

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño del sistema de dosificación para una planta transportable  
de pequeña escala para hormigón”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

Ignacio Fernando Soledispa Cando

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2004

## AGRADECIMIENTO

A toda las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente en el Ing. Manuel Helguero Director de tesis, por su invaluable ayuda.

## DEDICATORIA

A DIOS

AL ESFUERZO Y ALIENTO

DE MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

A LOS AMIGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Omar Serrano V.  
DELEGADO DEL  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Manuel Helguero G.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Alfredo Torres G.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Ignacio Soledispa Cando

## RESUMEN

La presente tesis tiene por objeto el diseñar el sistema para dosificar los agregados del hormigón para una planta transportable de este producto para una compañía del pequeño sector de la construcción, con el fin de tener una alternativa de solucionar los inconvenientes en el suministro de hormigón dentro de sus necesidades.

Lo que la compañía espera es adaptar y nacionalizar la máquina, lo que implica empezar a construirla, utilizando recursos que son fabricados y existen en nuestro medio, todo bajo una ayuda y asistencia técnica.

A continuación el problema es planteado partiendo de una presentación de los problemas y necesidades de la compañía para posteriormente presentar diferentes tipos de planta en el medio, seleccionar que sistema de dosificación conviene diseñar y construir y los detalles en la elaboración del hormigón.

Luego, se diseñan y seleccionan todos los equipos y elementos que cumplen con las especificaciones solicitadas, considerando las ventajas y valorando la producción, costo, instalación y agilidad de transportación.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
INTRODUCCIÓN. ....	1
CAPÍTULO 1	
1. PRODUCCION DE PLANTAS DE HORMIGON.....	3
1.1 Definición del problema.....	3
1.2 Proceso de elaboración del hormigón.....	6
1.3 Análisis de los principales parámetros.....	13
CAPÍTULO 2	
2. ALTERNATIVAS DE PRODUCCION DEL HORMIGON.....	16
2.1 Planta con silo para cemento.....	16

2.2 Planta con tornillo sin fin para cemento.....	19
2.2.1 Con abridora de saco.....	19
2.2.2 Con silo inferior para cemento.....	20
2.3 Diseño de forma de la alternativa más optima.....	21

### CAPÍTULO 3

#### 3. CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

DE DOSIFICACIÓN.....	30
3.1 Condicionamiento para el cálculo de cada sección y elemento de dosificación del hormigón.....	30
3.2 Sección de recepción para la dosificación de los agregados finos y grueso para elaboración de hormigón.....	31
3.2.1 Dimensionamiento y capacidad de las tolvas de los agregados finos y grueso.....	31
3.2.2 Diseño de transportador de banda.....	35
3.2.2.1 Cálculo de la potencia de transportación.....	38
3.2.3 Diseño y Capacidad del sistema de balanza para dosificar los materiales agregados finos y agregado grueso.....	45
3.2.4 Cálculos del sistema neumático para las compuertas de despacho de los materiales agregados fino y grueso.....	50
3.2.4.1 Selección del compresor para compuertas de los agregados.....	56



3.3 Sección de almacenamiento para realizar la dosificación del cemento.....	63
3.3.1 Dimensionamiento y capacidad del silo de almacenamiento para el cemento.....	63
3.3.2 Diseño y capacidad del sistema de balanza para dosificar el cemento en la tolva.....	69
3.3.3 Cálculos para el sistema neumático para las compuertas de despacho del cemento.....	73
3.4 Sección del sistema de dosificación de agua.....	79
3.4.1 Cálculo de componentes para dosificar el agua.....	79
CAPÍTULO 4	
4. ANÁLISIS DE COSTOS.....	85
CAPÍTULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

## ABREVIATURAS

MOP	=	Ministerio de Obras Pública
TON	=	Toneladas
m	=	Metro
mm	=	Milímetro
%	=	Por ciento
Kg	=	Kilogramo
m <sup>3</sup>	=	Metro cúbico
N	=	Newton
Kw	=	Kilowatts
MPa	=	MegaPascal
s	=	Segundo
hr	=	Hora
Kg/hr	=	Kilogramo por hora
TON/hr	=	Toneladas por hora
RPM	=	Revoluciones por minuto
m/s	=	Metro por segundo
Kg/m <sup>2</sup>	=	Kilogramo por metro cuadrado
KN/m	=	Kilonewton por metro
Π	=	Pi
Bar	=	Bar
N·m	=	Newton por metro
μm	=	Micrómetro
sc	=	Saco
Kip	=	Kilo libras
°C	=	Grado centígrado
USD	=	Dólar Americano
lt	=	Litro
g	=	9.8 m/s <sup>2</sup>

## SIMBOLOGIA

$\rho$	= Densidad
$g$	= Aceleración de la gravedad
$F$	= Fuerza
$A$	= Área
$p$	= Presión
$h$	= Altura
$a$	= Ancho
$b$	= Base
$H$	= Altura máxima
$e$	= Espesor de la plancha
$\sigma$	= Esfuerzo
$S_y$	= Resistencia a la Fluencia
$\eta$	= Factor de seguridad
$\tan$	= Tangente del ángulo
$L$	= Longitud del transportador o transportación
$C$	= Capacidad de transportación
$P$	= Potencia
$f$	= Coeficiente de fricción
$Q$	= Factor de pesos por elementos
$S$	= Velocidad del transportador
$H_T$	= Altura de transportación
$F_T$	= Tensión máxima permisible de la banda
$T_c$	= Fuerza conducida
$R$	= Factor del ángulo de abrazamiento
$T_a$	= Fuerza ascendente
$T_b$	= Tensión máxima por unidad de ancho de la banda
$D$	= Diámetro del tambor
$n$	= velocidad de revolución del tambor
$T$	= Torque máximo
$V_b$	= Volumen de la balanza
$A$	= Ancho mayor
$B$	= Base mayor

$V_{bs}$	= Volumen de la balanza parte superior
$V_{bi}$	= Volumen de la balanza parte inferior
$Y_o$	= Centro de gravedad
$m_b$	= Carga de la balanza
$m_m$	= Carga del material
$V$	= Volumen
$m_T$	= Carga total
$A_{Tb}$	= Área total de la balanza
$\ell$	= Longitud de arco
$\Phi$	= Diámetro del émbolo
$p_e$	= Presión del émbolo
$F_e$	= Fuerza del émbolo
$C_e$	= Carrera del émbolo
$V_c$	= Volumen del cilindro
$q$	= Consumo de aire
$Q_a$	= Consumo de aire para carrera de avance
$V_s$	= Volumen del silo
$m_s$	= Masa en el silo
$\sigma_\theta$	= Esfuerzo circunferencial
$\sigma_\phi$	= Esfuerzo meridional
$D_c$	= Diámetro de la compuerta
$G$	= Caudal de agua
$D_t$	= Diámetro de la tubería
$V_a$	= Velocidad en la tubería
$Re$	= Reynolds
$\rho_a$	= Densidad del agua
$\mu$	= Viscosidad del agua
$\varepsilon$	= Rugosidad
$f_t$	= Fricción en la tubería
$Le$	= Longitud efectiva
$h_f$	= Cabezal por fricción
$h_e$	= Cabezal estático
$H_b$	= Cabezal de la bomba
CPM	= Costo de Producción Mensual
GP	= Gasto de Producción
CCE	= Costo de consumo de energía eléctrica

## INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1	Diseño de forma de la primera alternativa .....22
Figura 2.2	Diseño de forma de la segunda alternativa A.....23
Figura 2.3	Diseño de forma de la segunda alternativa B.....24
Figura 3.1	Capacidad de las tolvas de agregados.....32
Figura 3.2	Dimensionamiento de la tolva de agregados.....33
Figura 3.3	Capacidad de las compuertas.....33
Figura 3.4	Dimensionamiento de la balanza de agregados.....45
Figura 3.5	Ubicación de las celdas de cargas.....48
Figura 3.6	Dimensionamiento y Acción de las compuertas.....50
Figura 3.7	Distribución de los accesorios neumático.....57
Figura 3.8	Línea de aire para la tolva de agregados .....61
Figura 3.9	Dimensionamiento del silo para cemento.....63
Figura 3.10	Dimensión del Filtro manga .....67
Figura 3.11	Dimensionamiento de la balanza de cemento.....69

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Propiedades de los ingredientes del hormigón.....9
Tabla 2	Dosificación para varios tipos de diseño del hormigón.....10
Tabla 3	Tipos y usos de hormigón.....13
Tabla 4	Selección del sistema más óptimo.....29
Tabla 5	Velocidades máximas de banda, pie/min, para diversos materiales.....37
Tabla 6	Características del cilindro para la tolva.....53
Tabla 7	Características del cilindro para la balanza agregados.....56
Tabla 8	Característica del filtro de aire.....58
Tabla 9	Característica del regulador de presión.....59
Tabla 10	Característica de los lubricadores.....60
Tabla 11	Característica de las electroválvulas.....60
Tabla 12	Consumo de aire comprimido.....62
Tabla 13	Características del cilindro para el silo.....76
Tabla 14	Características del cilindro para la tolva de cemento.....78
Tabla 15	Datos de para seleccionar la bomba.....82
Tabla 16	Característica de la bomba de agua.....83
Tabla 17	Costo de equipos y materiales.....87
Tabla 18	Costo de alquiler de equipos.....89
Tabla 19	Costos adicionales.....90
Tabla 20	Costos directos.....90
Tabla 21	Costos Indirectos.....91
Tabla 22	Precios referenciales del mercado.....94

## INDICE DE PLANOS

Plano 1	Tola de sección de agregados grueso y fino
Plano 2	Compuerta de la sección de agregado grueso y fino
Plano 3	Balanza de la sección de agregado fino y grueso
Plano 4	Silo para sección de cemento
Plano 5	Compuerta para sección de cemento
Plano 6	Balanza de la sección de agregado fino y grueso
Plano 7	Diseño general de la planta de hormigón

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata acerca del diseño del sistema de dosificación para una planta transportable de pequeña escala para hormigón, debido a la necesidad de empresas del sector de la construcción en obtener una cantidad de producción necesaria para cumplir con los contratos adjudicados dentro de la zona urbana y rural de nuestro país.

Este trabajo esta dirigido y enfocado a la correcta y adecuada habilitación y adquisición de equipos fundamentales que debe poseer una planta bajo las normas técnicas del MOP, puesto que el mejoramiento del sistema de dosificación parte desde una planta obsoleta de propiedad de la empresa vial, la cual posee una estructura, equipos y elementos de recepción de agregados sobredimensionados para la nueva demanda de producción de hormigón.

La planta y el sistema de dosificación en sí, deben tener la capacidad de elaborar los diferentes tipos de hormigón que están diseñados básicamente por su resistencia a la compresión, aunque mucho de ello se basa también en la habilidad del operador. Para ello es también importante conocer la densidad de los cuatros compuestos o elementos para su obtención.



En lo que respecta a la planta, esta debe tener características similares a las importadas y un orden apropiado para elaborar el hormigón. Es importante mencionar que la planta debe ser fácil traslado para un trailer o cabezal, lo que va a restringir también el dimensionamiento de la planta.

Es por ello que en este estudio se analiza la necesidad de redimensionar cada sección de los agregados, corregir el proceso de elaboración del concreto y habilitar con los equipos correctos. Además de considerar parámetros como costo y financiamiento, facilidad y factibilidad de elaboración y construcción de la planta.

# **CAPITULO 1**

## **1. PRODUCCION DEL HORMIGÓN**

El presente capítulo tiene por objeto establecer el inicio del problema para obtener el concreto, los requisitos que debe cumplir el hormigón de cemento Pórtland, para su utilización en obras viales y definir los parámetros para adquirir una planta que cumpla con una correcta dosificación en los diferentes diseños de hormigón y este dentro del alcance de la empresa.

### **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Debido al desarrollo e incremento en el sector de la construcción originado principalmente para mejorar el sector vial de nuestra ciudad y la concesión de muchas vías alrededor de la provincia, muchas nuevas compañías constructoras han visto la necesidad de adquirir nuevos equipos, maquinas y plantas, con el fin de mejorar precios en sus ofertas y abaratar costos, aumentando la producción aunque este represente una nueva inversión que se recuperaría en un tiempo prudencial.

Una alternativa muy conveniente en la actualidad vista por las nuevas y pequeñas empresas contratistas de la construcción es adquirir una planta de hormigón transportable debido a los nuevos requisitos en los contratos, más aun en concesiones, puesto que dentro de una obra se podría reducir el tiempo de plazo para su entrega y al mismo tiempo darle un buen mantenimiento a la vía durante el periodo de concesión, y a la vez facilitar su despacho hasta su respectivo destino. Además la dosificación del diseño del hormigón estaría sujeta bajo las especificaciones y características técnicas del contratista. Y en cuanto al costo se disminuirá principalmente en los materiales agregados y transporte recuperando la inversión de la planta en un corto período.

En nuestro caso, la compañía hizo el presupuesto y avaluó el costo de adquirir una nueva planta, resultando una inversión muy costosa, por factores de importación, además el tiempo de espera para traer los equipos y montar la planta era muy largo. Viendo la necesidad inmediata se decidió adecuar una planta transportable para hormigón obsoleta de la empresa que se encontraba en el oriente, ya que realizando un estudio se pudo aprobar que con una la implementación de equipos, y una mejora en los sistemas de

dosificación se podría mejorar la eficiencia de planta y la inversión sería menos costosa y mucho más rápida.

La dosificación que debe tener la planta de pequeña escala se basará en la implementación correcta de cada equipo en cada una de las secciones de los sistemas de la planta, es decir, abarca desde la recepción de los componentes, luego como son llevados a la balanza para conseguir su correcto peso y finalmente como son trasladados hasta el vehículo que los transporta. Además se considera el correcto flujo y orden correcto que debe tener cada material al ser mezclado en conjunto.

Por otra parte, se analizó que la mayoría de empresas que venden hormigón venden bajo sus especificaciones técnicas de diseño del hormigón, con una calidad de materiales agregados desconocida y bajo un volumen de venta determinado, por lo que se podría garantizar con una buena dosificación de los materiales, el tipo de hormigón a utilizarse.

Desde el punto de vista económico, el precio de venta o adquisición del hormigón es elevado, pagando este producto por adelantado. El servicio de entrega por transporte al destino de su aplicación es

dentro del sector urbano de la ciudad, caso contrario el costo aumenta progresivamente de manera elevada.

## **1.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN.**

Los diferentes diseños de hormigón producidos en plantas tienen el mismo proceso para su elaboración, pero la diferencia está en la cantidad de material y/o agregados dosificados para cada tipo de concreto. El hormigón se prepara al mezclar cemento y un agregado compuesto por materiales duros de diversos tamaños.

En nuestro país los agregados son el material grueso, el cual abarca generalmente a la piedra quebrada número tres y cuarto de tamaño con grava; el material fino que es la arena húmeda de río. Además de siempre usar cemento Pórtland para la elaboración de cualquier tipo de concreto reforzado (hormigón armado).

Por lo general, el proporcionamiento del concreto se basa en la resistencia a la compresión como la medida principal de la calidad del concreto y, aunque también se considera una relación aproximada entre la resistencia a la compresión y las otras propiedades mecánicas. Los métodos para proporcionar (o dosificar) generalmente

intentan dar al hormigón una resistencia predeterminada a la compresión.

Para obtener un buen concreto, es decir, una correcta resistencia a la compresión se necesita mezclar y dosificar minuciosamente el cemento y los agregados a fin de obtener una masa homogénea y cubrir todas las partículas con la pasta de cemento. Para ello es necesario contar con los ingredientes más adecuados y calificados existentes en el nuestro medio:

El cemento Pórtland normal que se utiliza para el diseño de varios tipos de concreto, concreto reforzado, etc. Como agregado fino, la arena que se utiliza debe constar de granos limpios, duros, sin recubrimientos y exentos de materia orgánica, materia vegetal, álcalis, y otras sustancias perjudiciales. La arena para hormigón debe ser de un tamaño que fluctúe entre fina y gruesa, con no menos del 95% que pase por un tamiz No.4; no menos de un 10 % quede retenido en un tamiz No. 50 y no más del 5% pase por un tamiz No. 100. El agregado grueso, puede consistir en piedra quebrada, grava u otro material duro e inerte de características semejantes. Las partículas deben estar limpias, ser duras, duraderas y exentas de materia vegetal u orgánica que varíe entre el retenido en un tamiz No. 4 para

concreto reforzado (hormigón armado) y para masas pequeñas de concreto sin reforzar el tamaño máximo debe ser el que pase con facilidad alrededor del refuerzo y llene todas las partes de los encofrados. Los diámetros máximos adecuados son de 1 pulgada o de 1 ½ pulgada.

El agua para concreto debe ser limpia y estar exenta de aceite, ácido, álcali, materia orgánica u otra sustancia perjudicial. El agua potable suele ser satisfactoria para usarla con el cemento; sin embargo, muchas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto. Por lo general, se pueden usar con seguridad el agua que contenga menos de 2000 ppm de sólidos disueltos totales.

Pero existen también aditivos que son sustancias diferentes a los ingredientes normales, que se agregan al concreto para alterar las propiedades normales, para mejorarlas con un fin particular. Los aditivos se utilizan con frecuencia para la inclusión de aire, aumentar la trabajabilidad, acelerar o retardar el fraguado.

Sin embargo, antes de usar un aditivo, se debe considerar su efecto sobre las propiedades que no sean las que se van a mejorar. Se debe tener cuidado al usar dos o más aditivos en el mismo concreto, como

un retardador junto con un agente para incluir aire, a fin de tener la certeza de que los materiales son compatibles entre sí al mezclarlos en el concreto.

Tabla 1 - Propiedades de los ingredientes del hormigón.

MATERIALES	PESO ESPECIFICO (Kg/m <sup>3</sup> )	ANGULO DE TRANSPORTACION
HORMIGÓN	2.4	
ARENA	1.44 - 1.68	20° - 22°
PIEDRA BRITADA	1.44 – 1.60	18° - 20°
CEMENTO PORTLAND	1.44 – 1.60	18° - 20°

Las plantas de hormigón se divide básicamente en dos secciones, la primera es la parte en que se dosifican los agregados, cemento y agua de acuerdo al tipo de diseño, y la segunda sección que la de despacho en donde se añade la correcta cantidad adicional de volumen de agua para ser enviado directamente al mixer que se encargará de mezclarlo y transportarlo hasta la obra a realizar. Cabe resaltar que según las Especificaciones Técnicas del Ministerio de Obras, con la norma 801-3.01. la cual nos refiere a los procedimientos y normas de mezcla y transporte del hormigón en nuestro país, en el que no es necesario tener una mezcladora en una planta central, ya que el mixer mientras se transporta lo mezcla.

El proceso de hormigón se basa en dos funciones. La primera función es la recepción, actuando en la primera sección que es la tolva



receptora de agregados y silo de cemento. La segunda función es el pesado de las materias primas, la cual determina las cantidades exactas de cada componente para cada tipo de hormigón.

Tabla 2 - Dosificación para varios tipos de diseño del hormigón.

<b>TIPO 180 Kg/m<sup>3</sup></b>				
	Por cada m <sup>3</sup> de hormigón		En 7 m <sup>3</sup> de hormigón	
MATERIALES AGREGADOS	CANTIDAD		CANTIDAD	
Cemento	275 Kg	5.50 sacos	1925 Kg	38.50 sacos
Agua	275 Lt	0.245 m <sup>3</sup>	1715 Lt	1.715 m <sup>3</sup>
Fino	845 Kg	0.500m <sup>3</sup>	5915 Kg	3.50 m <sup>3</sup>
Grueso	850 Kg	0.530m <sup>3</sup>	5950 Kg	3.71 m <sup>3</sup>
<b>TIPO 210 Kg/m<sup>3</sup></b>				
	Por cada m <sup>3</sup> de hormigón		En 7 m <sup>3</sup> de hormigón	
MATERIALES AGREGADOS	CANTIDAD		CANTIDAD	
Cemento	294 Kg	5.50 sacos	2058 Kg	41.16 sacos
Agua	246 Lt	0.246 m <sup>3</sup>	1722 Kg	1.720 m <sup>3</sup>
Fino	805 Kg	0.480m <sup>3</sup>	5635 Kg	3.36 m <sup>3</sup>
Grueso	875 Kg	0.550m <sup>3</sup>	6125 Kg	3.85 m <sup>3</sup>
<b>TIPO 280 Kg/m<sup>3</sup></b>				
	Por cada m <sup>3</sup> de hormigón		En 7 m <sup>3</sup> de hormigón	
MATERIALES AGREGADOS	CANTIDAD		CANTIDAD	
Cemento	347 Kg	6.94 sacos	2429 Kg	48.58 sacos
Agua	249 Lt	0.248 m <sup>3</sup>	1736 Lt	1.736 m <sup>3</sup>
Fino	720 Kg	0.430m <sup>3</sup>	5040 Kg	3.00 m <sup>3</sup>
Grueso	915 Kg	0.570m <sup>3</sup>	6405 Kg	3.99 m <sup>3</sup>
<b>TIPO 350 Kg/m<sup>3</sup></b>				
	Por cada m <sup>3</sup> de hormigón		En 7 m <sup>3</sup> de hormigón	
MATERIALES AGREGADOS	CANTIDAD		CANTIDAD	
Cemento	410 Kg	8.20 sacos	2870 Kg	57.40 sacos
Agua	250 Lt	0.250 m <sup>3</sup>	1750 Lt	1.75 m <sup>3</sup>
Fino	630 Kg	0.380m <sup>3</sup>	4410 Kg	2.63 m <sup>3</sup>
Grueso	950 Kg	0.600m <sup>3</sup>	6650 Kg	4.20 m <sup>3</sup>

Es importante que la planta dosificadora debe funcionar para cada dosificación por separado, cada carga se deberá colocar en la balanza en forma completa.

Además cabe mencionar que la dosificación es de acuerdo al peso de cada agregado y no al volumen. Por ello se utilizará una balanza para despachar cantidades correctas para cada diseño y se usará un sistema de compuertas de fácil manejo en cada recipiente de los elementos componentes para abrir y pesar, y cerrar al momento de obtener los respectivos pesos con un sistema de sensores más adecuado para la correcta dosificación.

La segunda sección, es la de despacho que incluye el transporte de cada agregado hacia la tolva de envío, y abastecer del correcto volumen de agua a la misma tolva para obtener la adecuada resistencia de diseño del hormigón.

Esta sección también involucra la secuencia y velocidad adecuada de cada agregado para tener un buen tipo de hormigón, aunque esto también dependerá de la habilidad del operador de la planta.

La duración del mezclado se establecerá en función del número de revoluciones a la velocidad de rotación señalada por el fabricante. El mezclado que se realice en el tambor del mixer no será inferior a 70 ni mayor que 100 revoluciones según especificaciones 803-3.04 del MOP. En el mixer deberá tener un contador adecuado que indique las revoluciones del tambor, el cual será accionado una vez que los ingredientes del hormigón se encuentren dentro del tambor y se comience el mezclado a la velocidad especificada.

Además el tiempo de mezclado deberá ser de 60 segundos como mínimo para mezcladoras que posean una capacidad menor de 0,75 metros cúbicos, y de al menos 90 segundos para mezcladoras con tengan una capacidad de 0,75 metros cúbicos o más; en ningún caso estás deberán sobrepasar los 5 minutos. El tiempo de mezclado se medirá desde el instante en que cada uno de los componentes, excepto el agua, se haya introducido al tambor.

Otro punto importante que es importante mencionar es que la dosificación de cada diseño se basa al tipo de resistencia, seleccionado principalmente al tipo de trabajo bajo el cual estará usado el hormigón.

Por tanto la especificación de la siguiente tabla tiene por objetivo conocer ciertos requisitos que debe cumplir el hormigón para la utilización en la construcción de piezas estructurales de este material, además de ciertos tipos de hormigón que la planta deberá elaborar para los diferentes trabajos que exigen los contratos.

Tabla 3 - Tipos y usos de hormigón.

Clase	TIPO DE HORMIGON	Resistencia f'c Kg/cm2	Uso recomendado
A	Estructural Especial y reesforzado	≥ 280	Puentes, tanques, reservorios, obras de gran envergadura
B	Especial f'c de 280 a 210	280 245 210	Losas, vigas, viguetas, columnas, muros, pavimentos rígidos, pilotes prefabricados, estribos, zapatas armadas
C	No estructural f'c de 180 a 140	175 140	Zapatas sin armar o con poco refuerzos, bordillos, contrapisos, revestimientos, replantillos
D	Ciclópeo f'c de 180 a 120	140	Muros, estribos y plintos no estructurales.

En la tabla anterior, podremos observar que la resistencia del hormigón es muy importante para el tipo y características de trabajo.

### **1.3 ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS.**

La planta dosificadora puede diseñarse y elaborarse de manera elemental y simple ó bien sofisticada, pero para el nuevo sector de la construcción lo importante es que cumpla con las necesidades de diseños para los usos básicos del hormigón, y que la elaboración de la planta tenga una capacidad en base a las necesidades del mercado y contratos. Además de considerar todas las especificaciones técnicas del MOP 801-2.02. para la planta y equipo de dosificación del hormigón.

Por ende se ha visto la necesidad de elaborar ciertos parámetros fundamentales que debe cumplir la planta transportable dosificadora de hormigón, los cuales se resumen en los siguientes:

a) La inversión sea recuperada en plazo relativamente pequeño, por ende dentro de un breve estudio de mercado previo y un análisis de costo posterior se puede tener una referencia que por cada viaje del mixer, se puede ahorrar desde un 30% a 40 % del precio del mercado.

b) Debe ser transportable para evitar la pérdida de productividad de la planta y un ahorro de consumo de combustible de los mixer durante

cada viaje a su destino. Esto implica que el diseño debe ser seguro de ser posible simple y de fácil transportación.

c) La capacidad de la planta involucra también disminuir el tiempo de la inversión además de cubrir la demanda de los trabajos, por ello se ha visto la necesidad de producir aproximadamente 60 m<sup>3</sup> por hora (un 40 % de la producción de las empresas vendedoras de hormigón), lo que nos dará una certeza suficiente para abastecer cualquier tipo de trabajo e incluso imprevisto y venta. Otro aspecto a considerar es el ahorro y calidad con los materiales agregados.

d) El funcionamiento debe ser sencillo para un fácil despacho y manejo, disminuyendo mano de obra a un operador principal y un ayudante.

Cumpliendo con los requisitos previos, teniendo un correcto sistema de dosificación, con un orden correcto de distribución para despacho, y buenos equipos, la planta podría producir un mejor hormigón con una muy buena calidad.

# **CAPITULO 2**

## **2. ALTERNATIVAS DE PRODUCCION DEL HORMIGÓN**

Para decidir la mejor alternativa de mejoras en el diseño de dosificación, se analizan varios parámetros en siguiente capítulo, los cuales abarcaran básicamente la capacidad de producción del concreto, dimensionamiento y el costo de la planta.

### **2.1 PLANTA CON SILO PARA CEMENTO.**

Las grandes empresas despachadoras de hormigón producen aproximadamente 400 m<sup>3</sup> por día de forma continua para abastecer el mercado local. Estas plantas constan básicamente de un silo ubicado en la parte superior para el cemento, tolvas y sistema de transportación para agregados, cisterna de agua, y sus respectivos sistemas de control, neumático y eléctrico.

Una alternativa en el diseño del sistema de dosificación para que la planta transportable, es que posea un tipo y diseño adecuado para una suficiente y necesaria producción y fácil transportación. Esta se

basará en un diseño similar a las grandes empresas, y la cual contará con dos secciones o sistemas principales:

1. El silo de cemento de aproximadamente 30 TON ubicado en la parte superior de la zona de despacho, con el fin de que el cemento se descargue por gravedad a una balanza y posteriormente en la misma dirección a los vehículos de transportación del hormigón.

La recepción del cemento se la puede realizar mediante cisternas o containeres que son móviles, llamados *Containeres – Lanzadera* que se vacían en los silos en el lugar de entrega y vuelven a la fábrica para un nuevo transporte.

2. Una tolva de tipo adecuado, que incluirá tolvas de almacenamiento con compartimientos separados para cada fracción de los agregados fino y grueso, las cuales enviarán en forma conjunta a estos dos materiales ya pesados por una balanza ubicada en la parte inferior de las tolvas a un transportador de banda, el que se encargará de guiar los agregados a la zona de despacho.

Las tolvas de pesaje serán construidas de tal manera que puedan descargar totalmente los materiales y no produzcan vibraciones en las balanzas.



Para ambas secciones, el silo de cemento, la balanza y tolvas de piedra y arena serán abiertas por un sistema de cilindros neumáticos los que serán manejados por el operador, quien llevará un control del peso de los componentes del hormigón.

Este control de peso es comandado por 4 celdas montadas en la balanza, la cual manda una señal eléctrica al tablero de control de mando, indicando la cantidad acumulada y restante de los agregados para que en el periodo correcto se abran y cierren las compuertas.

Las balanzas de agregados o de cemento pueden trabajar dentro de los errores máximos permisibles siguientes (Según las reglas del MOP 801-2.02):

- a) Para calibración: 0.5% de la carga neta.
- b) Para cemento: 1% de la carga neta en trabajo
- c) Para agregados: 2% de la carga neta en trabajo.

Además esta norma considera las balanzas serán de tipo aprobado por el fiscalizador de la obra y constituirán una parte integrante y específica de la planta dosificadora.

El transporte de la planta se realiza después de haber sido abatido el silo. Por lo que la planta poseerá un tren trasero, ubicado en la sección de las tolvas de agregados. Además la planta deberá estar dentro de las dimensiones permitidas para ser llevado por un cabezal sin tener ningún tipo de problema.

## **2.2 PLANTA CON TORNILLO SINFIN PARA CEMENTO.**

Las plantas tradicionales de hormigón poseen un silo adicional de cemento para transportar de una forma continua este agregado y así no tener problemas de abastecimiento. Dentro de las alternativas posiblemente convenientes están dos modelos.

### **2.2.1 CON ABRIDORA DE SACO.**

La abridora de sacos de cemento es una posible alternativa, puesto que presenta opciones como el abaratar costos y equipos en la planta.

La sección de recepción del cemento estará constituida por la abridora de sacos que son cuchillas en un recipiente o caja en el que se deposita el cemento para que luego sea trasladado a la sección de despacho.

Dentro de las ventajas es que se obviará la balanza para el cemento puesto que el peso de cada saco es conocido (50Kg) y por ende la dosificación del mismo se realizará por sacos. La sección de recepción, dosificación y despacho de los agregados será similar a las más comunes plantas, puesto que estas presentan mayor facilidad para pesar los materiales componentes en cantidades exactas.

Una de las desventajas más importante es el uso de mano de obra para despachar el cemento ya que los sacos deben ser ubicados en la abridora, lo que disminuirá la producción de la planta y aumentará el tiempo de despacho a cada mixer.

### **2.2.2 CON SILO INFERIOR PARA CEMENTO.**

Las plantas transportables generalmente utilizan un tornillo sinfín dentro del silo de cemento para transportarlo a la sección de despacho. Para ello la alternativa de solución es ubicar el silo en la parte inferior de la planta.

La sección de los agregados y su dosificación es similar a las otras plantas por las facilidades de recepción, dosificación y traslados de los agregados finos y grueso.

Dentro de la variedad que podría presentar este diseño es utilizar los *Containeres – Silo* que se quedan en el lugar de utilización y se vacían a medida que se emplea, pero que presentan un costo elevado por hora de servicio además de existir muy pocos en las empresas que venden el cemento.

### **2.3 DISEÑO DE FORMA DE LA ALTERNATIVA MÁS ÓPTIMA.**

Para seleccionar la mejor alternativa hemos considerado recomendaciones del MOP, la cual nos dice que para el mezclado en planta, si se utiliza cemento a granel, éste deberá ser pesado por separada y colocado dentro de una tolva en las cantidades estipuladas. Y los agregados finos y gruesos serán pesados y colocados en las cantidades fijadas dentro de las tolvas balanza correspondientes.

En caso del cemento en sacos, este deberá ser transportado sobre los agregados, y el número de sacos de cemento que corresponda a cada mezcla o carga de dosificación irá sobre los agregados de esa carga estipulada.

Además el mezclado en una planta de hormigón transportable central debe cumplir con los requisitos para mezclado en obra. Si se usa

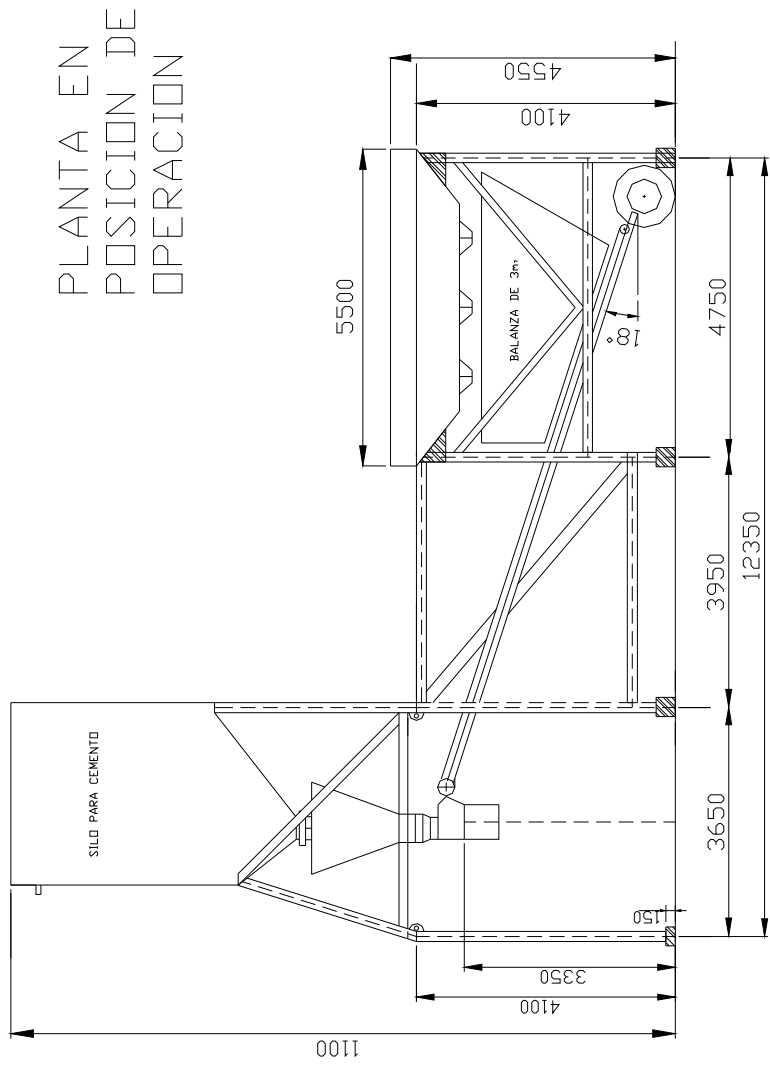


Figura 2.1 - Diseño de forma de la primera alternativa

PLANTA EN  
POSICION DE  
OPERACION

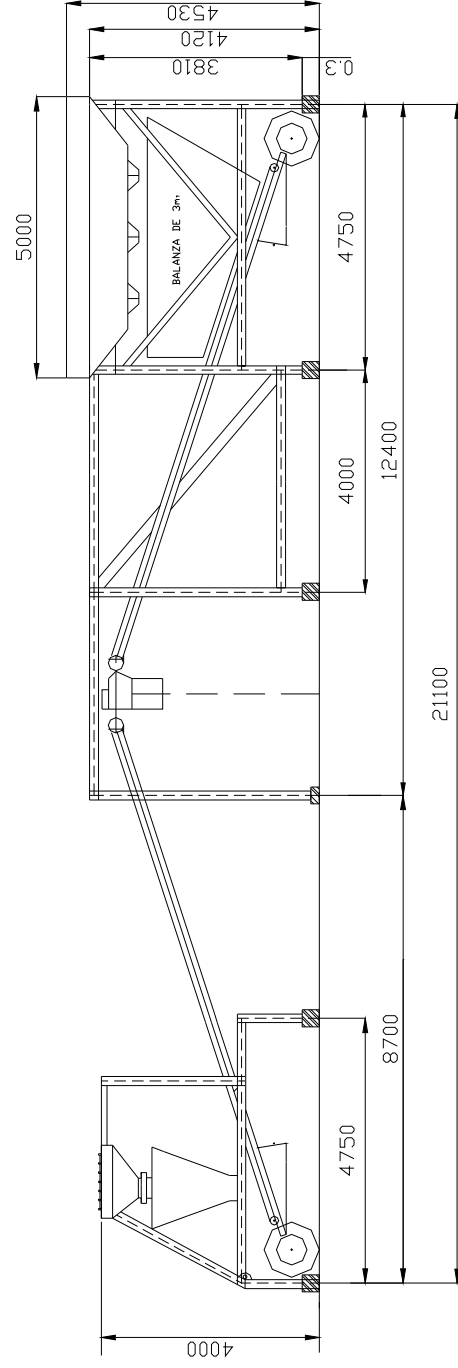


Figura 2.2 - Diseño de forma de la segunda alternativa A

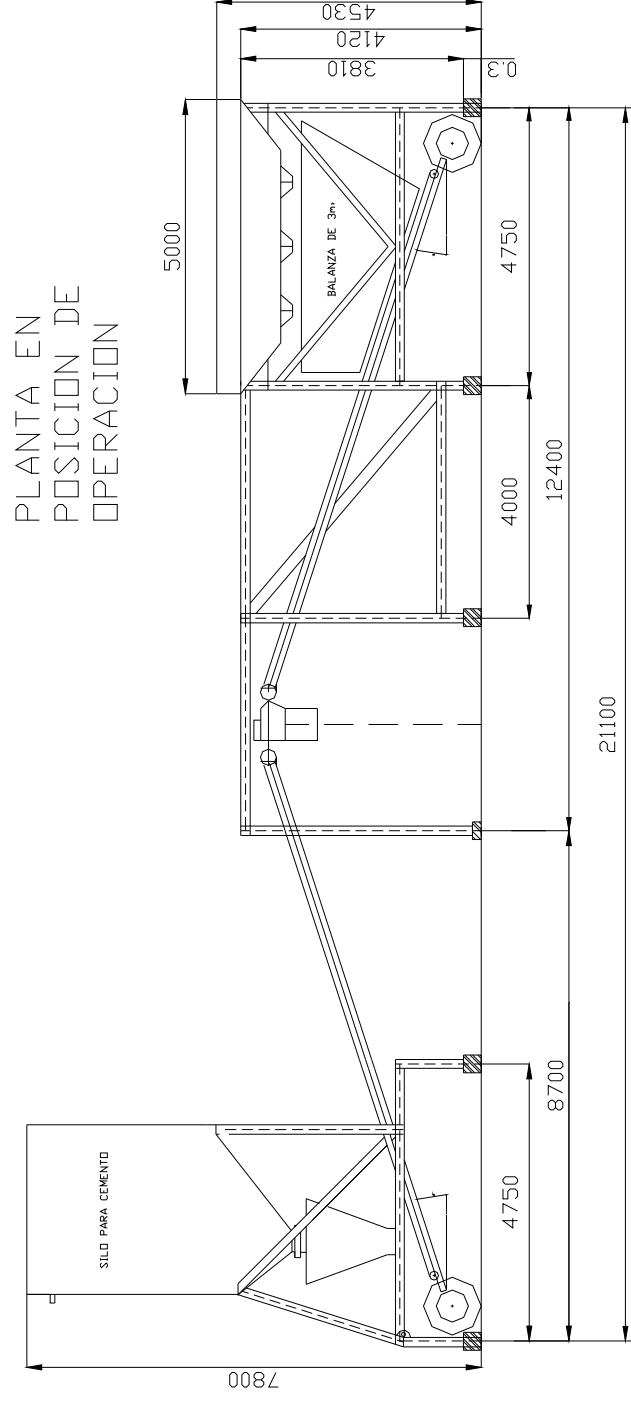


Figura 2.3 - Diseño de forma de la segunda alternativa B

para el transporte de hormigón una mezcladora de tambor giratorio, deberá ser tipo cerrado y hermético (mixer).

Para nuestros requerimientos y exigencias de producción en el sector de la construcción vial, y considerando la posibilidad de que la planta sea transportable aumentando así la productividad debido a que el tiempo de cada mixer al lugar de residencia de obra sería menor, básicamente debemos analizar 6 puntos, los cuales son analizados por la empresa contratista y el área de proyecto, quienes involucran directamente cantidad de producción, operación, transporte, costo y tiempo de ejecución de la planta.

Para seleccionar con un mejor criterio el diseño de la planta que más se adapte a las empresas constructoras de hormigón, nos guiaremos y ayudaremos con una matriz de decisión, donde se observará el puntaje obtenido de cada una de las alternativas sobre 100 puntos, considerando para 20 puntos para los cuatro primeros parámetros de selección siguientes puesto que ellos involucran que producción máxima podremos obtener con las dimensiones máximas o mínimas de la planta permitidas por el MOP y la ley de tránsito, y 10 puntos para los dos últimos parámetros ya que abarcan únicamente un gasto



de operación que debe ser mínimo y la distancia de transportación de cada uno de los componentes del hormigón:

a) Capacidad de Producción.

Las alternativas de la planta con silo y la de tornillo con silo inferior para un volumen de aproximadamente 30 TON de cemento presenta una producción que podría alcanzar alrededor de 60m<sup>3</sup>/hr en una máxima demanda o en horas picos de trabajo.

La planta con abridora de saco tendría una capacidad de producir cerca de 20 m<sup>3</sup>/hr de hormigón, debido a que el tiempo de despacho sería mayor sobretodo en el sector del cemento.

Lo que se requiere es que la planta alcance un rango de 30 a 40% de la producción de las grandes empresas despachadora, puesto que con esa cantidad se podría trabajar satisfactoriamente durante las horas de trabajo.

b) Dimensionamiento y traslado de la planta.

La dimensión de la planta dependerá de la capacidad de producción de la misma y de su forma de transportación y capacidad del vehículo que la transportará.

La capacidad dimensional de un cabezal y un camión cama baja para transportar una carga a velocidad baja es:

Altura: (2.40 – 2.60) metros

Ancho: 2.40 metros

Largo: (15 – 18) metros

En las tres alternativas se podría cumplir con las reglas de tránsito, pero es importante conocer que la segunda y tercera alternativa involucra dos viajes puestos que uno implicará transportar tolvas y balanza de agregados y otro viaje involucraría transportar el abridor de saco o el silo de cemento con el tornillo sin fin, lo que trae un costo adicional de transporte.

c) Costos Inicial.

El comprar el cemento en cisternas es relativamente por volúmenes más barato que comprar por sacos. Cabe mencionar el costo de traslado dentro de la zona rural de los *Containeres - Cisternas* vienen incluidos en la compra del cemento. El ahorro de comprar en containeres es alrededor de un 30% por cada saco de cemento.

Una ventaja de tener abridora de saco es evitar la compra de la balanza para el cemento puesto que la dosificación sería por el peso del saco, abriendo una cantidad necesaria.

d) Facilidad de operación de la planta.

El operario debe hacer que la planta cumpla con las normas de mezclado según el MOP, es decir, los materiales se colocarán en la mezcladora del mixer, de modo que una parte de agua de amasado se coloque antes que los materiales secos; a continuación, el proceso de entrada a la mezcladora será: parte de los agregados gruesos y arena, cemento, el resto del agua y finalmente el resto de los agregados gruesos y fino. El agua podrá seguir ingresando al tambor hasta el final del primer cuarto del tiempo establecido.

Los otros parámetros que se podrían analizar para una selección bajo características de adaptación serían:

e) Línea de transporte y distancia a recorrer de los agregados.

La línea de proceso de ingreso de los agregados debe ser directa a la mezcladora o mixer, de tal manera que al realizar las dos bachadas para el diseño del hormigón, el ingreso sea continuo y correcto.

f) Gasto de operación y mantenimiento.

La planta podrá ser operada por una persona en las peores condiciones, no teniendo problemas si cumple con el correcto proceso y dosificación. El mantenimiento será en base a las horas de trabajo de la planta.

Las calificaciones que se dan son basadas por los parámetros anteriores, los cuales son evaluados bajo la asistencia y recomendaciones de adaptación, construcción y financiamiento de la empresa y del director de la obra.

Tabla 4 - Selección de la mejor alternativa del sistema.

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>E</b>	<b>f</b>	<b>TOTAL</b>
1. Planta con silo superior para cemento	18	19	15	17	9	9	87
2. Planta con tornillo sin fin para cemento:							
2.1 Con abridora de saco para cemento	12	14	17	15	9	7	74
2.2 Con silo inferior para cemento	18	14	16	17	9	8	82

Después de un breve y simple análisis, se concluyo que la planta con un silo superior para cemento es la mejor solución para dosificar el hormigón y transportar la planta para el nivel de producción requerido.

# **CAPITULO 3**

## **3. CÁLCULO Y DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE DOSIFICACION.**

### **3.1 CONDICIONAMIENTO PARA EL CÁLCULO DE CADA SECCIÓN Y ELEMENTO DE DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN.**

El diseño de las dos secciones de dosificación parte de una estructura ya construida, lo cual disminuye el tiempo para su reconstrucción, pero restringe la dimensión, peso, distribución, etc. de ciertos componentes.

Las tres condiciones básicas que se tiene son:

- Estructura ya diseñada y construida: La armadura de la planta soporta un sistema obsoleto de tolvas y balanzas, los mismos que se encuentran sobredimensionados y con una mala distribución de sus componentes, disminuyendo la eficiencia de la planta.
- Tren de traslado: La planta posee el sistema de transporte de la toda la maquinaria adecuado.

- Dimensión de componentes de recepción: La planta tiene una balanza pequeña, tolvas sobre dimensionadas, y no tiene sistema de dosificación de cemento y agua.

Después de analizar cada condición y teniendo el diseño más adecuado técnicamente y eficientemente, se procede a:

- Calcular y adecuar los equipos y elementos correctos.
- Dimensionar correctamente el sistema de almacenamiento y despacho de los agregados.
- Distribuir correctamente cada sistema de dosificación, recepción y pesaje de los componentes.

### **3.2 SISTEMA DE RECEPCION Y DOSIFICACION DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESO PARA ELABORACION DEL HORMIGON.**

#### **3.2.1 DIMENSIONAMIENTO Y CAPACIDAD DE LAS TOLVAS DE AGREGADOS FINOS Y GRUESO.**

La capacidad de producción de hormigón de la planta será de aproximadamente de  $60 \text{ m}^3/\text{hr}$ , para esto se necesitará conocer la capacidad del transporte de cemento, agua y los agregados para poder realizar los cálculos y dimensionamiento de las partes constitutivas de la máquina.

Cabe mencionar que cada diseño de hormigón requiere cantidades diferentes de los materiales agregados, pero para determinar la dimensión de la tolva de agregados se debe conocer la máxima demanda de gastos de masa de piedra y arena de los diseño más comunes de hormigón. Además el despacho se realizará en dos bachadas por la limitación de la balanza de agregados que es de 3 m<sup>3</sup>.



Figura 3.1 – Capacidad de las tolvas de agregados.

Las dimensiones básicas de la tolva de los materiales agregados serán en base a la demanda, y a las dimensiones de referencia de las tolvas anteriores y a la dimensión y capacidad

de la armadura existente. La tolva receptora tendrá una capacidad de  $10 \text{ m}^3$  de agregados, con las siguientes medidas:

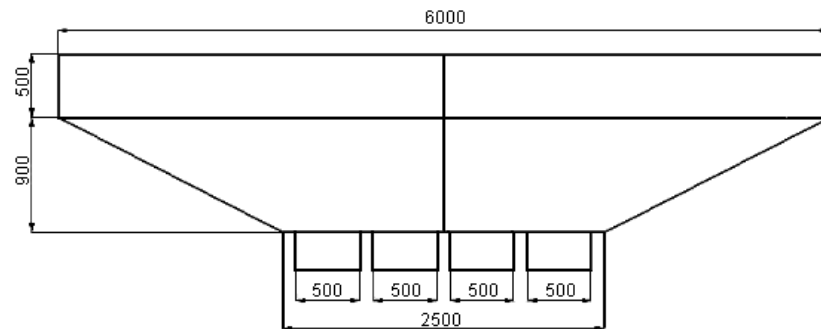


Figura 3.2 – Dimensionamiento de la tolva de agregados.

El material del cual será fabricado las tolvas y compuertas será de acero AISI-1018, y cuyo espesor de las tolvas y compuertas será de:

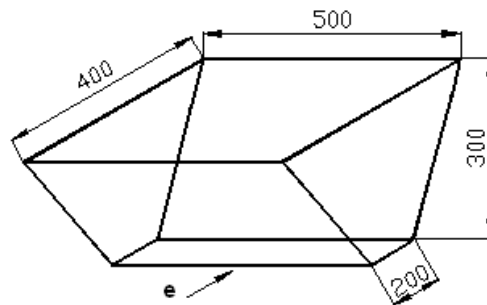


Figura 3.3 – Capacidad de las compuertas.

De acuerdo a la presión que se ejerce en el área de salida del material, y a la referencia 4 determinamos la fuerza

$$p = \frac{F}{A}$$



$$F = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{b \cdot a}$$

Donde:

La altura máxima de los trapecios H, donde la tolva básicamente soporta el mayor peso es:

$$H = 400 + 900 + 300 = 1600 \text{ mm.}$$

La sección de la compuerta tiene un área A.

$$A = 400 \cdot 500 = 200000 \text{ mm}^2.$$

Entonces:

$$F = \frac{(1680 \cdot 9.8 \cdot 1.6)}{(0.20)}$$

$$F = 132000 \text{ N}$$

Para evitar problemas en factores de corrosión y abrasión, así como ahorro en el templado con refuerzos que se tendrían que poner en con un espesor demasiado pequeño, entonces se asume un espesor de  $e = 6 \text{ mm}$  para las planchas de acero, y conociendo sus propiedades, obtenemos que:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Donde:

$$\text{El \u00e1rea} \quad A = (b + a) * e$$

$$A = (0.4+0.5)*0.006$$

$$A = 0.0054 \text{ m}^2$$

El esfuerzo  $S_y$  (AISI-1018) seg\u00fan la referencia 4 es de  $S_y = 220 \text{ MPa}$

Entonces:

$$\sigma = \frac{132000}{0.0054}$$

$$\sigma = 25 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad  $\eta$  de las tolvas ser\u00e1:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{220}{25}$$

$$\eta = 8.8$$

### **3.2.2 DISE\u00d1O DEL TRANSPORTADOR**

Dentro de los dise\u00f1os el tipo de hormig\u00f3n 180 se selecciona el agregado fino por tener la m\u00e1xima demanda del mercado, y del

hormigón 350 se selecciona el agregado grueso por la razón anterior. Los materiales usados en 7 m<sup>3</sup> de hormigón.

Agregado Fino: 845 Kg/m<sup>3</sup> \* 60 m<sup>3</sup> = 50,700 Kg. de arena

Agregado Grueso: 950 kg/ m<sup>3</sup> \* 60 m<sup>3</sup> = 57,000 Kg. de piedra

TOTAL MAXIMO DE CAPACIAD de agregados = 107,700 Kg.

### PARAMETROS PARA EL DISEÑO.

Es importante definir ciertos parámetros para diseñar y seleccionar el correcto transportador de estos agregados.

a) La longitud del transportador entre el tambor conductor y conducido es aproximadamente 9.30 m. de largo en la línea de transportación y un ángulo de 20<sup>0</sup> de inclinación, lo que permite alcanzar la altura indicada para cargar el mixer mezclador transportador.

La mayor inclinación del transportador del agregado fino y grueso que se recomienda según el apéndice 1 y el apéndice 2 de la referencia 5 es de 20<sup>0</sup>. Por tanto, la máxima altura será:

$\text{Tan } 20^\circ = h / L$  donde la longitud transportación  $L = 9,30\text{m}$

$$h = (9,30) \cdot \tan 20^\circ$$

$$h = 3,40 \text{ m}$$

Está altura le permite con facilidad el cargado del mixer, además de contar con la altura del carro transportador 0.60 m, lo que alcanza una altura total para el despacho de 4 m.

El ancho de la banda se determina por la capacidad de producción de la planta dosificadora. Por tanto, el ancho de la banda será fijada en 61 cm. de manera que el material no se riegue a media que se transporta y que cumpla con el capacidad requerida de producción.

b) La velocidad de transportación utilizada será de 2 m/s que se encuentra dentro del rango de la recomendada por la referencia 5 para estos tipos de materiales según la tabla 5, además de cumplir con el objetivo de satisfacer la producción y demanda.

Tabla 5 - Velocidades máximas de banda, pie/min, Para diversos materiales.

Ancho de la banda, pulg.	Materiales ligeros o que corren con facilidad, granos, arena seca, etc.	Materiales que corren con mediana facilidad, arena, grava, piedra fina, etc.	Carbón en trozos grandes, piedra gruesa, mineral triturado.
12 - 14	400	250	
16 - 18	500	300	250
20 - 24	600	400	350
30 - 36	750	500	400
42 - 60	850	550	450

c) El *ángulo de sobrecarga dinámico* de cada material es el ángulo que adopta al ser depositado sobre una correa transportadora, este ángulo es  $15^{\circ}$  menos que el ángulo de reposo. Para los agregados gruesos es  $19^{\circ}$  y un aproximado de  $20^{\circ}$  para los agregados finos, según la referencia 7 del apéndice 3.

De estos datos se podrían seleccionarse un ángulo de rodillos laterales de  $20^{\circ}$  ó  $35^{\circ}$ . Se selecciona un ángulo de  $20^{\circ}$  en laterales, pues se recomienda según el apéndice 4 de la referencia 7 para ángulos de sobrecarga de  $20^{\circ}$  o mayor, además ayuda a incrementar la capacidad de la banda.

### **3.2.2.1 CALCULO DE POTENCIA DE TRANSPORTACION.**

La capacidad transportación C de la banda según la tabla tomada de la referencia 7 del apéndice 5 del catalogo dispuesto y recomendado para condiciones con una banda de 0,61 m de ancho, rodillos con una inclinación de  $20^{\circ}$  y una velocidad de banda de 0.50 m/s es de  $C = 64 \text{ m}^3/\text{hr}$ .

Por tanto, aplicando una relación para la velocidad deseada de 2 m/s, la capacidad total es:

$$C = 64 \text{ m}^3/\text{hr} * \frac{2 \text{ m/s}}{0.50 \text{ m/s}} = 256 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$C = 256 \text{ m}^3/\text{hr} * 1680 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 430000 \text{ Kg/hr}$$

$$C = 430 \text{ TON/hr}$$

La potencia de transportación P para transportadores inclinado viene dada de la referencia 7 por:

$$a) \quad P_{\text{HORIZONTAL}} = \frac{f(1.07 L + 50)(0.03 QS)}{1000} * 0.75$$

$$b) \quad P_{\text{VERTICAL}} = \frac{C \cdot H}{1000} * 0.075$$

$$c) \quad P_{\text{CARGA}} = \frac{f(1.07 L + 50) C}{1000} * 0.75$$

Por tanto, la potencia para el transportador inclinado será:

$$P = \frac{f(1.07 L + 50) * (C + 0.03 QS) + C \cdot HT}{1000} * 0.75$$

donde:

$f$  = coeficiente de fricción (0.025 a 0.03)

$L$  = longitud del transportador en metros

$0,03Q$  = factor de pesos por elementos dado por fabricante (0,8)

$S$  = velocidad del transportador

$H_T$  = altura de transportación

Capacidad máxima = 430 TON/hr

El valor de  $f$  de 0.03, recomendado por el fabricante para uso general.

El transportador tendrá una longitud  $L$  de 9.30 m.

La altura de transportación será de 3.02 m.

Entonces, la potencia necesaria para mover la banda:

$$P = \frac{(0.03)(1.07 \cdot 30.5 + 50)(430 + 0.8 \cdot 400) + (430 \cdot 3.02)}{1000} \cdot 0.75$$

$$P = \frac{(0.03 \cdot 83 \cdot 750 + 1299)}{1000} \cdot 0.75$$

$$P = 4,6 \text{ KW.}$$

Ya están considerados en este resultado los correspondientes factores de seguridad debido a pérdidas en la transmisión. Entonces seleccionamos un motor de 5.25 KW.

#### CALCULO DE LA TENSION DE LA BANDA.

Una vez determinado la potencia del motor, se podría basándose en la referencia 4 calcular la fuerza tangencial o tensión que existe en la banda.

$$P = F_T * S$$

donde:

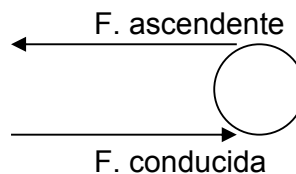
$F_T$  = tensión máxima permisible de la banda

$$F_T = \frac{P}{S}$$

$$F_T = \frac{5.25Kw}{2m/s}$$

$$F_T = 2625 \text{ N}$$

La fuerza tangencial es igual en función de la Fuerza ascendente y Fuerza conducida:





La fuerza conducida es obtenida de la referencia 7, que involucra el producto de la fuerza tangencial y el factor del ángulo de abrazamiento:

$$T_c = F_T * R$$

De la tabla del apéndice 6 se obtiene el factor  $R = 0.84$  para un ángulo de  $180^\circ$ .

Por tanto:

$$T_c = 2625 * 0,84 = 2205 \text{ N}$$

Entonces la fuerza ascendente es:

$$T_a = F_T + T_c$$

$$T_a = 2625 + 2205 = 4830 \text{ N}$$

### CALCULO DE MATERIAL Y NUMERO DE CAPAS DE LA BANDA

Para saber el material de la banda y cuantas capas debemos utilizar, debemos conocer la tensión máxima por unidad de ancho de la banda que se va a soportar:

$$T_b = \frac{4830 \text{ N}}{0.61 \text{ m}}$$

$$T_b = 7,92 \text{ KN/m}$$

Con este valor observo la tabla del apéndice 7, y selecciono una banda Plyon 100, con 2 capas y una capacidad de 21 KN/m de ancho y un peso de 3,6 kg/m<sup>2</sup>.

La banda tendrá un según la referencia 4 un factor de seguridad de:

$$\eta = \frac{2 * 21}{7.92}$$

$$\eta = 5,3$$

#### CALCULO DEL DIAMETRO Y VELOCIDAD DEL TAMBOR.

En una tabla del apéndice 7 de acuerdo al número de capas que tenga mi banda, en relación al porcentaje de la tensión máxima 7,92 KN/m correspondiente a la fuerza ascendente por unidad de longitud que tiene cada capa Plyon, seleccionó el diámetro recomendado para el tambor.

Debido a que sólo necesitamos 2 capas, entonces no tenemos limitación en poner el diámetro del tambor. Por

tanto, asumimos un valor de 0.41 m que es el valor mínimo para 3 capas de banda.

$$D = 0.41 \text{ m}$$

La revolución del tambor es según la referencia 5 de:

$$S = \pi D n / 60$$

$$n = 60 S / \pi D$$

$$n = 60 (2) / \pi (0,41) = 94 \text{ RPM}$$

### SELECCIÓN DEL MOTOR.

El motor debe poseer las siguientes características:

Potencia de entrada: 5.25 Kw.

Torque máximo:  $T = F_T * D/2 = 2625*(0.41/2) = 538 \text{ N}\cdot\text{m}$

Reductor de acople directo con velocidad de 94 RPM.

### CALCULO DEL SISTEMA DE TRANSMISION.

El tambor de envío tiene su movimiento por medio de una polea de 2 canales tipo B, la que debe cumplir con ciertas condiciones de transmisión:

Relación de velocidades: 1:1

Potencia del motor: 5.25 Kw

Velocidad: 94 RPM

Diámetro: 0.41 m

En base a las especificaciones del fabricante Dodge de la tabla del apéndice 8, se selecciono el reductor de acople directo al eje del tambor principal conductor, tipo TXT 215.

### 3.2.3 DISEÑO Y CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BALANZA PARA DOSIFICAR LOS MATERIALES AGREGADOS FINOS Y AGREGADO GRUESO.

La balanza será dimensionada para un volumen en la cual se pueda despachar en dos cargadas por cada viaje de mixer, tenemos que las dimensiones serán las siguientes para satisfacer los valores más críticos de agregados requeridos:

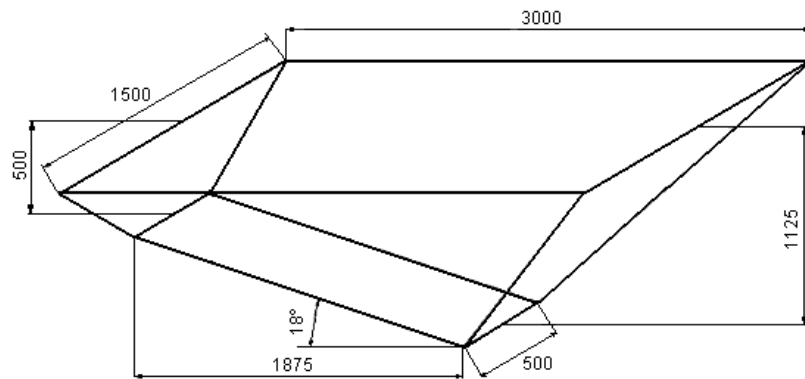


Figura 3.4 – Dimensionamiento de la balanza de agregados.

El máximo volumen aproximado que puede pesar la balanza de agregados suelto  $V_b$  es:

$$V_b = V_{bs} + V_{bi}$$

Por tanto:

El volumen de la parte superior hasta una altura de 0.5 es de:

$$V_{bs} = \frac{h}{6} * [(2A + a)B + (2a + A)b]$$

$$V_{bs} = \frac{0.5}{6} * [(2 * 3 + 2.5)1.5 + (2 * 2.5 + 3)1]$$

$$V_{bs} = 1.73m^3$$

El volumen de la parte inferior restante es de:

$$V_{bi} = \frac{0.61}{6} * [(2 * 2.5 + 1.9)1.5 + (2 * 1.9 + 2.5)0,5]$$

$$V_{bi} = 1.37m^3$$

Entonces:

$$V_b = 1.73 + 1.37 = 3.1 m^3.$$

Dentro de las condiciones de material de construcción de la balanza, tenemos que de acuerdo a la referencia 4 el material será AISI-1018, con un espesor de 6 mm al igual que la tolva de los agregados.

## DISEÑO DE LAS CELDAS DE CARGA

Para proceder a colocar las celdas de carga hay que calcular el centro de gravedad aproximado  $Y_o$  del obelisco, tomado desde la parte superior hacia abajo:

$$Y_o = \frac{h}{2} \cdot \frac{AB + Ab + aB + 3ab}{2AB + Ab + aB + 2ab}$$

Entonces,

$$Y_o = \frac{Y_{os} + Y_{oi}}{2}$$

Variando la altura de la balanza obtenemos:

Volumen del Obelisco superior:

$$Y_{os} = \frac{1.12}{2} \cdot \frac{3*1.5 + 3*0.5 + 1.87*1.5 + 3*1.87*0.5}{2*3*1.5 + 3*0.5 + 1.87*1.5 + 2*1.87*0.5}$$

$$Y_{os} = \frac{1.12}{2} \cdot \frac{11.61}{15.18}$$

$$Y_{os} = 0.43m$$

Volumen del Obelisco inferior.

$$Y_{oi} = \frac{0.5}{2} \cdot \frac{3*1.5 + 3*0.5 + 1.87*1.5 + 3*1.87*0.5}{2*3*1.5 + 3*0.5 + 1.87*1.5 + 2*1.87*0.5}$$

$$Y_{oi} = \frac{0.5}{2} \cdot \frac{11.61}{15.18}$$

$$Y_{oi} = 0.19m$$

Por tanto,

$$Y_o = 0.31\text{m}$$

La carga del material que soporta la balanza de agregados es:

$$m_b = \rho * V_b$$

$$m_b = 1680 * 3.1$$

$$m_b = 5210\text{Kg}$$

También debemos considerar el peso del material de la balanza, a pesar de no considerarse al momento de encerar, pero si para seleccionar el número y dimensión correcta de la balanza.



Figura 3.5 – Ubicación de las celdas de cargas.

La plancha del material será igual al de la tolva de agregados:

$$\rho = \frac{m_m}{V}$$

$$m_m = \rho \cdot (A_{Tb} \cdot e)$$

$$m_m = 7850 \cdot (9.60 \cdot 0.006)$$

$$m_m = 453Kg$$

Entonces, las celdas deberán tener la capacidad de pesar:

$$m_T = m_m + m_b$$

$$m_{Tb} = 5663Kg$$

Luego dividimos para el número de celdas de carga a colocar en la balanza, en nuestro caso, contaremos con 4 celdas. Por tanto del apéndice 9 y 10, con el fin de disminuir el porcentaje de error en la lectura del convertidor y/o indicador electrónico OHAUS, Modelo CD11, seleccionamos cuatro celdas marca CARDINAL de 5 Kip cada una, es decir un total de 9000 Kg.

Estas celdas son de acero inoxidable y están construidas interiormente con materiales piezoeléctricos, los mismos que mandan una señal en milivoltios a un traductor digital que lo convierte en Kilogramo. Además el equipo lo completan cuatro



soportes para la fijación de la balanza y una caja de unión de acero inoxidable.

### 3.2.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA NEUMÁTICO PARA LAS COMPUERTAS DE DESPACHO DE LOS MATERIALES AGREGADOS FINO Y GRUESO.

#### SELECCION DEL CILINDRO PARA LA COMPUERTAS DE LA TOLVA DE LOS AGREGADOS.

La tolva de los agregados será abierta por ocho compuertas, este número es con el fin de despachar de forma apropiada y en un tiempo prudente, de las cuales, cuatro serán para los agregados gruesos y cuatro para el agregado fino. Las compuertas serán accionadas en par, ya que estarán unidas por una barra con el fin de disminuir la cantidad de cilindros neumáticos.

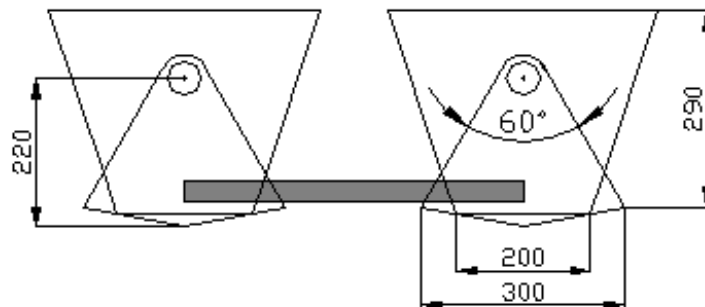


Figura 3.6 – Dimensionamiento y Acción de las compuertas.

La fuerza que se necesita para abrir las compuertas en base a la referencia 4 y 5 es de:

$$F = 2 \cdot p \cdot A$$

$$F = 2 \cdot (1680 \cdot 9.8 \cdot 1.7) \cdot (0.2 \cdot 0.5)$$

$$F = 5600 \text{ N}$$

La longitud de arco para abrir las compuertas es de:

$$\ell = \frac{\pi \cdot r \cdot 60}{180}$$

$$\ell = 231 \text{ mm}$$

En base a la tabla del apéndice 11, seleccionamos primeramente un cilindro con las siguientes características:

Diámetro del émbolo:  $\Phi = 125 \text{ mm.}$

Presión de funcionamiento:  $p_e = 8 \text{ bar}$

Fuerza del émbolo:  $F_e = 8840 \text{ N}$

La carrera del pistón que se necesita es:

Carrera  $C_e = 250 \text{ mm.}$

El volumen del cilindro es:

Volumen cilindro:  $V_C = \frac{\pi}{4} \cdot h \cdot D^2$

$$V_C = 0.0031 \text{ m}^3.$$

El volumen de aire es determinada mediante el gráfico del apéndice 12 de la referencia 6, en donde partiendo del diámetro del cilindro elegido, trazamos una línea horizontal hasta la intersección con la presión de funcionamiento; desde allí, leemos el consumo de aire que viene dado por la fórmula del gráfico  $q = V_C * p * 10^{+6}$ .

$$q = 3.5 \text{ lt/cm.}$$

El valor obtenido de esta manera debe multiplicarse por la carrera (en cm.), por tanto el consumo de aire para una carrera de avance es de aproximadamente:

$$Q_a = 3.5 * 25$$

$$Q_a = 87.5 \text{ lt.}$$

Y para obtener el consumo de aire para la carrera de retroceso, entonces restamos el volumen del vástago del volumen de la carrera.

#### Tabla de resultado del cilindro para la tolva.

Por tanto seleccionamos cilindros de doble efecto para las compuertas de la tolva, los cuales serán seleccionados del catálogo de Festo con las siguientes características:

Tabla 6 – Características del cilindro para la tolva.

MODELO FESTO: DNC-125-250-PPV-A-S10		
SIMBOLOGIA		DESCRIPCION
DNC	=	Tipo
125	=	Φ de émbolo en mm.
250	=	Carrera en mm.
PPV	=	Amortiguación regulable en ambos lados
A	=	Detección de posición sin contacto
S10	=	Baja velocidad

SELECCION DEL CILINDRO PARA LA COMPUERTAS DE LA BALANZA DE LOS AGREGADOS.

La balanza para los materiales agregados es una con capacidad máxima de 3.1 m<sup>3</sup> y será accionada por dos cilindros neumáticos, es decir será abierta y cerrada por una compuerta para despachar la piedra y arena al transportador de banda después de pesar los materiales.

La fuerza que necesitará para abrir la balanza asumiendo una presión máxima con una altura constante de acuerdo a la referencia 4 es de:

$$F_e = \frac{(\rho \cdot g \cdot h) \cdot A}{2}$$

$$F_e = \frac{(1680 * 9.8 * 1.12) \cdot (0.5 * 1.875)}{2}$$

$$F_e = 8650 \text{ N}$$

Para abrir la compuerta se necesita barrer una longitud de arco de aproximadamente:

$$\ell = \frac{\pi \cdot r \cdot 60}{180}$$

$$\ell = 231 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos, ingresamos a la tabla del apéndice 11, y seleccionamos un cilindro con las características siguientes:

Diámetro del émbolo:  $\Phi = 125 \text{ mm.}$

Presión de funcionamiento:  $P_e = 8 \text{ bar}$

Fuerza del émbolo:  $F_e = 8840 \text{ N}$

La carrera del pistón que se necesita es:

Carrera  $L = 250 \text{ mm.}$

El volumen del cilindro es:

Volumen del cilindro:  $V_C = \frac{\pi}{4} * h * D^2$

$$V_C = 0.0031 \text{ m}^3.$$

El volumen de aire es determinada mediante en el apéndice 12, en donde partiendo del diámetro del cilindro elegido y con la presión de funcionamiento, leemos el consumo de aire que viene dado por la fórmula anterior de la referencia 6:

$$q = 3.5 \text{ lt/cm.}$$

El valor obtenido lo multiplicamos por la carrera en cm., y así determinamos el consumo de aire para una carrera de avance de aproximadamente:

$$Q_a = 87.5 \text{ lt.}$$

Y el consumo de aire para la carrera de retroceso, lo conseguimos restando el volumen del vástago del volumen de la carrera. Tanto para los cilindros en la tolva y balanza de agregados, el consumo de aire en la carrera de retroceso es aproximadamente igual a la carrera de avance, por tanto el consumo de aire es tomado igual.

#### Tabla de resultado del cilindro para la balanza.

Por tanto seleccionamos cilindros de doble efecto para las compuertas de la tolva, marca Festo con las siguientes características:

Tabla 7 – Características del cilindro para la balanza agregados.

MODELO: DNC-125-250-PPV-A-S10		
SIMBOLOGIA		DESCRIPCION
DNC	=	Tipo
125	=	$\Phi$ de émbolo en mm
250	=	Carrera en mm
PPV	=	Amortiguación regulable en ambos lados
A	=	Detección de posición sin contacto
S10	=	Baja velocidad

#### 3.2.4.1 SELECCIÓN DEL COMPRESOR PARA COMPUERTAS DE LOS AGREGADOS.

Previo a calcular el consumo de aire suficiente y el compresor de aire necesario para la planta de hormigón para la producción y demanda requerida, es necesario primeramente adecuar en el sistema de aire a cada cilindro neumático con los accesorios neumáticos básicos para un correcto funcionamiento puesto que los accesorios existentes en cada sección dentro del sistema eran obsoletos y algunos ausentes.

### ACCESORIOS REQUERIDOS.

La calidad del aire comprimido es expresada en clases según la norma ISO 8573-1. En dicha norma reestablece el grado de impurezas máximo admisible en cada clase de calidad del aire.

Si es necesario disponer de aire comprimido de gran calidad, es preferible filtrarlo en varias fases. Si se utiliza únicamente un filtro, éste tiene una duración menor. El aire comprimido siempre debe tener el grado de pureza necesario para que no ocasione fallos o daños en los sistemas neumáticos. Cualquier filtro ofrece resistencia al caudal.

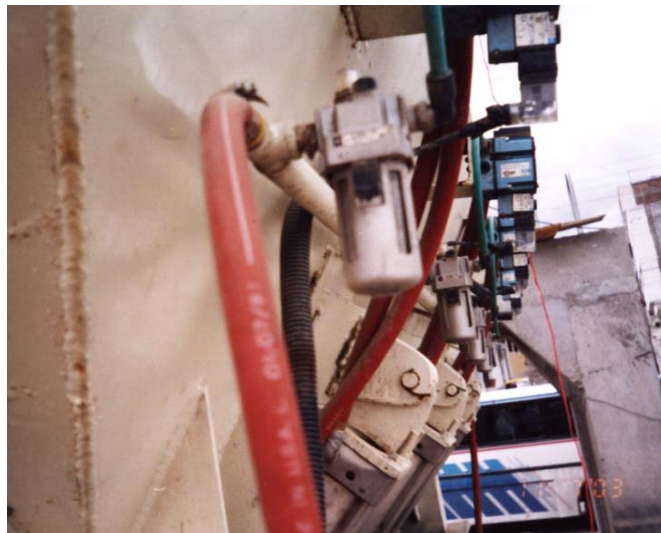


Figura 3.7 - Distribución de los accesorios neumáticos.



Por tanto, la selección de los accesorios a continuación son los necesarios para el sistema de aire en la línea de salida del compresor hasta los cilindros neumáticos:

a) Un filtro de aire comprimido, que retienen las partículas sólidas y húmedas: los filtros sinterizados son capaces de retener partículas de tamaños superiores a 40 ó 5  $\mu\text{m}$  dependiendo del cartucho del filtro. Los líquidos son desviados hacia la copa del filtro. La copa del filtro que contiene el condensado tiene que ser vaciada regularmente, ya que de lo contrario el flujo del aire comprimido lo volvería a arrastrar consigo.

Tabla 8 – Característica del filtro de aire.

FILTRO DE AIRE	
MARCA	SMC
MODELO	AF4000-04D
SERIE	HQ
Max. Presión	1.0 Mpa

b) Una válvula reguladora de la presión (lado primario) mantiene el aire de control a niveles casi

constantes, independiente de las oscilaciones de presión que sufra la red en el lado secundario, a raíz del consumo de aire. La presión de entrada siempre tiene que ser superior a la presión de funcionamiento.

Tabla 9 – Característica del regulador de presión.

REGULADOR DE PRESIÓN	
MARCA	SMC
MODELO	AR4000-04
SERIE	HQ
Set Press	0.05 - 0.85 Mpa

c) El lubricador del aire comprimido permite la lubricación de los elementos neumáticos en caso necesario. El aceite de lubricación contenido en un depósito es aspirado por la unidad de lubricación y al entrar en contacto con el aire se produce su nebulización. El proceso de aspiración de aceite lubricante empieza cuando el caudal de aire comprimido es suficientemente grande. La cantidad de cilindros son seis por tanto se necesitará la misma cantidad de lubricadores, puesto que cada cilindro necesitará ser lubricado.

Tabla 10 – Característica de los lubricadores.

LUBRICADOR	
MARCA	SMC
MODELO	AL3000-03
SERIE	GX
Max. Presión	1.0 Mpa

d) Las válvulas eléctricas o electroválvulas son utilizadas para tener un control a distancia del funcionamiento de los cilindros. La cantidad de electroválvulas que se utilizarán es una para cada cilindro correspondiente.

TABLA 11 – Característica de las electroválvulas.

ELECTROVÁLVULA	
MARCA	MAC
MODELO	6342D-371-PM-591
SERIE	JB
Max. Presión	1.0 Mpa

#### SELECCION DEL COMPRESOR.

La selección del compresor esta basado básicamente en la cantidad de aire suficiente para permitir accionar

la cantidad de cilindros; y al requerimiento de presión para su funcionamiento.



Figura 3.8 – Línea de aire para la tolva de agregados.

El consumo total de aire para un bache durará un período de 3.5 segundos para la producción solicitada de 60 m<sup>3</sup>/hr de hormigón. En donde el tiempo para accionar cada sección y fase de dosificación será tomado en base a referencias de plantas de hormigón comerciales y a tiempos estimados para abrir y cerrar las compuertas de todos los agregados para el hormigón en un lapso que ayude a cumplir nuestra capacidad de producción.

Tabla 12 – Consumo de aire comprimido.

Consumo de aire por bachada de hormigón.			
HERRAMIENTA DE SECCIÓN	MATERIAL	CANT.	CONSUMO DE AIRE [m³/min]
Cilindro para la tolva	Piedra	2	7
Cilindro para la tolva	Arena	2	7
Cilindro para la balanza	Agregados	2	4,2
Cilindro para la balanza	Cemento	1	0,37
Cilindro para el silo	Cemento	1	0,96
CONSUMO TOTAL DE AIRE			19,7

Entonces como la cantidad de bachada son 16 para producir los 60 m³/hr de hormigón, el consumo total de aire para la producción de hormigón requerida es igual a 316 m³/min., y la presión máxima para cada cilindro es de 8 bar., por tanto con los datos anteriores ingresamos al apéndice 13, y seleccionamos el compresor:

COMPRESS / Ingersoll-Rand T30,

Modelo 2545E10, 10 HP - 120 Galones - Capacidad

35.2 CFM - Máxima Presión 150 Psi.

### 3.3 SECCIÓN DE ALMACENAMIENTO PARA REALIZAR LA DOSIFICACIÓN DEL CEMENTO.

#### **3.3.1 DIMENSIONAMIENTO Y CAPACIDAD DEL SILO DE ALMACENAMIENTO PARA EL CEMENTO.**

El silo de cemento deberá tener una capacidad para producir 60 m<sup>3</sup>/h lo que sería suficiente para satisfacer una obra o la demanda del mercado. Las dimensiones del silo serán restringidas por las siguientes condiciones:

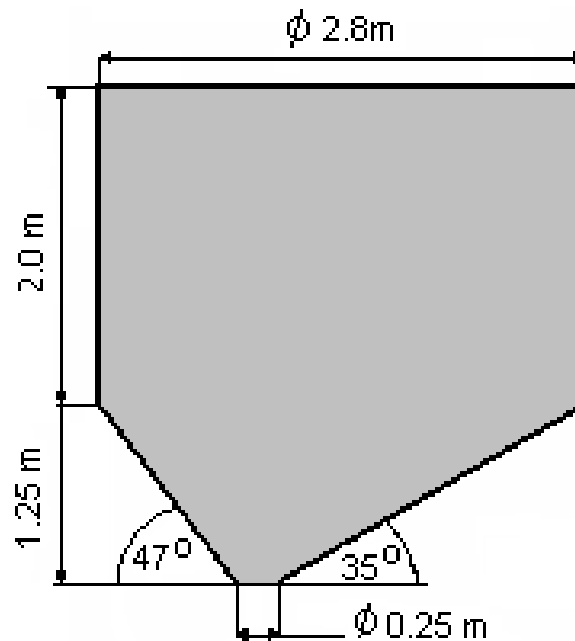


Figura 3.9 – Dimensionamiento del silo para cemento.

- a) Altura, largo y ancho debido a las normas de transporte en las carreteras nacionales.
- b) Capacidad de las cisternas de cemento que despachan, que son de 30 TON.

El máximo volumen de cemento que puede almacenar en el silo está dado por la suma del:

Volumen del cilindro:

$$V1 = \frac{\pi}{4} \cdot L \cdot D^2$$

$$V1 = \frac{\pi}{4} * 2.0 * (3.6)^2$$

$$V1 = 20.3m^3$$

Volumen del cono:

$$V2 = \frac{\pi}{12} \cdot h \cdot (D^2 + d^2 + D \cdot d)$$

$$V2 = \frac{\pi}{12} \cdot 1.25 \cdot (3.6^2 + 0.25^2 + 3.6 \cdot 0.25)$$

$$V2 = 5.5m^3$$

Entonces el volumen del silo total es:

$$Vs = 25.8 m^3$$

Por tanto:

$$m_s = 25.8 * 1600$$

$$m_s = 41000 \text{ Kg}$$

El silo será construido de material AISI 1018, con las dimensiones preestablecidas.

Partiendo de la ecuación general:

$$\frac{\sigma_{\theta}}{r_{\theta}} + \frac{\sigma_{\phi}}{r_{\phi}} = \frac{p}{e}$$

donde:

$$r_{\phi} = \infty$$

Por tanto:

$$r_{\theta} = r + \left[ \left( 1 - \frac{y}{h} \right) (R - r) \cdot \text{Sec } \alpha \right]$$

Con el ángulo más crítico del cono del silo  $\alpha = 35^{\circ}$ , obtenemos:

$$r_{\theta} = 0.125 + 3 = 3.125 \text{ m}$$



Asumiendo un espesor  $e = 6$  mm. Entonces, simplificamos la ecuación a:

$$\frac{\sigma_{\theta}}{r_{\theta}} = \frac{p}{e}$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{[(\rho \cdot g \cdot L + \rho \cdot g \cdot h) * r_{\theta}]}{e}$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{[(1600 \cdot 9.8) \cdot (2.0 + 1.25) * 3.125]}{0.006}$$

$$\sigma_{\theta} = 27 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad obtenido será:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{\theta}}$$

$$\eta = \frac{220}{27}$$

$$\eta = 8.1$$

### **DISEÑO DEL FILTRO DE MANGA.**

Las plantas de hormigón en el silo de cemento llevan una caja metálica llamada filtro de mangas los cuales cumplen la función básica de trabajar como válvulas de alivio.



Figura 3.10 - Dimensión del Filtro manga.

El filtro manga se acciona siempre durante todo el proceso de llenado del silo con el clinker de cemento (polvo) debido a que cuando las cisternas o transportadores de cemento soplan este material con la ayuda de un compresor interno a una presión; el silo recibe el cemento que debe ser almacenado en su interior, y el aire que debe ser liberado de la manera más limpia, es decir con la menor pérdida de cemento según las normas de medio ambiente. La acción del filtro manga es similar a una válvula de alivio, la cual dejará escapar el aire que se almacena en el silo para evitar problemas de que se sople.

El diseño del filtro se basa en la capacidad del silo, y consiste en tener mangas de tela de material jean o lona blanda en su interior, la cuales tienen el objetivo de no dejar pasar el cemento a la atmósfera sino de acumularlo y retornarlo al silo, su funcionamiento es por medio de un motor, él cual mediante un mecanismo de bandas, leva y barras, permite reducir la velocidad para zarandear las mangas, y así hacer retornar el cemento y liberar el aire mediante los poros de la tela.

Las características y dimensiones del filtro son:

- Material de la caja filtro: AISI 1018 (espesor 3 mm.)
- Altura de la caja filtro: 1.20 m.
- Área de la caja filtro: 0.80 x 0.80 m<sup>2</sup>.
- Motor eléctrico: 1000 rpm.

El mantenimiento de las mangas es fácil, ya que con una simple inspección liberando la tapa superior de la caja se puede cambiar las mangas. Este mantenimiento se realiza cada vez que se observa que al liberarse aire escapa con polvo también. El ahorro que se hace con este filtro manga es de 8 sacos de cemento aproximadamente en cada llenada del silo.

### 3.3.2 DISEÑO Y CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BALANZA PARA DOSIFICAR EL CEMENTO EN LA TOLVA.

La balanza tendrá las siguientes dimensiones establecidas, la cual se basan en el diseño del hormigón  $350\text{Kg}/\text{cm}^2$ , que es el que usa el mayor volumen de cemento en la mezcla.

La máxima capacidad de volumen que debe poseer la balanza para despachar un bache de  $3\text{ m}^3$  de hormigón será de 21 sacos de cemento, es decir, 1680 kg que ocupa un volumen igual a  $0.65\text{ m}^3$ .

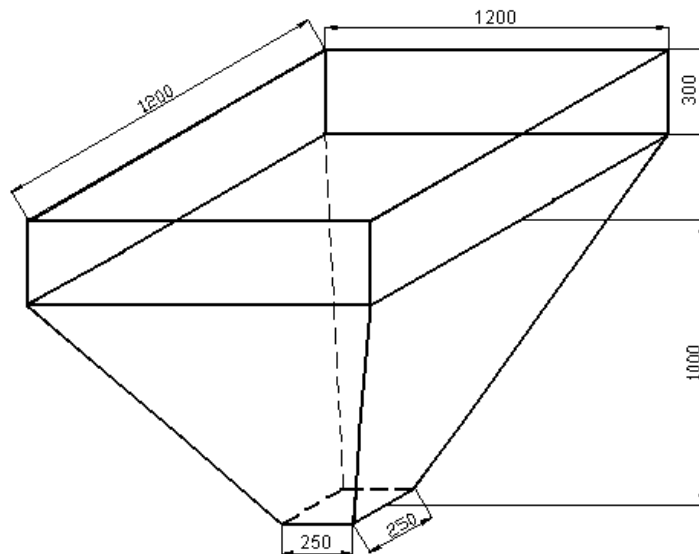


Figura 3.11 – Dimensionamiento de la balanza de cemento.

Por tanto, la balanza tiene un volumen de:

$$V_b = V_{b1} + V_{b2}$$

El volumen inferior del obelisco:

$$V_{b1} = \frac{1}{6} * [(2 * 1.2 + 0.25) * 1.2 + (2 * 0.25 + 1.2) * 0.25]$$

$$V_{b1} = 0.60m^3$$

El volumen superior:

$$V_{b2} = 1.2 * 1.2 * 0.3$$

$$V_{b2} = 0.43m^3$$

Entonces, el volumen de la balanza del cemento es:

$$V_b = 1.03 m^3.$$

Al igual que al resto de componentes, la balanza será construida con acero AISI 1018 con un espesor de 6 mm.

En la parte inferior de la balanza, se encuentra la compuerta, la que se cierra para recibir un volumen de cemento y que se abrirá para despachar la cantidad exacta una vez pesado.

### DISEÑO DE LAS CELDAS DE CARGA.

Las celdas de carga serán ubicadas en el centro en dos de las aristas de la balanza puesto que tiene un eje simétrico el obelisco.

La máxima carga que soporta la balanza es:

$$m_b = \rho * V_b$$

$$m_b = 1600 * 1.03$$

$$m_b = 1650Kg$$

De igual manera consideramos el peso del material de la balanza, para evitar cometer errores en el momento de encerrar el convertidor y para seleccionar el número adecuado y la capacidad correcta de las celdas para la balanza.

La plancha del material será igual al del silo de cemento:

$$\rho = \frac{m_m}{V}$$

$$m_m = \rho \cdot (A_{Tb} \cdot e)$$

$$m_m = 7850 \cdot (7.06 * 0.006)$$

$$m_m = 333Kg$$

Entonces, las celdas deben pesar una masa total de:

$$m_T = m_m + m_b$$

$$m_T = 1990Kg$$

Por tanto esta carga total dividimos para el número de celdas de carga a colocar en la balanza, en este caso, contaremos con 4 celdas. Entonces seleccionamos del apéndice 9 y 10, un convertidor electrónico OHAUS, Modelo CD11, y cuatro celdas de carga marca CARDINAL de 1 Kip cada una, lo que nos puede medir 4000 Kg; con esta capacidad el porcentaje de error en el pesaje y lectura será despreciable.

Estas celdas de igual manera poseen las mismas características, es decir son de acero inoxidable y construido en su interior de materiales piezoeléctricos, ya que estos tienen la capacidad de enviar la señal de entrada de milivoltios a un traductor digital que lo convierte en una señal de salida en Kilogramo.

### **3.3.3 CÁLCULOS PARA EL SISTEMA NEUMÁTICO PARA LAS COMPUERTAS DE DESPACHO DEL CEMENTO.**

El despacho total del cemento para cualquier tipo de hormigón se realizará en dos bachadas, es decir en la primera bachada se despachará la primera mitad de la cantidad de cemento del diseño del hormigón solicitado y en la segunda la restante. La operación de la compuerta o válvula lengua del silo y de la tolva de pesaje será de la siguiente manera, al empezar se abre la compuerta del silo, mientras la de la balanza está cerrada hasta que alcanza el peso requerido, una vez obtenido la cantidad solicitada la compuerta será abierta para despachar al mezclador. La selección de los cilindros son basadas de la referencia 6.

#### **SELECCION DEL CILINDRO PARA LA COMPUERTAS DEL SILO DE CEMENTO.**

El silo de cemento tiene una capacidad máxima de 25.8 m<sup>3</sup> y la cual despachará por medio de un cilindro neumático, el cual se encargará de abrir y cerrar la compuerta o válvula lengua para enviar por caída libre el clinker a la balanza.



La fuerza que necesitará para abrir la válvula que servirá como compuerta tendrá que vencer la máxima presión a la mayor altura, es decir:

$$F_e = p \cdot A$$

$$F_e = (\rho \cdot g \cdot h) \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot Dc^2\right)$$

$$F_e = (1600 \cdot 9.8 \cdot 3.25) \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot 0.25^2\right)$$

$$F_e = 2510 \text{ N}$$

Para abrir la compuerta se necesita barrer una longitud de arco igual a la mitad del perímetro del área de la válvula:

$$\ell = \frac{\pi \cdot Dc}{2}$$

$$\ell = 400 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos, ingresamos a la tabla del apéndice 11, y seleccionamos un cilindro con las características siguientes:

Diámetro del émbolo:  $\Phi = 80 \text{ mm.}$

Presión de funcionamiento:  $p_e = 8 \text{ bar}$

Fuerza del émbolo:  $F_e = 3620 \text{ N}$

La carrera del pistón que se necesita es:

Carrera

$C_e = 400 \text{ mm.}$

El volumen del cilindro es:

$$\text{Volumen del cilindro} \quad V_C = \frac{\pi}{4} * h * D^2$$

$$V_C = 0.0021 \text{ m}^3.$$

El volumen de aire es los determinamos a partir del apéndice 11, donde partiendo del diámetro del cilindro elegido y de la presión de funcionamiento, leemos en la gráfica que el consumo de aire en función del volumen del cilindro es:

$$q = 0.6 \text{ lt/cm.}$$

Multiplicando el valor anterior por la carrera obtenemos aproximadamente el consumo de aire para una carrera de avance igual a:

$$Q_a = 24 \text{ lt.}$$

El consumo de aire para la carrera de retroceso, es obtenido restando el volumen del vástago del volumen de la carrera de avance. Para nuestro caso lo mantenemos puesto que el diámetro del vástago es relativamente pequeño.

#### Tabla de resultado del cilindro para el silo.

Seleccionamos en base a nuestros datos el cilindro de doble efecto más adecuado para la válvula que es la trabaja como

compuerta del silo; el cilindro será de marca Festo con características:

Tabla 13 – Características del cilindro para el silo.

MODELO: DNC-80-400-PPV-A-S10		
SIMBOLOGIA		DESCRIPCION
DNC	=	Tipo
80	=	$\Phi$ de émbolo en mm
400	=	Carrera en mm
PPV	=	Amortiguación regulable en ambos lados
A	=	Detección de posición sin contacto
S10	=	Baja velocidad

SELECCION DEL CILINDRO PARA LA COMPUERTAS DE LA BALANZA DE CEMENTO.

La fuerza que se necesita para abrir la compuerta de la tolva es aproximadamente:

$$F_e = p \cdot A$$

$$F_e = (\rho \cdot g \cdot h) \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot d^2\right)$$

$$F_e = (1600 \cdot 9.8 \cdot 1.3) \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot 0.25^2\right)$$

$$F_e = 1001N$$

Entonces según la tabla del apéndice 10 obtenemos un cilindro con las siguientes características.

Diámetro del émbolo:  $\Phi = 80 \text{ mm.}$

Presión de funcionamiento:  $p_e = 8 \text{ bar}$

Fuerza del émbolo:  $F_e = 3620 \text{ N}$

La carrera del pistón que necesita es suficiente con la mitad del perímetro de la válvula lengua:

$$\text{Carrera} \quad C_e = \frac{\pi * D_c}{2}$$

$$C_e = 400 \text{ mm.}$$

El volumen del cilindro es:

$$\text{Volumen cilindro:} \quad V_C = \frac{\pi}{4} * h * D^2$$

$$V_C = 0.0021 \text{ m}^3.$$

El volumen de aire es determinada de la gráfica del apéndice 11, partiendo del diámetro del cilindro con la presión de funcionamiento; obtenemos allí el consumo de aire que esta en función del volumen del cilindro:

$$q = 0.37 \text{ lt/cm.}$$

Si multiplicamos por la carrera, entonces el consumo de aire para una carrera de avance es de:

$$Q_a = 15 \text{ lt.}$$

El consumo de aire para la carrera de retroceso es igual al volumen de la carrera menos el volumen del vástago, por tanto para nuestro caso lo aproximamos a la carrera de avance.

Tabla de resultado de cilindro para tolva.

Los cilindros seleccionados son de doble efecto para las compuertas de la balanza, de marca Festo con las características siguientes:

Tabla 14 – Características del cilindro para la tolva de cemento.

<b>MODELO: DNC-80-400-PPV-A-S10</b>		
<b>SIMBOLOGIA</b>		<b>DESCRIPCION</b>
DNC	=	Tipo
80	=	Φ de émbolo en mm
400	=	Carrera en mm
PPV	=	Amortiguación regulable en ambos lados
A	=	Detección de posición sin contacto
S10	=	Baja velocidad

### **3.4 SECCIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE AGUA**

Para seleccionar un buen sistema para la dosificación de agua debemos considerar ciertas recomendaciones técnicas del MOP para obtener una buena cantidad de agua y consistencia, la cual nos advierte que el agua será medida en volumen o al peso. En caso de que el agua se dosifica por volumen, se incluirá un tanque auxiliar, el cual debe poseer equipos que garanticen una rápida y exacta cantidad del agua entregada por el tanque auxiliar. El volumen del tanque auxiliar debe ser el suficiente para abastecer la demanda para tipo de diseño de hormigón.

Por tanto, en nuestro caso usaremos una bomba de agua con contador incluido.

#### **3.4.1 CÁLCULO DE COMPONENTES PARA DOSIFICAR EL AGUA.**

La mayor demanda de consumo de agua es para el diseño de hormigón de tipo 350 Kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, para el cual se necesitará una cantidad de 250 litros/m<sup>3</sup>, es decir, que para despachar un mixer de capacidad de 7 m<sup>3</sup>, necesitará un volumen de 1750 litros, el cual será entregado por cada ciclo de trabajo en el periodo de 7 minutos, en donde se realiza la producción solicitada.

Además para todo tipo de diseño, se necesitará un volumen de 500 litros adicional que van en un depósito del mixer para redosificar en obra.

Por tanto la máxima cantidad de agua requerida en el hormigón más exigente será de 2250 litros.

#### SELECCIÓN DE LA BOMBA.

El máximo caudal que tenemos para producir el tipo de hormigón de mayor resistencia es:

$$G = \frac{321lt}{\text{min}} \cdot \frac{1gal}{3,78lt} = 85gpm$$

Con este valor de caudal entramos a al apéndice 14 y obtenemos el diámetro y velocidad recomendado:

$$\text{Diámetro } D_t = 51 \text{ mm}$$

$$\text{Velocidad } V_a = 2.3 \text{ m/s}$$

A continuación, se desea conocer el cabezal total de la bomba, por lo que necesitamos con la siguiente ecuación de la referencia 6, obtenemos primero el número de Re:

$$Re = \frac{\rho_a \cdot V_a \cdot D_t}{\mu}$$

donde:

$\rho_a$  = densidad del agua.

$\mu$  = viscosidad del agua.

En el apéndice 15, obtenemos las propiedades del agua, asumiendo una temperatura ambiente de 25°C:

Densidad del agua: 997.1 Kg/m<sup>3</sup>.

Viscosidad: 0.894 x 10<sup>-3</sup> N·s/m<sup>4</sup>.

Entonces:

$$Re = \frac{997.1 \cdot 2.3 \cdot 0.051}{0.894 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 130814$$

Con este valor y la rugosidad ingresamos al apéndice 16, para obtener la fricción en la tubería.

Donde en el apéndice 17, observamos que con la rugosidad de tubería galvanizada y diámetro podemos conocer:

$$\varepsilon = 0,0005$$

$$D_t = 51 \text{ mm}$$



Por tanto,

$$\varepsilon / D_t = 0.003$$

Entonces la fricción es:

Con la siguiente tabla 4, podemos calcular y obtener el cabezal por fricción de la bomba.

Tabla 15 – Datos de para seleccionar la bomba.

TABLA DE DATOS		
PARAMETROS	SIMBOLOGIA	VALOR
Diámetro	$D_t$	0.051m
Velocidad	$V_a$	2.30 m/s
Longitud efectiva	$L_e$	9.5 m
Gravedad	$g$	9.8 m/s <sup>2</sup>
Factor de fricción	$f$	0.0271

El cabezal por fricción es:

$$h_f = \frac{f \cdot L_e \cdot V_a^2}{2 \cdot g \cdot D_t}$$

$$h_f = \frac{(0.0271 \cdot 9.5 \cdot 2.3^2)}{(2 \cdot 9.8 \cdot 0.051)}$$

$$h_f = 1.40m$$

Además, conocemos el cabezal estático que es igual a la altura a la cual se desea elevar:

$$h_e = 3.0m$$

Por ende, el cabezal total de la bomba será:

$$H_b = h_e + h_f$$

$$H_b = 3 + 1.40$$

$$H_b = 4.40m$$

Con los datos del cabezal total, caudal y el diámetro, ingresamos al apéndice 18 y seleccionamos la bomba.

Tabla 16 – Característica de la bomba de agua.

<b>BOMBA CENTRIFUGA - SERIE 1531</b>		
POTENCIA	P	3/4 HP
VELOCIDAD	RPM	1750 R.PM
EFICIENCIA	H	65%

### CONTADOR DE AGUA.

Una vez seleccionada el tipo de bomba y el diámetro de la tubería, procedemos a elegir el tipo de contador de galones.

Para este tipo de trabajo lo más usual es el medidor de volumen (Flow meters) de turbina, donde el principio de funcionamiento es sencillo, el cual consiste en un rotor de libre rotación en la

corriente de circulación y las aspas en ángulo lo hacen girar. La velocidad de rotación es proporcional a la velocidad del fluido y se detecta por medio de componentes electromagnéticos, donde la característica más importante de la señal es que es producida por los imanes que agitan a un red-switch el cual totaliza en un display el flujo que pasa.

Este tipo de contador es determinado por el diámetro de la tubería a usar y es recomendable observar la cantidad de galones por minuto para una mejor eficiencia. Con estos valores seleccionamos un contador de flujo:

- Contador (transmisor de pulso).

Modelo Badger PT-L

Diámetro: 51 mm.

# **CAPITULO 4**

## **4. ANALISIS DE COSTOS.**

En el presente capítulo se realizará una comparación en base a precios entre una planta elaborada en nuestro país con materiales y mano de obra existente en nuestro medio, y una máquina importada de USA, cuyas características para la misma producción son similares a la propuestas en este documento.

Además se presentará un análisis del costo de la inversión para mejorar el sistema de dosificación, costo de la instalación, por equipos, materiales, mano de obra y costos indirectos, para que al final de este capítulo realizar un análisis económico del ahorro que se obtendrá por implementar el nuevo sistema en la planta.

Y finalmente se determinará el tiempo que se recuperará esta inversión con solo el ahorro esperado de implementar el nuevo sistema de dosificación de la planta transportadora de hormigón.

## **COSTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA.**

El costo de la instalación del sistema de dosificación se desglosa en costos directos, es decir, costos de equipos a instalar, costo de los materiales a implementar, costo de la mano y costos adicionales como la asistencia técnica y gastos administrativos y/o operación de obra que ejecutará la planta y los costos indirectos como uso de herramientas, pruebas y reparaciones, variación de precios en el mercado y utilidad.

### **Costos directos e indirectos.**

#### **Costo directo**

Es un valor que representa lo invertido y absorbido en el 100%, lo que involucra el costo de: equipos, mano de obra, materiales, transporte y alquiler de equipos.

#### **Costo de los equipos, materiales, y mecanización.**

En el siguiente desarrollo se puede observar el costo de fabricación, en donde se equipa cada sección de dosificación cuyas características están definidas anteriormente, y de acuerdo a un cronograma planificado podemos desarrollar la mecanización e instalación de los equipos y elemento mecánicos, el número de horas hombre o días de trabajo, para luego adicionando el costo originado por la supervisión técnica y administrativa y/o operativa se determina el costo total por mano de obra.

Tabla 17 – Costo de equipos y materiales

ELEMENTO Y/O EQUIPO	DIMENSIONES, ESPECIFICACIONES Y/O CARACTERISTICAS	CANTID. Y PESO	MATERIAL	PRECIO UNITARIO \$	COSTO y DETALLE
Tolva de agregados	Área = 25 m2. Espesor = 6 mm	(17) 1178 Kg	Acero AISI 1018	76.90	Material, Mecanización \$ 1,810.30
Cilindros para la tolva agregados	Cilindro Neumático doble efecto Serie: DNC-125-250-PPV	4	Festo	296.20	\$ 1,184.80
Balanza de agregados	Área = 9.6 m2. Espesor = 6 mm	(7) 453 Kg	Acero AISI 1018	76.90	Material, Mecanización \$ 738.30
Balanza Electrónica de agregados	4 Celdas CARDINAL de 2250 Kg; Indicador electrónico OHAUS modelo CD11; Caja de unión de acero inoxidable; 4 soportes para fijar balanza	Kid completo	Indicador OHAUS / Celdas y caja unión CARDINAL		\$ 1,975.00
Cilindros para la balanza de agregados	FESTO NEUMATICA CILINDROS 2 EFECTO SERIE DNC Magnético, s/sopрте, D=125 mm, L=250mm	2	Festo	296.20	\$ 592.40
Silo para cemento	Diámetro ext = 2.8 m Altura = 3 m Espesor = 6 mm	(16.5) 777 Kg	Acero AISI 1018	76.90	Material, Mecanización, \$ 2,068.85
Cilindro para silo	Cilindro Neumático doble efecto Serie: DNC-100-400-PPV	1	Festo	259.99	\$ 240.24
Balanza de cemento	Obelisco: Altura = 1 m Base = 1.2 m	(2.5) 205 Kg	Acero AISI 1018	76.90	Material, Mecanización, \$ 392.25

Balanza Electrónica de cemento	4 Celdas CARDINAL de 455 Kg; Indicador electrónico OHAUS modelo CD11; Caja de unión de acero inoxidable; 4 soportes para fijar balanza	Kid	Indicador OHAUS / Celdas y caja unión CARDINAL		\$ 1,975.00
Cilindro para balanza de cemento	Cilindro Neumático doble efecto Serie: DNC-80-400-PPV	1	Festo	224.99	\$ 212.74
Compresor de aire	COMPRESS / Ingersoll-Rand T30, Model 2545E10, 10 HP - 120 Gal - Capac 35.2 CFM - Máxima Presión 150 Psi	1	Ingersoll Rand	849.89	\$ 822.89
Electro valvulas	SMC NEUMATICA ELECTROVALVULAS 3/8".3/2".115v/60hZ	6	SMC	75.08	\$ 430.48
Regulador de aire	SMC NEUMÁTICA REGULADOR DE AIRE SMC1/2", sin soporte, sin manómetro	1	SMC	27.34	\$ 25.97
Filtro de aire	SMC NEUMATICA FILTRO DE AIRE SMC1/2", automático	1	SMC	43.57	\$ 41.39
Lubricador	SMC NEUMATICA LUBRICADOR SMC 3/8"	4	SMC	26.60	\$ 153.60
Transportador de banda	Material Plyon 100, 2 capas, capacidad de 21 KN/m de ancho y peso de 3,6 kg/m2; Polea diámetro 0.41 m				Material, Mecanización, \$ 2,300.00
Rodillos para transportador	Tubo de 5 in de diámetro, Rodamientos SKF	5 m R 10			Material, Mecanización, \$ 350, 12
Motor Reductor para transp.	Motor DODGE tipo TXT 215 - 5 HP 230/460 FR:184T EFF:87 5	1	Dodge	321.44	Equipo \$ 307.87

Bomba de agua	Bomba centrífuga Serie 1531 3/4 HP - 1750 rpm	1			\$ 458.17
Contador de agua	Flujometro Modelo Badger PT-L Diámetro: 51 mm. / Indicador Electrónico Model 410	1	Badger		\$ 805.20
Tubería de agua	Tubo galvanizado de 2" de diámetro	14 m			Material, Mecanización, \$ 121.15
Otros accesorios y elementos mecánicos	Planchas, codos, rollo de soldadura, empaques, ángulos, planchas, tubos, vigas, accesorios neumáticos, etc.	varios			Material, instalación, \$ 1,440.00
Panel y accesorios electrónicos	Accionador de cilindros, celdas de la balanzas de agregados y cemento, contador de agua.	varios			Equipos, materiales, instalación \$ 2,500.00
	Reparación de motor ½ HP 1750 RPM	1		120.00	\$ 120.00
<b>TOTAL</b>					\$ 21,066.72

Tabla 18 – Costo de alquiler de equipos

CATEGORÍA	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Tiempo de Alquiler	Costo Total (\$)
Soldadora Eléctrica	1	1,50 USD/h	8h/día (8 días)	96.00
Grúa 10 Ton.	1	35 USD/h	8h/día (2 días)	560.00
Soplete para pintar	1	5 USD/h	8h/día (2 días)	80
Transporte	1		8h/día (1 día)	1000
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 1,736.00</b>



Tabla 19 - Costos adicionales

<b>ADICIONALES</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Asistencia Técnica	3,792.01
Gastos Administrativos	1,053.36
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 4,845.37</b>

Por lo tanto los costos directos de la obra son:

Tabla 20 - Costos directos

<b>C. DIRECTOS</b>	<b>COSTO (\$)</b>
Equipos	21,066.72
Alquiler de equipos	1,736.00
Adicionales	4,845.37
<b>COSTO FINAL</b>	<b>\$ 27,648.09</b>

**Costo indirecto:**

Es el valor que representa lo que no es absorbido en un 100% por la obra y que abarca lo siguiente:

- Utilidad, generalmente varía del 5% al 10% debido a los montos a contratarse.
- Pruebas y reparaciones, es el 1% del costo directo de la obra.
- Variación de precios en el mercado, representa un sobre valor del 2% de imprevistos para prevenir alguna variación de precios en el mercado.
- Usos de herramientas, es el valor por la depreciación de las herramientas a utilizar en la obra.

Tabla 21 - Costos Indirectos

C. INDIRECTO	COSTO (\$)
USO DE HERRAMIENTAS	24.00
VARIACIÓN DE PRECIOS (2%)	552.36
PRUEBAS Y REPARACIONES (1%)	210.66
UTILIDAD (6%)	1,264.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,051.02</b>

### Costo total

La suma de los costos directos e indirectos, es el costo total de la obra:

C. DIRECTO	27,648.09
C. INDIRECTO	2,051.02
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 29,699.11</b>

De la misma manera, a continuación se describe el costo de una planta transportable de hormigón con similares características, de procedencia americana por muy buena y económica. A continuación se menciona ciertos parámetros:

- Capacidad de producción 60 m<sup>3</sup>/hr.
- Tolva de agregados con 3 compartimientos
- Motor del transportador de 15 HP
- Ancho del transportador de banda de 0,72 m
- Compresor de aire de 7 HP
- Bomba de agua de ¾ HP - 0.05 m
- Panel electrónico Rex Model 103MD

El costo de la planta con las características anteriores similar es de:

PLANTA TRANSIT MIX BATCH MOBIL 10•30RM	
COSTO DE PLANTA	121,805.00
TRANSPORTE O FLETE	\$ 13,320.60
IMPUESTO DE LEY 5% Ad Valorem 12% IVA 0,01% Verificadora 1% seguro de Transporte 1% Desaduanización Total = 16.01%	\$ 17,052,70
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$ 152,178.30</b>

Como se puede apreciar el costo de la planta exportada es mucho mayor, lo que representa un quinto del valor de la planta mejorada en el país. Esto puede deberse a que la mayoría de las partes del transportador, como motores, bandas, cilindros, materiales, etc. entre otros, fueron cotizadas en diferentes casas comerciales de la ciudad, lo que garantiza la compra del elemento o equipo mecánico.

Otros elementos como tambores de envío y reenvío, estructura, rodillos, etc. fueron construidas y mecanizadas, utilizando mano de obra de la empresa y prestada, adaptando diferentes tecnologías de nuestro país en la planta construida.

### **Análisis económico**

De acuerdo a los precios que se dan en el mercado por las grandes empresas productoras de hormigón, se analizará un breve análisis de recuperación de la inversión de la planta de hormigón construida en nuestro país, para ello se analizará básicamente el costo de compra de los agregados del concreto.

#### **PRECIO DEL MERCADO.**

El tipo de hormigón 210 Kg/cm<sup>2</sup> que es el más utilizado en el sector de la construcción tiene el siguiente costo por metro cúbico:

- Hormigón 210 Kg/cm<sup>2</sup> : \$ 82.50 (incluye transporte dentro del sector urbano)

En caso de que el material sea trasladado fuera de la zona regional, tendrá un aumento en base a la distancia requerida.

#### **PRECIO DE PRODUCCIÓN.**

El precio por metro cúbico de los agregados son tomados en base a los precios de venta de las plantas productoras de hormigón y/o de las canteras.

Tabla 22 – Precios referenciales del mercado

PRECIOS DE PRODUCCION por 1 m <sup>3</sup>	UNIDAD	CANT.	COSTO UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Cemento Rocafuerte Tipo I	m <sup>3</sup>	6	5.08	30.48
Piedra # ¾	m <sup>3</sup>	0.55	8.09	4.45
Arena corriente (fina lavada hormigón)	m <sup>3</sup>	0.48	8.63	4.14
Agua Potable para demanda > 500m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	0.25	1.97	0.50
Transporte dentro de la zona urbana	m <sup>3</sup>	5	2.62	13.10
Cargada general de agregados a planta	m <sup>3</sup>	10	0.25	2.50
TOTAL				\$ 55.17

### **Ahorro Mensual.**

Asumiendo que el la obra este dentro de la zona rural y que la planta trabaje 3 horas diarias por 10 días al mes, y teniendo una capacidad de producción de 35 m<sup>3</sup>/hr para la máxima demanda puesto que la planta cuenta con 5 mixer de 7 m<sup>3</sup>, entonces el costo es de:

Costo de Producción Mensual:

a) Gasto de hormigón.

- G.P. = 55.17 USD/m<sup>3</sup> \* 35 m<sup>3</sup>/hr \* 3 hr/día \* 10 día

G.P. = \$ 57,928.50

b) Gasto de Operación y Mantenimiento:

- Costo de Operador Mensual y 1 ayudante = \$ 620

- Costo de Mantenimiento Mensual = \$ 10

c) Gasto de Consumo de Energía Eléctrica

- Costo de Consumo de Energía Eléctrica en el sector industrial es de 0,081 USD / Kw/hr, por ende:

$$\text{CCE.} = 213.59 \text{ Kw/hr} * 4 \text{ hr/día} * 5 \text{ día/semana} * 4 \text{ semana} * \text{USD}$$

$$\text{CCE.} = 17,087.37 \text{ Kw} * 0.081 \text{ USD/ Kw} = \$ 1,384.07$$

d) Otros Gastos = \$ 300

Entonces el Costo de producción mensual es de:

$$\text{C.P.M.} = \$ 57,928.50 + \$ 630 + \$ 1,384.07 + \$ 300$$

$$\text{C.P.M.} = \$ 60,242.57$$

El ahorro mensual será:

$$\text{P. Comercial} = \$ 82.50 \text{ m}^3 * (35 \text{ m}^3/\text{hr} * 3 \text{ hr/día} * 10\text{día})$$

$$\text{P. Comercial} = \$ 86,625.00$$

$$\text{Ahorro} = \$ 86,625.00 - \$ 60,242.57$$

$$\text{Ahorro} = \$ 26,382.43$$

Este valor de ahorro de la planta es en base a la demanda de hormigón promedio de la obra durante el mes, ya que la ejecución y desarrollo de la

planta no es continúa sino por intervalos; el análisis a continuación es considerado en según esta demanda promedio.

### **Recuperación de la inversión**

Para el promedio por concepto de producción del hormigón dentro del consumo interno de trabajo, lo que involucra directamente el concepto de ahorro de materiales agregados, se produce \$ 26,382.43 en ahorro mensual.

Si consideramos solo el ahorro mensual que generara la nueva planta con el nuevo sistema de dosificación, para el costo total de compra del hormigón armado, entonces la inversión se recuperará en 6 semanas. Además si observamos lo que involucra comprar e importar una nueva planta, la inversión se recupera en 24 semanas.

# **CAPITULO 5**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

1. En la planta de hormigón se realizaron adaptaciones en algunos elementos y mecanismo muy similares con facilidad para reemplazar diseños costosos originales, pero cumpliendo sobretodo en las secciones de pesaje con las normas técnicas de ingeniería con el fin de abaratar el costo de elaboración.

Con respecto al orden técnico:

2. Se recomienda que las secciones en las tolvas de almacenamiento y alimentación de los agregados tenga las dimensiones adecuadas para ser cargado con una retroexcavadora mediana, lo que garantiza llenar la tolva de forma rápida y eficiente, satisfaciendo a la vez la demanda máxima de producción y disminuyendo los tiempo muertos.
3. Es recomendable que en el sistema de pesado de los agregados se invierta en el sistema electrónico, puesto que ofrece mayores ventajas



por el uso de celdas y al exacto accionamiento de los cilindros, lo que permite tener una buena dosificación y acelerar el tiempo de pesaje.

4. La operación de la planta tendrá menos uso de mano de obra, porque dentro de las normas técnicas de nuestro medio se exigen menos controles, lo que permite que un sólo operador pueda manejarla.
5. Se recomienda que la dirección técnica sea con un ingeniero, ya que se presenta toma de decisiones mientras se diseña y construye la planta, además esto garantiza el utilizar factores de seguridad correctos, lo que induce a no correr riesgo de falla en alguna sección, elemento o mecanismo, y así no encarecer el precio final de la planta.

Con respecto al orden económico:

6. Como se posee la estructura y otros componentes de la planta, se pudo minimizar el precio final, y así, adquirir y equipar la sección de dosificación con elementos y materiales de muy buena calidad.
7. La inversión en la readecuación de la planta es recomendable porque los contratos de las obras son por un largo tiempo y estos necesitan concreto para su ejecución final, evitando el comprar y financiar por

adelantado el hormigón en cualquier otra empresa y además de evitar en muchos casos excusas y restricción en la fecha de entrega.

## **APÈNDICES**

## APÉNDICE 1

### MÁXIMO ANGULOS DE TRASLADOS RECOMENDADOS PARA AGREGADOS DEL HORMIGÓN

Maximum Slope Angle in Degrees for Various Materials	
Material	Max. Angle in Degrees
Ashes, dry, loose.....	25
Ashes, wet, loose.....	30
Bauxite, crushed.....	20
Beans, castor.....	8
Cement Clinker.....	20
Cement, Portland, aerated.....	20
Clay, dry lump.....	16
Coal, Anthracite R.O.M.....	16 <sup>▲</sup>
Coal, Bituminous R.O.M.....	18 <sup>▲</sup>
Coke, breeze.....	20
Coke, lump, average.....	18
Concrete Mix.....	15
Copper Ore.....	20
Earth, common loam, dry.....	20
Earth, common loam, moist.....	22
Feldspar, ground.....	17
Glass Batch.....	21
Grains.....	15
Gravel, mixed sizes.....	19
Gypsum, lumps.....	16
Gypsum, ground.....	22
Iron Ore, loose.....	20
Lead Ore, galena, solid.....	20
Lime, hydrated—200 Mesh.....	22
Limestone, ground, coarse.....	19
Limestone, ground, fine.....	22
Manganese Ore.....	20
Phosphate Super.....	27
Salt, coarse.....	20
Salt, fine.....	20
Sand, Foundry.....	22
Sand, dry, loose.....	15
Sand, wet, loose.....	20
Sand and Gravel, dry.....	20
Sand and Gravel, wet.....	12
Slag, Furnace, granulated.....	16
Stone, crushed.....	19
Sulphur, powdered.....	22
Wood Chips.....	26
Zinc Ore, crushed.....	22

▲When handling large lumps at a speed of over 400 F.P.M., do not use a slope of over 15°.

**JEFFREY**

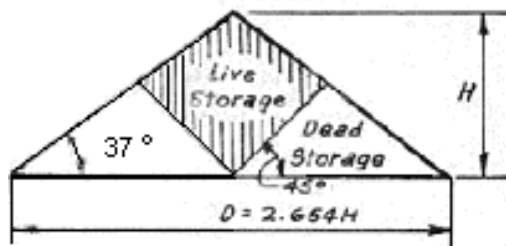
## APÉNDICE 2

### INCLINACIÓN MÁXIMA DE TRASLADO PARA ALGUNOS MATERIALES

Pendientes máximas de la banda para diversos materiales, grados	
Arena Húmeda	20 – 22
Arena Seca	16 -18
Cárbón : antracita, clasificada; tal como sale en bocamina, de 50 mallas o menos, o tal como sale en bocamina y clasificada	16
Carbón: bituminoso, como sale en bocamina	18
Carbón: bituminos sin lavar o lignito	22
Granos de destilería, usados, secos	15
Grava de bancos	20
Grava lavada	12
Gravada seca, afilada	15 -17
madera en virutas	27
Tierra mojada, contiene arcilla	23
Tierra, según fue excavada, seca	20
Clinker de cemento	18 - 22
Piedra de $\frac{3}{4}$	18 - 20
Piedra gruesa sin clasificar	19

### APÉNDICE 3

#### ANGULOS DE REPOSO DE MATERIALES AGREGADOS SOBRE LA BANDA



Based on 100 lbs. per cu. ft. material

Angle of Repose —  $37^\circ$

$$\text{Total Volume (Cu. Yds.)} = .0683 H^3$$

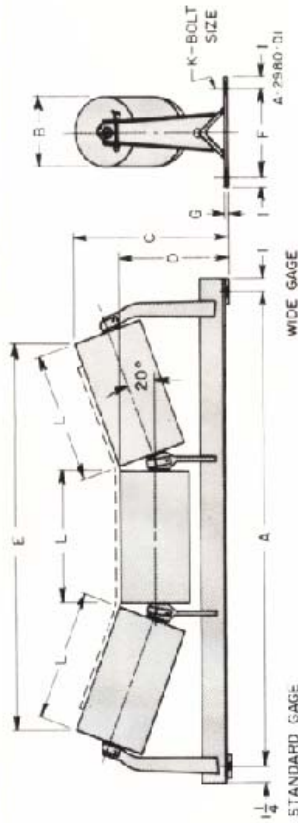
$$\text{Total Volume (Tons)} = .0922 H^3$$

H (Feet)	D (Feet)	Total (Cu. Yds.)	Total (Tons)	Live (cu. Yds.)	Live (Tons)
10	26'-6"	68	92	13	18
15	39'-10"	230	310	42	57
20	53'-0"	550	743	102	138
25	66'-4"	1.070	1.444	198	267
30	79'-6"	1.840	2.484	340	459
35	92'-10"	2.920	3.942	539	728
40	106'-2"	4.360	5.880	805	1.087
45	109'-6"	6.200	8.370	1.145	1.546
50	132'-8"	8.500	11.475	1.507	2.120
55	146'-0"	11.400	15.390	2.106	2.843
60	159'-0"	14.700	19.845	2.715	3.665
65	172'-6"	18.750	25.313	3.463	4.675
70	185'-8"	23.400	31.590	4.322	5.835
75	199'-0"	28.800	38.880	5.319	7.180
80	212'-4"	34.900	47.115	6.446	8.702

# APÉNDICE 4

## ANGULOS Y DIMENSION DE LOS RODILLOS

### permaeal MD belt idlers 20° TROUGHING IDLERS — TYPES MD35200 AND MD36200



Belt Width Inches	Standard Base		Wide Base		Type MD35200					Type MD36200					Dimensions in Inches					
	★ Catalog Number	Wt. in Lbs.	A	Wt. in Lbs.	A	B	C	D	E	★ Catalog Number	Wt. in Lbs.	A	B	C	D	E	F	G	K	L
14	321674	37	23	.....	5	10 1/4	8	17 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	5 3/8
16	321677	39	25	.....	5	10 1/2	8	19 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	6 1/8
18	321680	42	27	.....	5	10 1/2	8	21	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	7
20	321683	44	29	.....	5	10 3/4	8	23 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	7 3/8
24	321686	48	33	.....	5	11 1/4	8	27 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	9 1/8
30	321689	58	39	.....	5	12 1/2	9	33 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	11 1/8
36	321692	65	45	.....	5	13 1/2	9	39	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	13 1/4
42	321695	82	51	.....	5	14 1/2	9 1/2	45 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	15 1/2
48	321698	90	57	.....	5	15 1/4	9 1/2	51 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	17 1/2
54	765934	106	63	.....	5	16 1/2	10	57	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	19 1/2
60	765937	124	69	.....	5	17 1/2	10	63 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	21 1/2
				.....	5	17 1/2	10	63 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	21 1/2
				.....	5	17 1/2	10	63 1/2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6	5 1/2	1 1/2	21 1/2

★Catalog Numbers are for Idlers with Hydraulic Fittings.  
Can be furnished with Pipe Plug or Button Head Grease Fittings.

## APÉNDICE 5

### CAPACIDAD DE TRANSPORTACIÓN “C”

Belt Width Inches	20° Idlers		35° Idlers		45° Idlers		● Maximum Lump Size—in Inches				■ Advisable Belt Speeds in FPM			
	Cross-Section of Load (Sq. Ft.)	Cu. Ft. per Hour @ 100 FPM	Cross-Section of Load (Sq. Ft.)	Cu. Ft. per Hour @ 100 FPM	Cross-Section of Load (Sq. Ft.)	Cu. Ft. per Hour @ 100 FPM	If uniform in size and 100% of whole (sized material)	Unsize (mixed fines) not over 10% of whole	For fine light non-abrasive material	For moderate size average material max. 100 lb. cu. ft.	For moderate size heavy abrasive material	For coarse harsh abrasive material		
14	.108	650	.130	980	.....	.....	2	3	400	350	300	300		
16	.147	895	.179	1080	.....	.....	3	4	400	350	300	300		
18	.194	1170	.236	1420	.....	.....	4	6	500	400	350	300		
20	.247	1480	.300	1800	.....	.....	5	7	500	400	350	350		
24	.371	2230	.450	2700	.478	.2880	6	8	600	500	400	350		
30	.604	3620	.733	4400	.778	4680	7	10	600	500	400	350		
36	.894	5370	1.085	6520	1.151	6920	8	12	700	600	500	400		
42	1.240	7450	1.505	9050	1.595	9600	9	14	700	600	500	400		
48	1.644	9870	1.995	12000	2.113	12700	10	16	800	700	600	400		
54	2.103	12650	2.552	15320	2.703	16250	11	20	800	700	600	400		
60	2.619	15650	3.178	19050	3.365	20200	12	24	800	700	600	400		
66	3.192	19150	3.873	23240	4.100	24600	13	26	800	700	600	400		
72	3.821	22950	4.635	27800	4.907	29500	13	26	800	700	600	400		

● In any case, the maximum size piece should not weigh more than 150 lbs.  
 ■ Recommended normal speeds should be 2/3 to 3/4 of above speeds to conserve life of equipment.



## APÉNDICE 6

### TABLA DEL FACTOR CONDUCTOR “R”

Drive Factor "R" Valves						
Arc of belt Contact on Drive Pulleys in Degrees	Screw Take-Up			Counterweight Take-Up		
	Bare Pulley	Lagged Pulley	Lagged Pulley	Bare Pulley	Lagged Pulley	Lagged Pulley
Plain 180° (Generally used)	1.25	0.84	0.84	0.84	0.84	0.50
Snubbed 200°	1.10	0.72	0.72	0.72	0.72	0.42
Snubbed 210° (Standard)	1.00	0.67	0.67	0.67	0.67	0.38
Snubbed 220°	0.95	0.62	0.62	0.62	0.62	0.35
Snubbed 230°	...	...	...	0.58	0.58	0.32
Snubbed 240°	...	...	...	0.55	0.55	0.30
Dual 270°	...	...	...	0.50	0.50	0.24
Dual 360°	...	...	...	0.26	0.26	0.13
Dual 420° (Used)	...	...	...	0.19	0.19	0.08
Dual 480°	...	...	...	0.14	0.14	0.06

## APÉNDICE 7

### SELECCIÓN DEL MATERIAL Y CAPAS DE LA BANDA

#### TECHNICAL DATA

Belt Type		Pylon 100	Pylon 140	Pylon 220	Pylon 330	Pylon 440	Pylon 540	Pylon 720	Pylon 900	Pylon 1080
Number of Piles		2	2	2	3	4	3	4	5	6
Mechanical Splice Rating	kN/m width	21	32	42	64	84	107	129	129	129
	lb/inch width	120	180	240	360	480	600	720	720	720
Vulcanized Splice Rating	kN/m width	21	32	48	72	96	107	113	179	214
	lb/inch width	120	180	270	405	540	600	800	1,000	1,200
Approximate Carcass Weight	kg/m <sup>2</sup>	3.6	3.7	5.4	6.8	7.5	8.0	10.9	13.9	16.3
	lb/m <sup>2</sup>	0.7	0.7	1.0	1.4	1.5	1.6	2.2	2.8	3.3
Stacker or "B" Cover Weight 1/32 inch Thickness	kg/m <sup>2</sup>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Carcass Thickness	(mm)	2.8	3.1	4.4	5.7	6.7	6.8	9.4	12.6	14.5
Impact Index (base: 6 plies of 42 oz = 1)		0.9	1.3	1.8	2.2	2.4	2.5	3.0	3.6	4.0

Obs.: Steelace, Haydon, Nilos, Farpa, Minet, Mastin, Flexco and Jackson staples are recommended for mechanical joint services.

#### LOAD SUPPORT TABLE MAXIMUM BELT WIDTH ON IDLERS UP TO 45°

Material	lb/ft <sup>3</sup>	0-45			46-105			105-165			165-200		
		0-730			730-1,690			1,690-2,850			2,850-3,800		
Weight	kg/m <sup>3</sup>	20°	35°	45°	20°	35°	45°	20°	35°	45°	20°	35°	45°
Pylon 100	36	30	24	30	24	18							
Pylon 140	42	36	36	36	30	24	30	24	20				
Pylon 220	54	48	42	48	42	36	42	36	30	36	30	24	
Pylon 330	84	72	60	72	60	54	60	54	48	54	48	42	
Pylon 440	84	84	72	84	72	60	80	72	60	54	60	54	48
Pylon 540	84	84	72	84	72	60	80	72	60	54	60	54	48
Pylon 720	84	84	84	84	84	72	84	72	60	72	60	54	
Pylon 900	84	84	84	84	84	84	84	84	72	84	72	60	
Pylon 1080	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	72

#### TROUGHABILITY TABLE MINIMUM BELT WIDTH VERSUS IDLER ANGLE

Idler Angle	Pylon 100	Pylon 140	Pylon 220	Pylon 330	Pylon 440	Pylon 540	Pylon 720	Pylon 900	Pylon 1080
20°	18	14	18	24	30	30	36	42	48
35°	12	14	18	24	30	30	36	42	48
45°	18	20	24	30	36	36	42	48	64

#### MINIMUM RECOMMENDED PULLEY DIAMETERS

	Pylon 100	Pylon 140	Pylon 220	Pylon 330	Pylon 440	Pylon 540	Pylon 720	Pylon 900	Pylon 1080
Over 80% Tension	16	16	18	20	24	24	24	36	42
Over 60% to 80% Tension	14	14	16	18	20	20	24	30	36
Over 40% to 60% Tension	12	12	14	16	18	18	20	24	30
To 40% Tension	10	10	12	14	16	16	18	20	24
Tail and Snubs	10	10	12	14	16	16	18	20	24

#### RECOMMENDED TAKE-UP TRAVEL IN PERCENT OF CENTER DISTANCE\*

Type of Take-up	Fastened Splices		Vulcanized Splices	
	100% Rated Tension	75% or Less Rated Tension	100% Rated Tension	75% or Less Rated Tension
Screw	1.5%	1%	4%**	3%**
Automatic	2%	1.5%	2.5% + 2t	

\* For belts installed per the Goodyear Splice & Repair Manual.

\*\* Only short endless feeder belts and the like should be vulcanized on conveyor with a screw take-up.

## APÉNDICE 8

### APLICACIÓN PARA SELECCIÓN DEL MOTOR Y REDUCTOR

#### Class I Applications for Selection of TORQUE-ARM Reducer Size

Use the table below for applications listed as Class I on page G5-9. For Class I Applications the maximum value of starting and momentary peak loads should not exceed 2 x Motor HP Rating. If it exceeds this amount it should be

divided by 2 and the result used in the table below instead of the Motor HP Rating.  
Example—See page G5-8.

**Table 3—Class I Applications—Selection of Reducer Size**

Output RPM	Size No.	Output RPM	Size No.	Output RPM	Size No.	Output RPM	Size No.	Output RPM	Size No.	Output RPM	Size No.
<b>¼ HP MOTOR</b>		<b>¼ HP MOTOR (Cont.)</b>		<b>2 HP MOTOR (Cont.)</b>		<b>7 ½ HP MOTOR</b>		<b>15 HP MOTOR (Cont.)</b>		<b>25 HP MOTOR (Cont.)</b>	
4-70	TXT125 TXT115	141-200	TXT105 TXT109	116-140	TXT105 TXT109 TXT115	4-6	TXT825	9-13	TXT825	16-23	TXT825
71-85	TXT115 TXT125	201-400	TXT105			7-9	TXT725	14-19	TXT725	24-33	TXT725 TXT715
86-115	TXT115 TXT109	<b>1 HP MOTOR</b>		141-200	TXT105 TXT109	10-14	TXT825	20-31	TXT825 TXT615	34-59	TXT825 TXT815
		4-5	TXT425	201-400	TXT105	15-25	TXT525	32-56	TXT525 TXT515	60-70	TXT525 TXT515
116-140	TXT105 TXT109 TXT115	6-7	TXT325	<b>3 HP MOTOR</b>		27-41	TXT425 TXT415	57-70	TXT425 TXT415	71-80	TXT515 TXT525
		8-15	TXT225	4-5	TXT625	42-70	TXT325 TXT315	71-85	TXT415 TXT425	81-99	TXT515+ TXT509+
141-200	TXT105 TXT109	16-70	TXT125 TXT115	6-10	TXT525	71-74	TXT315 TXT325	86-93	TXT415 TXT409	100-132	TXT415+ TXT505 TXT409+
201-400	TXT105	71-85	TXT115 TXT125	11-16	TXT425	75-85	TXT215 TXT225	88-95	TXT215 TXT209	116-140	TXT315+ TXT405 TXT309+
<b>½ HP MOTOR</b>		86-115	TXT115 TXT109	17-26	TXT325			94-115	TXT309+ TXT315+	133-140	TXT409+ TXT415+ TXT505
5-70	TXT125 TXT115	116-140	TXT105 TXT109 TXT115	52-70	TXT125 TXT115	86-140	TXT205 TXT209 TXT215	141-145	TXT405 TXT309+	141-183	TXT409+ TXT505
71-85	TXT115 TXT125	141-200	TXT105 TXT109	71-85	TXT115 TXT125	141-200	TXT205 TXT209	146-200	TXT305 TXT309+	164-200	TXT405+ TXT409+
86-115	TXT115 TXT109	201-400	TXT105	86-115	TXT115 TXT109	201-231	TXT205	201-400	TXT305	201-400	TXT405+
116-140	TXT105 TXT109 TXT115	<b>1½ HP MOTOR</b>		116-140	TXT105 TXT109 TXT115	232-400	TXT105				
		4	TXT525			<b>10 HP MOTOR</b>		<b>20 HP MOTOR</b>		<b>30 HP MOTOR</b>	
141-200	TXT105 TXT109	5-8	TXT425	141-200	TXT105 TXT109	5	TXT926	4-6	TXT1225	4-5	TDT1425
201-400	TXT105	9-12	TXT325	201-400	TXT105	6-8	TXT825	7-8	TXT1024	6-9	TXT1225
<b>¾ HP MOTOR</b>		13-23	TXT225			9-12	TXT725	9-12	TXT926	10-13	TXT1024
4-6	TXT225	24-70	TXT125 TXT115	<b>5 HP MOTOR</b>		13-20	TXT825	13-18	TXT825	14-19	TXT825
7-70	TXT125 TXT115	71-85	TXT115 TXT125	5-6	TXT725	21-36	TXT525 TXT515	19-26	TXT725 TXT715	20-28	TXT825 TXT815
71-85	TXT115 TXT125	86-115	TXT115 TXT109	10-17	TXT525	37-55	TXT425 TXT415	27-45	TXT825 TXT615	29-41	TXT725 TXT715
86-115	TXT115 TXT109	116-140	TXT105 TXT109 TXT115	18-27	TXT425 TXT415	56-85	TXT315 TXT325	46-70	TXT525 TXT515	42-70	TXT825+ TXT815+
116-140	TXT105 TXT109 TXT115	141-200	TXT105 TXT109	28-46	TXT325 TXT315	86-103	TXT315 TXT309	71-77	TXT515 TXT525	71-76	TXT815+ TXT825+
141-200	TXT105 TXT109	201-400	TXT105	47-70	TXT225 TXT215	104-115	TXT215 TXT209	78-85	TXT415 TXT425	77-115	TXT515+ TXT509+
201-400	TXT105	<b>2 HP MOTOR</b>		71-85	TXT215 TXT225	116-140	TXT209 TXT215 TXT305	86-115	TXT415+ TXT409+	116-125	TXT509+ TXT515+ TXT805
<b>1 HP MOTOR</b>		4-6	TXT525	86-92	TXT109 TXT215	141-158	TXT305 TXT309	116-140	TXT409+ TXT415+ TXT405	126-130	TXT509+ TXT605
4-5	TXT325	7-10	TXT425	93-115	TXT115 TXT109	158-200	TXT205 TXT309	141-200	TXT405 TXT309+	131-200	TXT409+ TXT505+
6-10	TXT225	11-17	TXT325	116-119	TXT109 TXT115	201-400	TXT205	201-241	TXT405+	201-215	TXT505+
11-70	TXT125 TXT115	18-32	TXT225 TXT215	120-140	TXT105 TXT109 TXT115	<b>15 HP MOTOR</b>		242-400	TXT305+	216-400	TXT405+
		33-70	TXT125 TXT115			5-6	TXT1024	<b>25 HP MOTOR</b>		<b>40 HP MOTOR</b>	
71-85	TXT115 TXT125	71-85	TXT115 TXT125	141-200	TXT105 TXT109	7-8	TXT926	5-7	TXT1225	5-6	TDT1425
86-115	TXT115 TXT109	86-115	TXT115 TXT109	201-400	TXT105			8-10	TXT1024	7	TDT1325
116-140	TXT105 TXT109 TXT115							11-15	TXT926	8-12	TXT1225

+ Fan Cooling required—See page G5-40.

\*Heat Exchanger required—See page G5-40.

## APÉNDICE 9

### TABLA DE CAPACIDADES PARA SELECCIÓN DE CELDAS DE CARGA

#### High-Capacity Truck and Tank Assembly

Model	No. of Assemblies	Parts Included	System Capacity
THBC50K-4	4	1 J-Box	60 ton
THBC50K-6	6	1 J-Box, 1 Section Seal Box	80 ton
THBC50K-8	8	1 J-Box, 1 Trim Box, 1 Section Seal Box	120 ton

Stainless steel DB-50000S load cell, load cell stand, double link suspension, and 3/5" cable.

#### 3 Cells - Mild Steel

Model	Cell Capacity	System Capacity	Ship Weight
THBC2.5-3	2,500 lb/1,135 kg	7,500 lb/3,405 kg	120 lb
THBC5-3	5,000 lb/2,270 kg	15,000 lb/6,810 kg	120 lb
THBC10-3	10,000 lb/4,535 kg	30,000 lb/13,605 kg	180 lb
THBC20-3	20,000 lb/9,070 kg	60,000 lb/27,210 kg	190 lb

#### 3 Cells - Stainless Steel

Model	Cell Capacity	System Capacity	Ship Weight
THBCS2.5-3	2,500 lb/1,135 kg	7,500 lb/3,405 kg	120 lb
THBCS5-3	5,000 lb/2,270 kg	15,000 lb/6,810 kg	120 lb
THBCS10-3	10,000 lb/4,535 kg	30,000 lb/13,605 kg	180 lb
THBCS20-3	20,000 lb/9,070 kg	60,000 lb/27,210 kg	190 lb

#### 4 Cells - Mild Steel

Model	Cell Capacity	System Capacity	Ship Weight
THBC2.5-4	2,500 lb/1,135 kg	10,000 lb/4,540 kg	160 lb
THBC5-4	5,000 lb/2,270 kg	20,000 lb/9,080 kg	160 lb
THBC10-4	10,000 lb/4,535 kg	40,000 lb/18,140 kg	240 lb
THBC20-4	20,000 lb/9,070 kg	80,000 lb/36,280 kg	250 lb

#### 4 Cells - Stainless Steel

Model	Cell Capacity	System Capacity	Ship Weight
THBCS2.5-4	2,500 lb/1,135 kg	10,000 lb/4,540 kg	160 lb
THBCS5-4	5,000 lb/2,270 kg	20,000 lb/9,080 kg	160 lb
THBCS10-4	10,000 lb/4,535 kg	40,000 lb/18,140 kg	240 lb
THBCS20-4	20,000 lb/9,070 kg	80,000 lb/36,280 kg	250 lb

Kits consist of either 3 or 4 self-checking stand assemblies, 3 or 4 5B series stainless or mild steel load cells, 3 or 4 mild steel stands and 1 stainless steel NEMA 4 junction box.

#### 3 Suspension Cells

Model	Cell Capacity	System Capacity	Ship Weight
THTC250-3	250 lb/115 kg	750 lb/345 kg	30 lb
THTC500-3	500 lb/225 kg	1,500 lb/675 kg	36 lb
THTC5-3	5,000 lb/2,270 kg	15,000 lb/6,810 kg	69 lb
THTC10-3	10,000 lb/4,535 kg	30,000 lb/13,605 kg	75 lb
THTC20-3	20,000 lb/9,070 kg	60,000 lb/27,210 kg	165 lb

#### 4 Suspension Cells

Model	Cell Capacity	System Capacity	Ship Weight
THTC250-4	250 lb/115 kg	1,000 lb/460 kg	35 lb
THTC500-4	500 lb/225 kg	2,000 lb/900 kg	42 lb
THTC5-4	5,000 lb/2,270 kg	20,000 lb/9,080 kg	87 lb
THTC10-4	10,000 lb/4,535 kg	40,000 lb/18,140 kg	95 lb
THTC20-4	20,000 lb/9,070 kg	80,000 lb/36,280 kg	215 lb

Kits consist of either 3 or 4 ZX stainless steel tension load cells with 2A mild steel assemblies and 1 stainless steel NEMA 4 junction box.

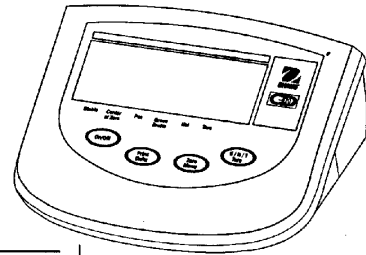


## APÉNDICE 10

### CARACTERÍSTICAS PARA SELECCIÓN DEL INDICADOR ELECTRÓNICO



#### Indicador de peso para básculas



<b>Modelo</b>	<b>CD-11</b>
Capacidad (kg)	De 5 a 20,000
Graduaciones (kg)	De 0.001 a 5
Resolución	NTEP 1:5000 LFT
Máxima resolución en pantalla	1:20,000 de no uso legal para comercio
Modos de pesar	lb, kg, g
Funciones	Pesaje, conteo de partes
Resolución interna	1:200,000
Rango de capacidad	Capacidad máxima + 9d
Tiempo de estabilización	1 a 4 segundos dependiendo de la selección de filtros
Rango de captura auto-cero	apagado de 0.5, 1 o 3 divisiones
Rango de tara	2%, 18% o 100% de la capacidad
Calibración total	de 20 a 100% de la capacidad
Voltaje de excitación de celda de carga	5V DC
Sensibilidad de entrada de celda de carga	2 o 3 mV/V
Manejo de celdas de carga	4 celdas de carga de 350 ohm
Pantalla (mm)	LCD, 25.4
Energía	Adaptador AC o 6 baterías alcalinas tipo C
Tiempo de vida de baterías	250 horas con una celda de carga de 350 ohms
Botones de Funciones	4 botones de operación
Dimensiones LxAxH (cm)	20 x 17.2 x 7.7
Dimensiones de empaque LxAxH (cm)	32 x 22.5 x 12.5
Peso neto (kg)	0.6
Peso con empaque (kg)	1.5
<b>Número de ítem</b>	<b>CD-11</b>

## APÉNDICE 11

### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LOS CILINDROS

#### Actuadores y accesorios

Tablas de selección

Tabla de presión-fuerza para cilindros neumáticos

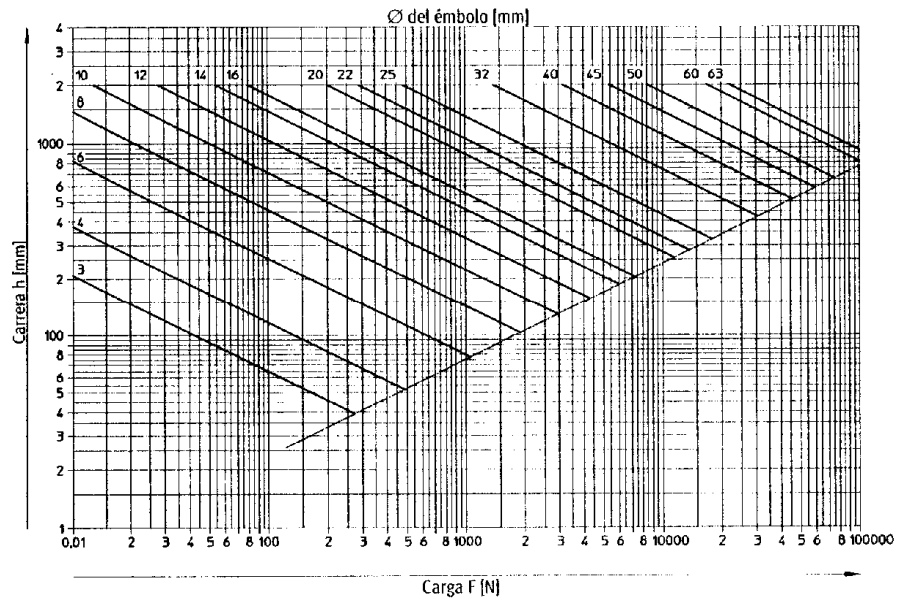
Presión de funcionamiento [bar]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
∅ [mm]	Fuerza del émbolo [N]													
2,5	0,4	0,9	1,3	1,8	2,2	2,7	3,1	3,5	4	4,4	4,9	5,3	5,7	6,2
3,5	0,9	1,7	3,8	3,5	4,3	5,2	6,1	6,9	7,8	8,7	9,5	10,4	11,3	12,1
5,35	2	4	6,1	8,1	10,1	12,1	14,2	16,2	18,2	20,2	22,2	24,3	26,3	28,3
6	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9	25,4	28	30,5	33,1	35,6
8	4,5	9	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7	45,2	49,8	54,3	58,8	63,3
10	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	70,7	77,8	84,8	91,9	99
12	10,2	20,4	30,5	40,7	50,9	61,0	71,3	81,4	91,6	101	112	122	132	143
16	18,1	36,5	54,3	72,4	90,5	109	127	145	163	181	199	217	235	253
20	28,3	56,5	84,8	113	141	170	198	226	254	283	311	339	368	396
25	44,2	88,4	133	177	221	265	309	353	398	442	486	530	574	619
32	72,4	145	217	290	362	434	507	579	651	724	796	869	941	1010
40	113	226	339	452	565	679	792	905	1020	1130	1240	1360	1470	1580
50	177	353	530	707	884	1060	1240	1410	1590	1770	1940	2120	2300	2470
63	281	561	842	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2810	3090	3370	3650	3930
80	452	905	1360	1810	2260	2710	3170	3620	4070	4520	4980	5430	5880	6330
100	707	1410	2120	2830	3530	4240	4950	5650	6360	7070	7780	8480	9190	9900
125	1100	2210	3310	4420	5520	6630	7730	8840	9940	11000	12100	13300	14400	15500
160	1810	3620	5430	7240	9050	10900	12700	14500	16300	18100	19900	21700	23500	25300
200	2830	5650	8480	1130	14100	17000	19800	22600	25400	28300	31100	33900	36800	39600
250	4420	8840	13300	17700	22100	26500	30900	35300	39800	44200	48600	53000	57400	61900
320	7240	14500	21700	29000	36200	43400	50700	57900	65100	72400	79600	86900	94100	101000

## APÉNDICE 12

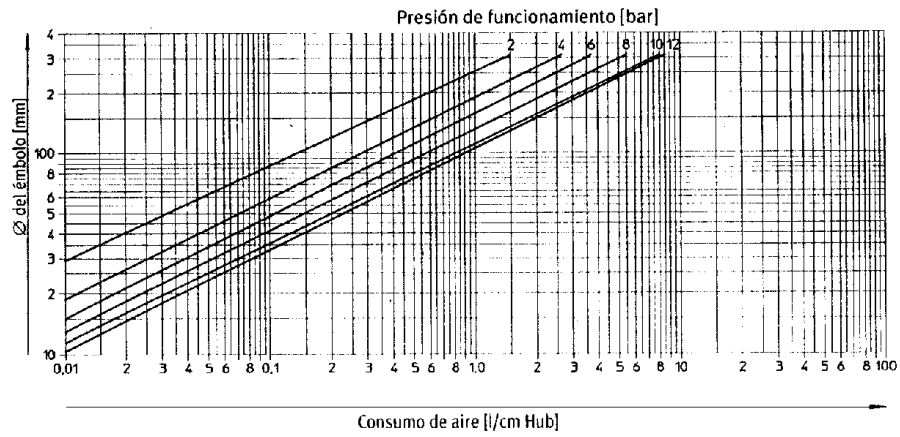
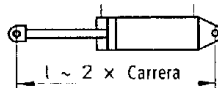
### TABLA DE CONSUMO DE AIRE

#### Actuadores y accesorios

Tablas de selección



La fijación más desfavorable es la giratoria trasera. En las demás fijaciones, la carga admisible es superior.



## APÉNDICE 13

### CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR DE AIRE

**100% Cast Iron**

**Removable cylinders.**  
Easy to repair. Provides even, 360° cooling. Eliminates hot spots.

**One-piece connecting rod.**  
Fewer wearing parts.

**Centrifugal Unloader.**  
Saves motor life.

**Low oil level switch.**  
Provides constant protection.

**Two-stage design.**  
Provides 175 PSIG operation.

**Simple multifinger valves.**  
Dependable and easy to maintain.

**Finned copper intercooler.**  
Runs cool in even the most demanding conditions.

**Overhung crankshaft.**  
Precision-balanced to run smoothly and quietly.

**Splash lubrication.**  
Simple and reliable. Does not require oil pump, so it is inexpensive and easy to maintain.

Model	Motor (HP)	ASME Receiver Size (GAL)	Capacity (ACFM)	Max. Pressure (PSIG)	Package Dimensions LxWxH (in)	Net Weight (lb)
2545D10	10	80 (Hor.)	35.2	175	68x29x47	730
2545E10	10	120 (Hor.)	35.2	175	72x29x52	835
2545N10	10	80 (Vert.)	35.2	175	42x29x74	730
2545K10	10	120 (Vert.)	35.2	175	42x30x77	835

AVAILABLE IN 200, 230, 460, 575 VOLT, 3 PHASE, 60 CYCLE ELECTRICS.



## APÉNDICE 14

### PARÁMTROS BÁSICOS PARA SELECCIONAR LA BOMBA DE AGUA



## APÉNDICE 15

### PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA

**Tabla C.1 Propiedades físicas del agua (en unidades del SI)**

Temp. °C	Peso específico $\rho$ N/m <sup>3</sup>	Densidad $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Viscosidad $\mu \times 10^3$ , N·s/m <sup>2</sup>	Viscosidad cinemática $\nu \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	Tensión superficial $\sigma \times 10^2$ , N/m	Carga de presión de vapor $p_v/\gamma$ * m	Módulo de elasticidad volumétrica $K \times 10^{-7}$ , N/m <sup>2</sup>
0	9806	999.9	1.792	1.792	7.62	0.06	204
5	9807	1000.0	1.519	1.519	7.54	0.09	206
10	9804	999.7	1.308	1.308	7.48	0.12	211
15	9798	999.1	1.140	1.141	7.41	0.17	214
20	9789	998.2	1.005	1.007	7.36	0.25	220
25	9778	997.1	0.894	0.897	7.26	0.33	222
30	9764	995.7	0.801	0.804	7.18	0.44	223
35	9749	994.1	0.723	0.727	7.10	0.58	224
40	9730	992.2	0.656	0.661	7.01	0.76	227
45	9711	990.2	0.599	0.605	6.92	0.98	229
50	9690	988.1	0.549	0.556	6.82	1.26	230
55	9666	985.7	0.506	0.513	6.74	1.61	231
60	9642	983.2	0.469	0.477	6.68	2.03	228
65	9616	980.6	0.436	0.444	6.58	2.56	226
70	9589	977.8	0.406	0.415	6.50	3.20	225
75	9560	974.9	0.380	0.390	6.40	3.96	223
80	9530	971.8	0.357	0.367	6.30	4.86	221
85	9499	968.6	0.336	0.347	6.20	5.93	217
90	9466	965.3	0.317	0.328	6.12	7.18	216
95	9433	961.9	0.299	0.311	6.02	8.62	211
100	9399	958.4	0.284	0.296	5.94	10.33	207

\*  $\gamma = 9806 \text{ N/m}^3$ .

## APÉNDICE 16

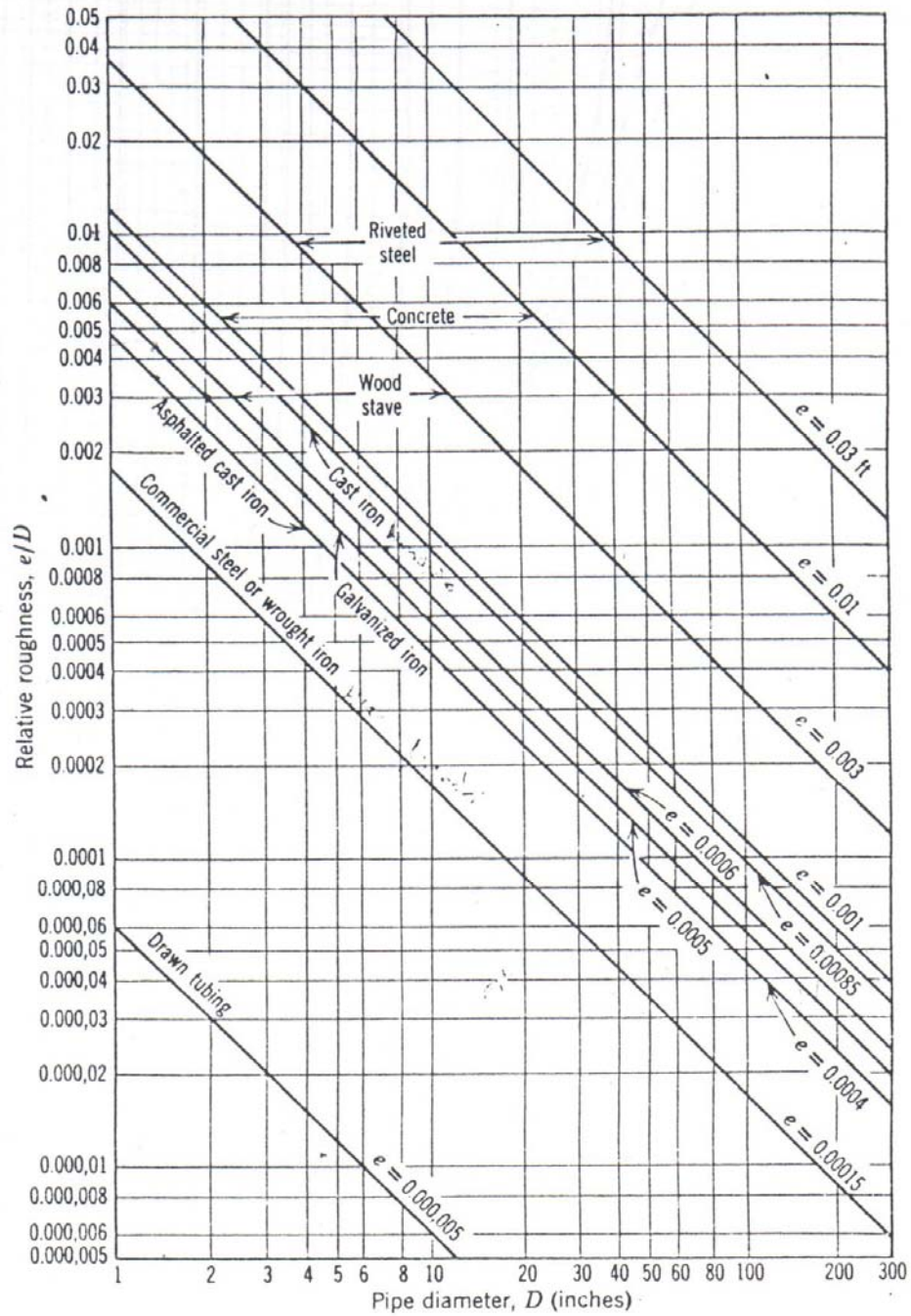
### PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA

STEEL PIPE: FRICTION LOSS (IN FEET OF HEAD) PER 100 FT.																
GPM	GPH	½"	½"	¾"	1"	1¼"	1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	
		ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.	ft.
1	60	4.30	1.86	.26												
2	120	15.00	4.78	1.21	.38											
3	180	31.80	10.00	2.50	.77											
4	240	54.90	17.10	4.21	1.30	.34										
5	300	83.50	25.80	6.32	1.93	.51	.24									
6	360		36.50	8.87	2.68	.70	.33	.10								
7	420		48.70	11.80	3.56	.93	.44	.13								
8	480		62.70	15.00	4.54	1.18	.56	.17								
9	540			18.80	5.65	1.46	.69	.21								
10	600			23.00	6.86	1.77	.83	.25	.11	.04						
12	720			32.60	9.62	2.48	1.16	.34	.15	.05						
15	900			49.70	14.70	3.74	1.75	.52	.22	.08						
20	1,200			86.10	25.10	6.34	2.94	.87	.36	.13						
25	1,500				38.60	9.65	4.48	1.30	.54	.19						
30	1,800				54.60	13.60	6.26	1.82	.75	.26						
35	2,100				73.40	18.20	8.37	2.42	1.00	.35						
40	2,400				95.00	23.50	10.79	3.10	1.28	.44						
45	2,700					30.70	13.45	3.85	1.60	.55						
70	4,200					68.80	31.30	8.86	3.63	1.22	.35					
100	6,000						62.20	17.40	7.11	2.39	.63					
150	9,000							38.00	15.40	5.14	1.32					
200	12,000							66.30	26.70	8.90	2.27	.736	.30	.08		
250	15,000							90.70	42.80	14.10	3.60	1.20	.49	.13		
300	18,000								58.50	19.20	4.89	1.58	.64	.16	.0542	
350	21,000								79.20	26.90	6.72	2.18	.88	.23	.0719	
400	24,000								103.00	33.90	8.47	2.72	1.09	.279	.0917	
450	27,000								130.00	42.75	10.65	3.47	1.36	.348	.114	
500	30,000								160.00	52.50	13.00	4.16	1.66	.424	.138	
550	33,000								193.00	63.20	15.70	4.98	1.99	.507	.164	
600	36,000								230.00	74.80	18.60	5.88	2.34	.597	.192	
650	39,000									87.50	21.70	6.87	2.73	.694	.224	
700	42,000									101.00	25.00	7.93	3.13	.797	.256	
750	45,000									116.00	28.60	9.05	3.57	.907	.291	
800	48,000									131.00	32.40	10.22	4.03	1.02	.328	
850	51,000									148.00	36.50	11.50	4.53	1.147	.368	
900	54,000									165.00	40.80	12.90	5.05	1.27	.410	
950	57,000									184.00	45.30	14.30	5.60	1.41	.455	
1000	60,000									204.00	50.20	15.80	6.17	1.56	.500	



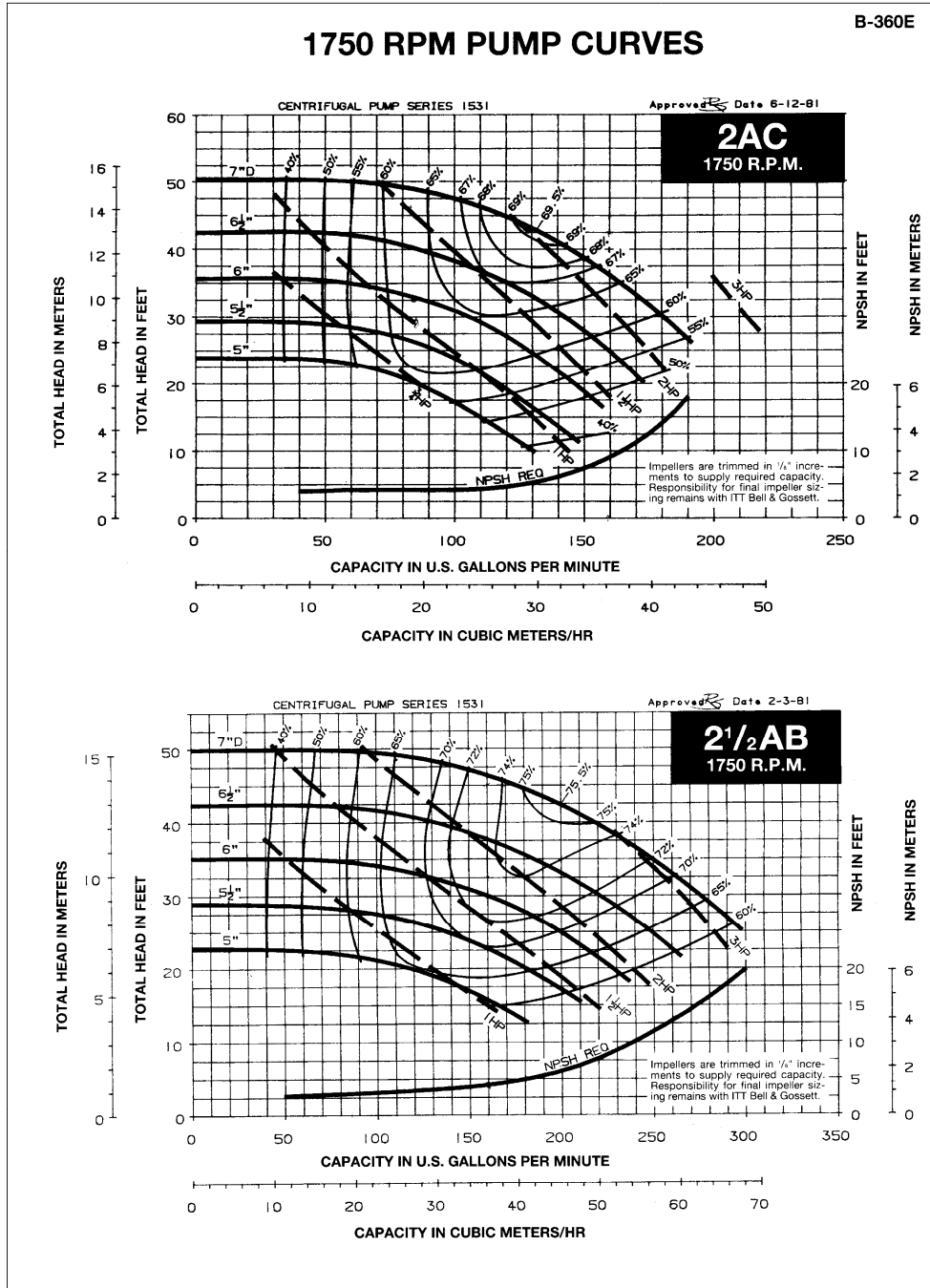
# APÉNDICE 17

## RUGOSIDAD DE LA TUBERÍA



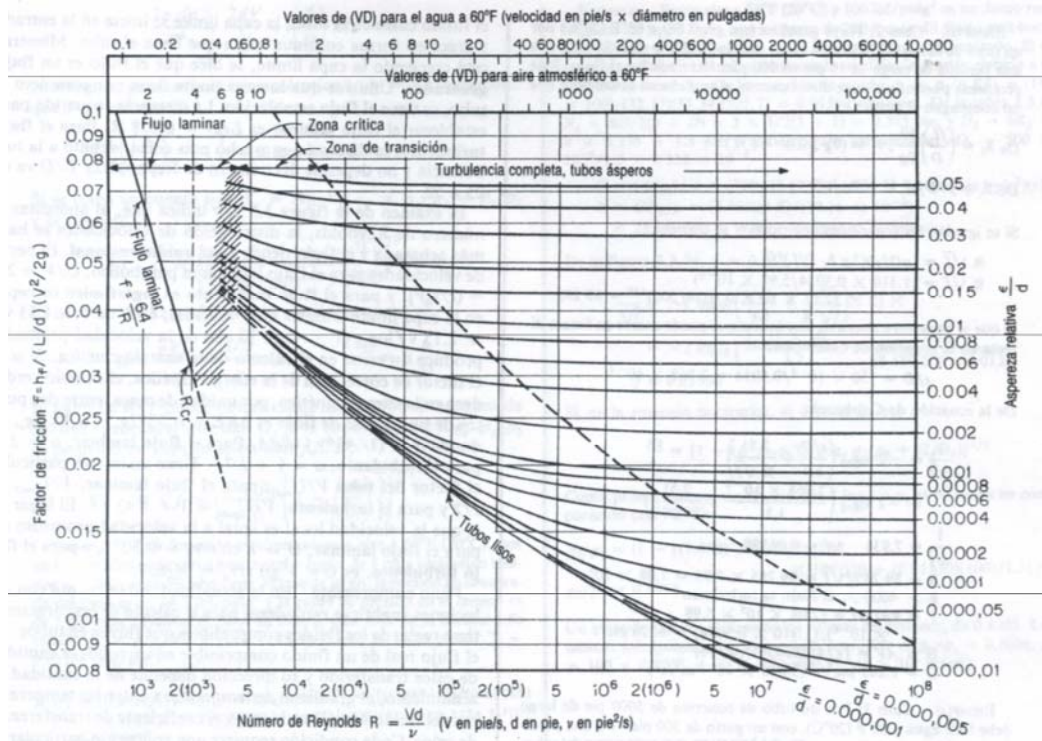
# APÉNDICE 18

## CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA



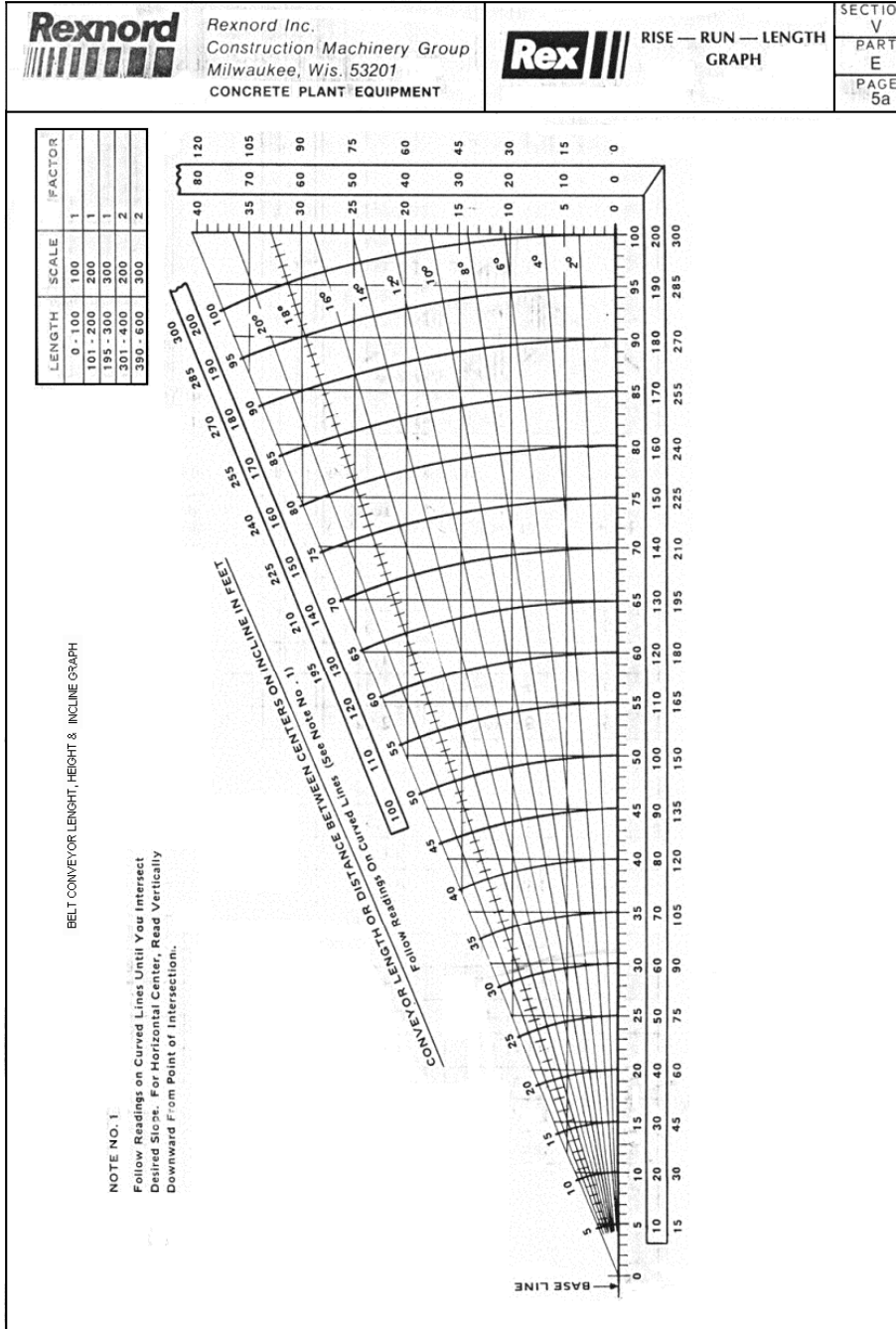
## APÉNDICE 19

### DIAGRAMA DE MOODY



# APÉNDICE 20

## ALTURA DE TRASLADO DEL TRANSPORTADOR

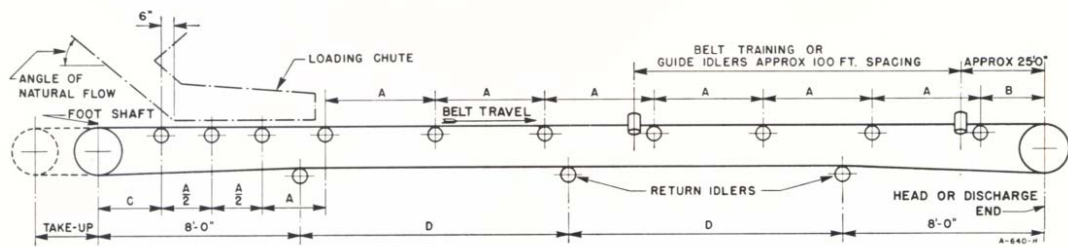


## APÉNDICE 21

### POSICIÓN Y DISTANCIA DE LOS RODILLOS

## belt conveyor engineering data

### SPACING OF BELT IDLERS



**Recommended Average Spacing of Belt Idlers in Feet**

Belt Width in Inches	A = Spacing for Various Weights of Material.						For Troughed Belt		Returns D
	Lbs. per Cu. Ft.						B Min.	C Min.	
	30	50	75	100	125	150			
14-16	5½	5½	5	5	4½	4½	2	1½	10
18-20	5	5	5	4½	4½	4	2½	2	10
24	5	5	4½	4½	4	4	3½	2½	10
30	5	4½	4	4	3½	3½	4½	3	10
36	4½	4½	4	4	3½	3½	5	3½	10
42	4½	4½	4	3½	3½	3½	6	4	10
48	4	4	3½	3½	3½	3	▲5	5	9
54	4	4	3½	3½	3	3	▲5½	5½	9
60	4	3½	3½	3½	3	3	▲6	6	8

▲The last troughing idler, preceding the pulley at the discharge end, should be located so that a point half-way on the inclined roll of the idler is on a level with the top of the pulley.



## APÉNDICE 22

### PESO DEL TRANSPORTADOR

#### APPROXIMATE CONVEYOR WEIGHTS

BELT WIDTH	CONV. LENGTH	APPROX. NET WEIGHT
18"	40'-0	5,200
	50'-0	5,900
	60'-0	6,900
24"	40'-0	5,800
		5,800
		5,800
	50'-0	6,800
		6,600
		6,600
60'-0	7,600	
	7,600	
	7,600	
70'-0	8,700	
	8,700	
	8,800	
80'-0	9,800	
	9,800	
	9,900	
30"	40'-0	6,300
		6,300
	50'-0	7,000
		7,000
		7,100
	60'-0	8,600
8,600		
8,700		
70'-Q	9,500	
	9,500	
	9,700	
80'-0	10,700	
	10,700	
	10,900	

BELT WIDTH	CONV. LENGTH	APPROX. NET WEIGHT
36"	40'-0	6,700
		6,700
		6,900
	50'-0	7,700
		7,700
		7,800
60'-0	7,900	
	9,000	
	9,000	
70'-0	9,300	
	9,400	
	9,500	
80'-0	10,400	
	10,600	
	10,700	
80'-0	10,800	
	11,600	
	11,700	
42"	50'-0	11,800
		9,100
		9,200
	60'-0	9,400
		10,400
		10,500
70'-0	10,700	
	11,700	
	12,000	
80'-0	12,200	
	13,000	
	13,100	
80'-0	13,300	
	9,800	
	10,000	
48"	50'-0	11,200
		11,400
	60'-0	12,800
		13,000
70'-0	14,100	
	14,300	

Barber-Greene Company, Aurora, Illinois, U.S.A.

## APÉNDICE 23



APÉNDICE 24



## APÉNDICE 25



## PLANOS

## **BIBLIOGRAFIA.**

1. P. REBUT, Centrales Hormigoneras, 1era ed, Paris: Editions Eyrolles (Cáp. 11 – pp. 75 – 73).
2. A. FAVA, La tecnología del Hormigón, Revista del constructor, Vol. 15, No. 6 (Diciembre 1980) pp. 3 – 4.
3. SEAM, Rex concrete plant equipment – Mobil 10-30 RM Transit mix batch plant, Bulletin No.1108 (June 76).
4. E. SHIGLEY y R. MISCHKE, Diseño en Ingeniería Mecánica, 5ta edición: Editorial McGraw Hill (Cáp 5, 6 y 7 – pp. 207 – 357)
5. E. AVALLONE y T. BAUMEISTER, Manual del Ingeniero Mecánico, 9na edición: Editorial McGraw Hill (Cáp 5 y 10 – pp. 5-2 – 5-17 y 10-2 – 10-44)
6. FESTO, Programa de Fabricación, Catálogo Festo AG & Co. Edición 03/01(Cap. 1.1 – 10.3).

7. JEFFREY, B-B series and permaseal for belt conveyer, Catálogo 1050-B  
Idlers.
  
8. J. VAN HORME, Fundamentos de Administración Financiera, 4ta ed,  
Editorial Prentice/Hall Internacional (1979), (pp. 542 – 544).