.9	+1.4 -0	+3.9 +3.0	2.6 4.9	+1.4 -0	+4.9 +4.0	4.6 6.9	+1.4 -0	+6.9 +6.0

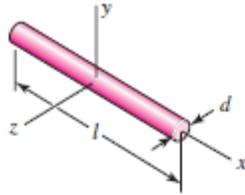
TABLA 17 AJUSTES DE HOLGURA (RC) REIMPRESO DE LA NORMA AISI B4, 1-1967.

Intervalo de tamaños nominales (pulg)	Clase RC2			Clase RC5			Clase RC8		
	Límites de holgura	Límites normales		Límites de holgura	Límites normales		Límites de holgura	Límites normales	
		Orificio	Eje		Orificio	Eje		Orificio	Eje
Hasta A									
0-0.12	0.1 0.55	+0.25 0	-0.1 -0.3	0.6 1.6	+0.6 -0	-0.6 -1.0	2.5 5.1	+1.6 0	-2.5 -3.5
0.12-0.24	0.15 0.65	+0.3 0	-0.15 -0.35	0.8 2.0	+0.7 -0	-0.8 -1.3	2.8 5.8	+1.8 0	-2.8 -4.0
0.24-0.40	0.2 0.85	+0.4 0	-0.2 -0.45	1.0 2.5	+0.9 -0	-1.0 -1.6	3.0 6.6	+2.2 0	-3.0 -4.4
0.40-0.71	0.25 0.95	+0.4 0	-0.25 -0.55	1.2 2.9	+1.0 -0	-1.2 -1.9	3.5 7.9	+2.8 0	-3.5 -5.1
0.71-1.19	0.3 1.2	+0.5 0	-0.3 -0.7	1.6 3.6	+1.2 -0	-1.6 -2.4	4.5 10.0	+3.5 0	-4.5 -6.5
1.19-1.97	0.4 1.4	+0.6 0	-0.4 -0.8	2.0 4.6	+1.6 -0	-2.0 -3.0	5.0 11.5	+4.0 0	-5.0 -7.5
1.97-3.15	0.4 1.6	+0.7 0	-0.4 -0.9	2.5 5.5	+1.8 -0	-2.5 -3.7	6.0 13.5	+4.5 0	-6.0 -9.0
3.15-4.73	0.5 2.0	+0.9 0	-0.5 -1.1	3.0 6.6	+2.2 -0	-3.0 -4.4	7.0 15.5	+5.0 0	-7.0 -10.5
4.73-7.09	0.6 2.3	+1.0 0	-0.6 -1.3	3.5 7.6	+2.5 -0	-3.5 -5.1	8.0 18.0	+6.0 0	-8.0 -12.0
7.09-9.85	0.6 2.6	+1.2 0	-0.6 -1.4	4.0 8.6	+2.8 -0	-4.0 -5.8	10.0 21.5	+7.0 0	-10.0 -14.5
9.85-12.41	0.7 2.8	+1.2 0	-0.7 -1.6	5.0 10.0	+3.0 -0	-5.0 -7.0	12.0 25.0	+8.0 0	-12.0 -17.0

FIGURA 15 PROPIEDADES DE SOLIDOS.

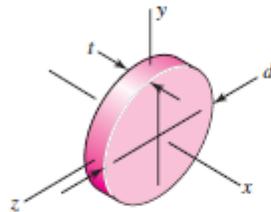
Propiedades de Sólidos (Densidad. Peso por unidades de Volumen)

Barra



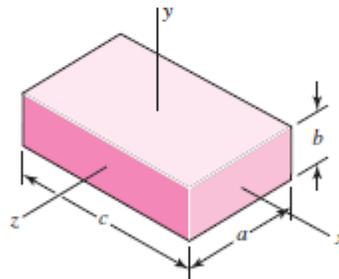
$$m = \frac{\pi d^2 l \rho}{4g} \quad I_y = I_z = \frac{ml^2}{12}$$

Disco Redondo



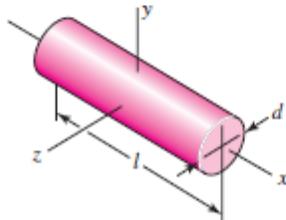
$$m = \frac{\pi d^2 t \rho}{4g} \quad I_x = \frac{md^2}{8} \quad I_y = I_z = \frac{md^2}{16}$$

Prisma Rectangular



$$m = \frac{abc\rho}{g} \quad I_x = \frac{m}{12}(a^2 + b^2) \quad I_y = \frac{m}{12}(a^2 + c^2) \quad I_z = \frac{m}{12}(b^2 + c^2)$$

Cilindro

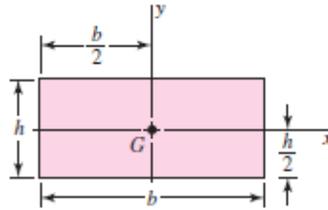


$$m = \frac{\pi d^2 l \rho}{4g} \quad I_x = \frac{md^2}{8} \quad I_y = I_z = \frac{m}{48}(3d^2 + 4l^2)$$

FIGURA 16 PROPIEDADES DE SECCIONES.

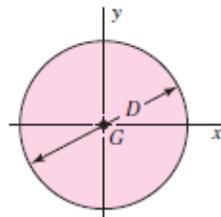
Propiedades De Secciones

Rectángulo



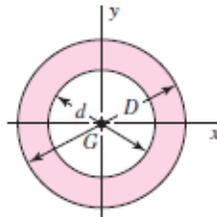
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Círculo Hueco



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

TABLA 18 COEFICIENTE ELÁSTICO C_p

Material y módulo de elasticidad E_p , lb/pulg ² (MPa), del engrane							
MATERIAL DEL ENGRAÑE	Módulo de elasticidad, E_p , lb/pulg ² (MPa)	Acero 30×10^6 (2×10^5)	Hierro maleable 25×10^6 (1.7×10^5)	Hierro nodular 24×10^6 (1.7×10^5)	Hierro colado 22×10^6 (1.5×10^5)	Bronce de aluminio 17.5×10^6 (1.2×10^5)	Bronce de estaño 16×10^6 (1.1×10^5)
Acero	30×10^6 (2×10^5)	2300 (191)	2180 (181)	2160 (179)	2100 (174)	1950 (162)	1900 (158)
Hierro maleable	25×10^6 (1.7×10^5)	2180 (181)	2090 (174)	2070 (172)	2020 (168)	1900 (158)	1850 (154)
Hierro nodular	24×10^6 (1.7×10^5)	2160 (179)	2070 (172)	2050 (170)	2000 (166)	1880 (156)	1830 (152)
Hierro colado	22×10^6 (1.5×10^5)	2100 (174)	2020 (168)	2000 (166)	1960 (163)	1850 (154)	1800 (149)
Bronce de aluminio	17.5×10^6 (1.2×10^5)	1950 (162)	1900 (158)	1880 (156)	1850 (154)	1750 (145)	1700 (141)
Bronce de estaño	16×10^6 (1.1×10^5)	1900 (158)	1850 (154)	1830 (152)	1800 (149)	1700 (141)	1650 (137)

TABLA 19 NUMERO DE DIENTES DEL PIÑÓN, PARA ASEGURAR QUE NO HAYA INTERFERENCIA.

Para un piñón engranado con una cremallera		Para un piñón de 20° profundidad total, engranado con un engranaje	
Forma del diente	Número mínimo de dientes	Número de dientes del piñón	Número máximo de dientes del engrane
Envolvente 14½°, profundidad total	32	17	1309
Envolvente 20°, profundidad total	18	16	101
Envolvente 25°, profundidad total	12	15	45
		14	26
		13	16

ANEXO C: FIGURAS

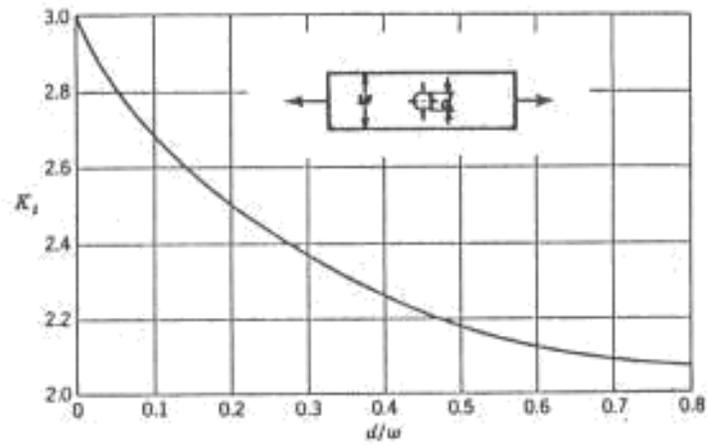


FIGURA B1. Barra con agujero transversal sometida a tensión o compresión simple $s = F/A$, donde $A = (w - d)t$ y t es el espesor. [7]

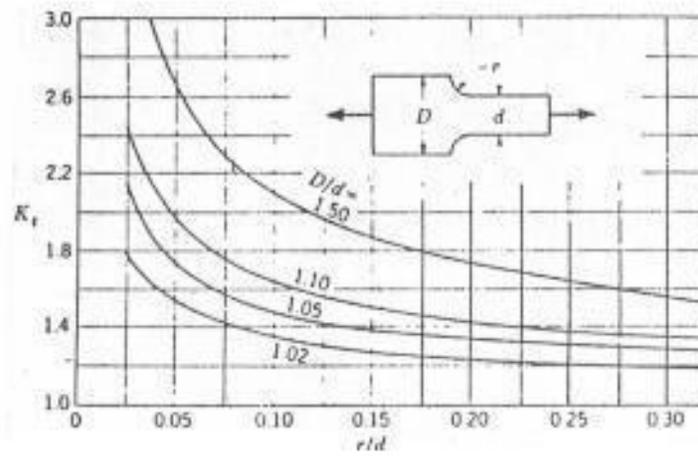


FIGURA B2. Barra rectangular con entalles transversales sometida a tensión o compresión $s = F/A$, donde $A = dt$ y t es el espesor. [7]

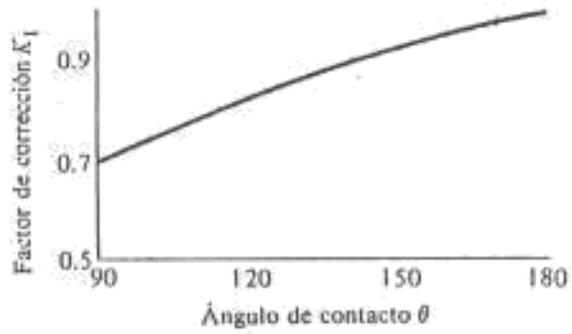


FIGURA B3. Factor de corrección k_1 para el ángulo de contacto. /7/

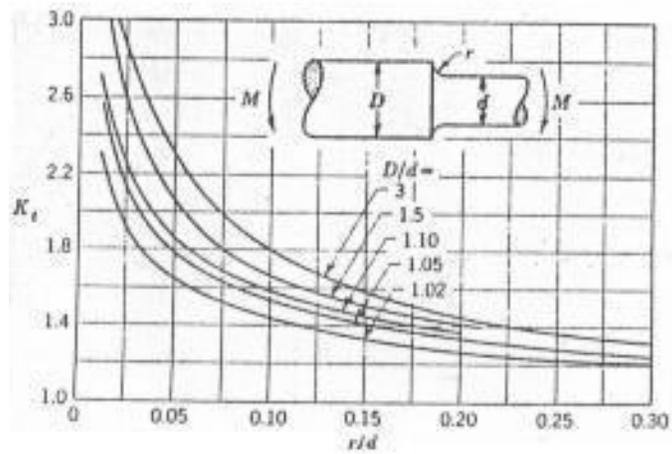


FIGURA B4. Barra circular con entalle circunferencial sometida a flexión $s = Mc/I$, donde $c = d/2$ e $I = \pi d^4/64$. /7/

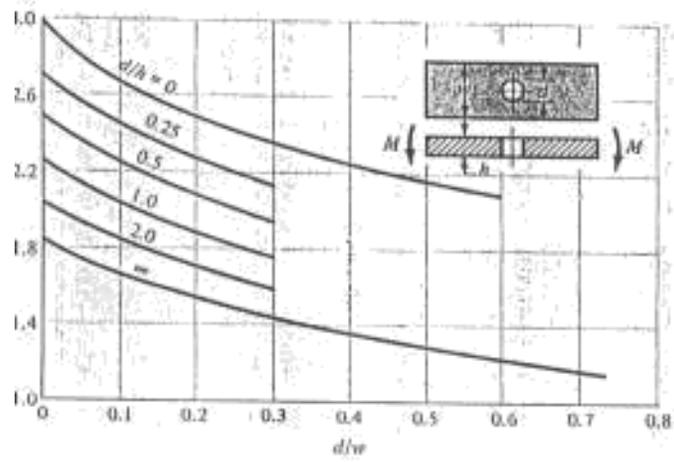


FIGURA B5. Barra rectangular con agujero transversal sometida a flexión. $s_o = Mc/I$,
 donde $I = (w - d)h^3/12$. /7/

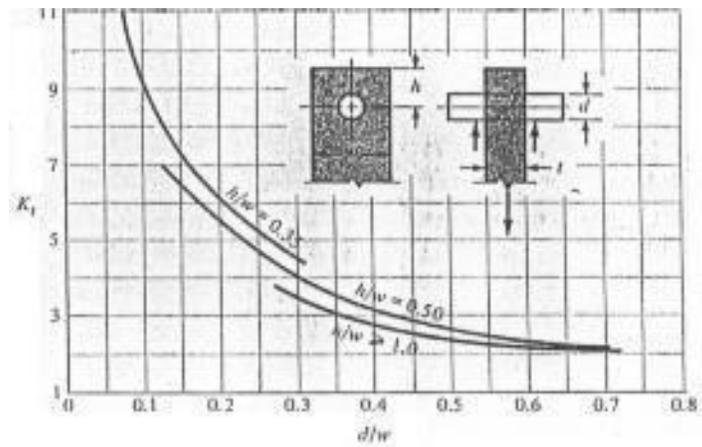


FIGURA B6. Placa con pasador en agujero. $s_o = F/A$, donde $A = (w - d)t$. /7/

**ANEXO D: NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE PARA LA
FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO
NTON12 008 – 09**

**NORMA TECNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE PARA LA
FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO
NTON12 008 – 09**

1 BLOQUES DE CONCRETO NTON 12 008-09

1.1 Objeto

Establecer los requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto que se utilizan en las construcciones civiles, así como los procedimientos para el control de calidad de los mismos.

1.2. Campo de aplicación

Aplica a los bloques que se utilizan en la construcción de obras civiles, tanto como elemento estructural para la construcción de paredes, como no estructural.

1.3. Definiciones

1.3.1 Área Bruta. El área bruta de los bloques será el área total incluyendo las celdas, medidas en el plano perpendicular a la dirección de las cargas gravitacionales.

1.3.2 Área Neta. El área neta de los bloques será el área bruta excluyendo el área de las celdas, medidas en el plano perpendicular a la dirección de las cargas gravitacionales.

1.3.3 Bloque de Concreto. Es un cuerpo prismático sólido o con huecos, utilizado para conformar la mampostería, fabricados de cemento Pórtland o Modificado, agua y agregados minerales con o sin la inclusión de otros materiales.

1.3.4 Mampostería Confinada. Es un sistema constructivo que resiste cargas laterales en el cual la mampostería está confinada por marcos de concreto reforzado; los bloques de mampostería constituyen el alma de un diafragma y los marcos constituyen los patines.

1.3.5 Mampostería Reforzada. Sistema constructivo en el que se utilizan muros constituidos de bloques sólidos o huecos de concreto, en el que se dispone de acero de refuerzo tanto en la dirección vertical como horizontal, de tal manera que el acero y la mampostería trabajen de manera conjunta.

1.3.6 Bloques Huecos. Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 50% del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

1.3.7 Bloques sólidos. Son los que presentan en su sección más desfavorable un área neta por lo menos del 75 % del área bruta y el espesor de sus paredes sea cuando menos igual a 2.5 cm.

1.4 Clasificación de los bloques de concreto

1.4.1 Bloque Estructural 1 (BE – 1). Bloque hueco o sólido con características tales que permiten su uso para los sistemas constructivos de mampostería confinada y reforzada, con una resistencia de compresión mínima de 12.19 MPa (1 765 psi) con respecto al área neta y utilizado en la zona sísmica C del Reglamento Nacional de Construcción de Nicaragua.

En el caso de los bloques abiertos, tales como los tipo U, bloques para pilastras o de otro tipo en el que el bloque no tenga sus paredes unidas de tal manera que la prueba de resistencia a la compresión no represente su capacidad real para resistir cargas, la resistencia a la compresión se realizará utilizando una sección obtenida de una de las paredes externas del bloque con una relación de espesor, altura y largo de 1:2:4, la aplicación de la carga debe ser en la dirección de la altura del espécimen, la cual debe coincidir con la misma dirección de la dimensión de la altura de la unida completa.

1.4.2 Bloque Estructural 2 (BE – 2). Bloque hueco o solido con características tales que permiten su uso para los sistemas constructivos de mampostería confinada y reforzada, con una resistencia de compresión mínima de 7.51 MPa (1 090 psi) con respecto al área neta y a utilizarse en las zonas sísmicas A y B del Reglamento Nacional de Construcción de Nicaragua.

1.4.3 Bloque No Estructural (BNE). Bloque hueco o solido que se utiliza en la construcción de elementos no estructurales, con una resistencia de compresión mínima de 5.04 MPa (732 psi) respecto al área neta.

1.4.4 Bloque Especial. Bloque sólido o hueco estructural que se utiliza para condiciones especiales y que debe de cumplir con requerimientos de dimensiones, resistencia y absorción aprobados por el MTI.

1.5 Propiedades físicas y mecánicas de los materiales constituyentes

1.5.1 Cemento. Cemento Pórtland o Pórtland Modificado, los que deben cumplir con las especificaciones ASTM C150 ó ASTM C1157, respectivamente.

1.5.2 Agregados. Agregado Grueso (Piedra natural o grava triturada): El agregado grueso debe cumplir con la norma ASTM C 33. Agregado Fino (Arena natural o fabricada). El agregado fino debe cumplir con la norma ASTM C 33.

1.5.3 Agua. El agua que se utilice para la fabricación de bloques de concreto debe ser potable o que cumpla los requisitos de ASTM C 1602.

1.5.4 Otros Minerales. Los bloques de concreto pueden tener otros agregados tales como cal hidratada, pigmentos colorantes, repelentes, sílice natural, entre otros, siempre que no disminuyan la resistencia y durabilidad de los mismos.

1.6 Requisitos físicos y mecánicos de los bloques de concreto

1.6.1 Requisitos Físicos.

1.6.1.1 Dimensiones de los Bloques. Las dimensiones nominales y reales de los bloques son los establecidos en la tabla 1

Tabla-1
Dimensiones nominales y reales de los bloques

Tipo de bloque	Largo		Ancho		Alto	
	Nominal (cm)	Real (cm)	Nominal (cm)	Real (cm)	Nominal (cm)	Real (cm)
BE-1 de 10 cm	40	39	10	10	20	19
BE-1 de 15 cm	40	39	15	15	20	19
BE-1 de 20 cm	40	39	20	20	20	19
BE-1 de 25 cm	40	39	25	25	20	19
BE-1 de 30 cm	40	39	30	30	20	19
BE-2 de 10 cm	40	39	10	10	20	19
BE-2 de 15 cm	40	39	15	15	20	19
BE-2 de 20 cm	40	39	20	20	20	19
BE-2 de 25 cm	40	39	25	20	20	19
BE-2 de 30 cm	40	39	30	20	20	19
BNE de 10 cm	40	39	10	10	20	19
BNE de 15 cm	40	39	15	15	20	19

Ninguna de las dimensiones reales (ancho, alto y largo) podrá diferir por más o menos de 3 mm de las dimensiones reales especificadas.

Los espesores mínimos de las paredes externas e internas de los bloques serán los siguientes:

Tabla-2

Espesores mínimos de las paredes externas e internas de los bloques

Tipo de bloque	Espesor mínimo de la pared externa en (mm)	Espesor mínimo de la pared interna en (mm)
BE-1 de 10 cm	25	25
BE-1 de 15 cm	25	25
BE-1 de 20 cm	30	25
BE-1 de 25 cm	35	30
BE-1 de 30 cm	40	30
BE-2 de 10 cm	25	25
BE-2 de 15 cm	25	25
BE-2 de 20 cm	30	25
BE-2 de 25 cm	35	30
BE-2 de 30 cm	40	30
BNE de 10 cm	25	25
BNE de 15 cm	25	25

1.6.1.2 Absorción: La absorción es la propiedad del bloque para absorber agua hasta llegar al punto de saturación.

Para determinar el porcentaje de absorción se debe realizar ensayo según ASTM C-140. Los bloques de concreto deben cumplir con los requisitos de absorción máxima según la siguiente tabla:

Tabla-3

Valores Máximos de absorción según tipo de bloque

Tipo de bloque	Valor máximo en (%)
Bloque BE-1	10
Bloque BE-2	12
Bloque BNE	15

6.1.1.3 Densidad: Es la relación entre el volumen bruto y la masa del bloque.

Los bloques se clasificarán de acuerdo con su densidad según tabla 4.

Tabla-4

Clasificación de bloques de acuerdo a su densidad

Tipo de bloque	Bloque de peso ligero (kg/m ³)	Bloque de peso mediano (kg/ m ³)	Bloque de peso normal (kg/ m ³)
Bloque BE-1	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BE-2	Hasta 1682	De 1682 hasta menos de 2000	Más de 2000
Bloque BNE	Hasta 1680	De 1680 hasta menos de 2000	Más de 2000

Requisitos Mecánicos.

Resistencia a la Compresión. Los bloques deben cumplir con el siguiente requisito de resistencia a la compresión a los 28 días de fabricados (Ver tabla 5).

Tabla-5
Valores mínimos de resistencia a la compresión de los bloques de
Concreto

Tipo	Promedio mínimo de tres unidades	Resistencia mínima a la compresión para una pieza individual)
Bloque BE-1	13.65 MPa (1980 psi)	12.19 MPa (1765 psi)
Bloque BE-2	8.41MPa (1220 psi)	7.51 MPa (1090 psi)
Bloque BNE	5.65 MPa (820 psi)	5.04 MPa (732 psi)

El cálculo de la resistencia se calcula sobre el área neta.

Nota: 1 MPa equivale a 10.19 kg/cm²

1.7 Control de calidad

Muestreo, Número de Unidades. Para la determinación de la resistencia a la compresión, absorción y peso unitario (densidad) los especímenes deben ser seleccionados de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla-6
Determinación de la muestra según tamaño de lote

Tamaño del Lote	Tamaño mínimo de la muestra para	
	Dimensiones y resistencia a la compresión	Absorción, área neta y peso unitario
0-2 000	3	3
2 001-10 10 000	6	3
>10 000<100 000	12	6
>100 000	6 unidades por cada 50 000 unidades o fracción de lote	6

Inspección Visual. Todos los bloques deberán estar en buen estado, libres de fisuras, quebraduras y otros defectos que pudieran interferir en la correcta colocación de la unidad o bien que influyan en la resistencia y durabilidad de las unidades.

No serán objeto de devolución aquellos bloques con pequeñas quebraduras o daños menores de 25 mm inherentes a su producción o su transporte y entrega, siempre que la cantidad dañada no sea mayor del 5% del pedido.

Método para la Prueba de Resistencia a la Compresión.

Identificación. Cada muestra deberá ser marcada de manera que en cualquier momento pueda ser identificada.

Aparatos a Usar. Máquina de prueba: deben estar equipada con dos placas de presión de acero de los cuales el superior es circular y transmite presión a la superficie del espécimen.

El otro es una placa rígida sobre el que descansará el espécimen. Si el área de presión de las placas de acero no es suficiente para cubrir el área de la muestra, planchas o platos de acero serán colocados entre estas y la muestra.

Las placas y platos de presión de acero: la superficie de estas placas y platos deben ser plana con variaciones de no más de 0.02 mm por cada 150 mm en cualquier dimensión del plano.

El centro de la placa circular de acero del plato o plancha de acero si es usado, debe coincidir con el centro de la superficie de presión del espécimen.

La placa circular de acero debe sostenerse firmemente en un sitio pero estará libre para girar en cualquier dirección. El diámetro de las caras de estas placas de acero deberá ser mayor de 15 cm y si se usan platos, el grueso de los mismos será por lo menos igual a una tercera parte de la distancia comprendida entre la orilla de la placa de acero circular y la esquina más distante de la muestra. En ningún caso será menor de 12.5 mm.

Muestra de Prueba. Debe ser examinada dentro de las 72 horas siguientes de su entrega al laboratorio. Durante este tiempo se mantendrá a temperatura y aire normales del laboratorio.

Se prepara pasta de yeso-cemento de especiales condiciones en la resistencia, ya que deberá resistir una fuerza compresiva de 2.45 MPa (355.70 psi) cuando se prueba su resistencia en cubos de 5 cm dos horas después de su preparación (mezcla de 1:1 o 1:2 yeso-cemento, más agua suficiente para la consistencia deseada).

Esta pasta se esparce uniformemente sobre superficie no absorbente, generalmente plancha de acero, que ha sido cubierta ligeramente con aceite; se puede omitir el uso de aceite si la superficie de la plancha y la de la muestra se pueden separar sin dañar la cubierta de yeso a formar.

La muestra se coloca sobre esta pasta y se presiona manualmente hacia abajo.

Una vez seca la pasta y formada la cubierta sobre los bordes superficiales de la unidad, se levanta esta y se comprueba que la cubierta está bien hecha. Si no lo está, se quita completamente de la superficie del bloque y se repite el proceso.

Los dos lados de la muestra deberán ser cubiertos formando dos superficies lisas y paralelas. El promedio del grueso de esta cubierta no deberá exceder 0.5 cm, deberá esperarse al menos 24 horas antes de verificar las pruebas de resistencia correspondiente.

Procedimiento. Posición: Las muestras deberán ser probadas con el centroide de su superficie de presión alineada verticalmente con el centro del cojinete axial de empuje a presión de la máquina de prueba.

Unidades 100% sólidas y unidades huecas especiales para usar con los huecos en posición horizontal, pueden ser probadas en la misma dirección de uso.

Velocidad de prueba: La carga de la primera mitad de la carga máxima esperada se hace a velocidad conveniente. A continuación, los controles de la máquina deben ajustarse para realizar un movimiento uniforme, de manera que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 y no más de 2 minutos.

Cálculo del área neta, el área neta se debe calcular según ASTM C140.

Cálculos. La resistencia compresiva de los bloques se tomará como máxima carga en Newton dividida entre el área neta de la unidad.

Informe de resultados. El informe de resultados debe contener como mínimo, la siguiente información:

1. Nombre del Laboratorio
2. Fabrica de procedencia de la muestra
3. Identificación de la muestra
4. Referencia de la norma bajo la que se realiza el ensayo
5. Resultados
6. Responsable de la realización del ensayo
7. Fecha de realización

1.8 Etiquetado

Los bloques estructurales BE-1 y BE-2 deben etiquetarse de tal manera que se identifique fácilmente el tipo de bloque.

Los bloques estructurales BE-1 se etiquetaran con un alto o bajo relieve que consiste en dos líneas verticales de 2 mm de radio y que cubra como mínimo la mitad del alto del bloque ubicado en uno de los extremos del mismo.

Los bloques estructurales BE-2 se etiquetaran con un alto o bajo relieve que consiste en una línea vertical de 2 mm de radio y que cubra como mínimo la mitad del alto del bloque ubicado en uno de los extremos del mismo.

Los bloques no estructurales BNE no requerirán de etiquetado

1.9 Criterios de aceptación o rechazo

Si el promedio y el resultado individual de resistencia a la compresión son menores que el especificado en la tabla 5 se volverá a realizar según lo establecido en la sección 7.1, esta deberá realizarse en laboratorios debidamente acreditados o en laboratorios avalados por la autoridad competente. En el caso de resultar menor que lo requerido, el lote será reclasificado según los resultados obtenidos en un tipo de bloque menor, es decir si el lote muestreado es de bloques estructurales tipo BE-1, y la resistencia promedio obtenida corresponde a bloques estructurales tipo BE-2, debe reclasificarse y remarcarse de acuerdo a esta.

En el caso de bloques no estructurales BNE, si la resistencia es menor que la especificada en la sección 6.2.1 de la presente norma, el lote será rechazado.

1.10 Referencias normativas

- a) Reglamento Nacional de Construcción de Nicaragua RNC.
- b) ASTM C 90-08 “Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units”.
- c) ASTM C 140-08a “Standard Methods of Sampling and Testing Masonry Units”.
- d) ASTM C 33-07, “Standard Specification for Concrete Aggregates”
- e) ASTM C150-07, “Standard Specification for Portland Cement”.
- f) ASTM C 1157-03, “Standard Performance Specification for Hydraulic Cement”.
- g) ASTM C 1602-06 “Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete”.
- h) INTE 06-0213-07, “Muestreo y ensayo de unidades de mampostería de concreto (bloques de concreto)”.

ANEXO E: PLANOS CONSTRUCTIVOS