



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA

DESARROLLO DE TESIS

Título

**DISEÑO DE UNA PLANTA DOSIFICADORA DE
CONCRETO DE 50 m³/h DE CAPACIDAD EN LA
EMPRESA ALER EQUIPOS SAC. - TRUJILLO**

Autor

CORDERO VILCA, JULIO CESAR

Asesor especialista

Dr. Jorge Olórtegui Yume

Línea de investigación

MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS

Trujillo – Perú

2018

PAGINA DEL JURADO

Ing. LUIS JULCA VERÁSTEGUI

Ing. JAVIER LEON LESCANO

Ing. JORGE INCISO VASQUEZ

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

A Rosa Elena Vilca Huamán y William

Josué Cordero Fernández por siempre

Estar a mi lado, apoyándome incondicionalmente

En cada momento y logro en mi vida, Gracias

Por su inmenso amor y apoyo los amo.

A ESPOSA E HIJA:

Katherine Altamirano Herrera y Alejandra

Cordero Altamirano, por comprenderme,

Ayudarme y su paciencia que me tuvieron,

Gracias por su compañía y el amor que nos tenemos.

A MIS HERMANOS, ABUELOS Y TIOS:

Carmen y Anthony mis hermanos,

Catalina, Carmela y Julio mis
abuelos y tíos, personas que me
aprecian, gracias por su apoyo,
aliento y cariño.

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES:

Por depositar su confianza en mí, y brindarme el apoyo emocional y económico para logra mi meta.

A MI FAMILIA:

Por su amor, comprensión y confianza que depositaron en mí y juntos lograr un sueño.

A MI ASESOR:

Por su paciencia, apoyo y conocimiento transmitidos guiándome en el complicado proceso de mi desarrollo de tesis. Gracias por ayuda.

INDICE

CARATULA.....	1
PAGINA DEL JURADO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
INDICE	5
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCION.....	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. TRABAJOS PREVIOS.....	11
1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA	12
1.3.1. Diseño de bastidor.....	12
1.3.2. Selección de elementos para transportador de banda	17
1.3.3. Diseño de Tolvas.....	21
1.3.4. Diseño de transportador de tornillo Sinfín	23
1.3.5. Selección de bomba de agua	27
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	31
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	31
a. Relevancia tecnológica:	31
b. Relevancia económica:	31
c. Relevancia institucional:	31
1.6. HIPOTESIS	31
1.7. OBJETIVOS	32
1.7.1. GENERAL	32
1.7.2. ESPECIFICOS	32
2. MÉTODO	33
2.1. DISEÑO DE INVESTIGACION	33
2.2. IDENTIFICACION DE VARIABLES	34
2.2.1. Variables.....	34
2.2.2. Operacionalización de Variables	35
2.3. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO	36
2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS.....	36
2.5. MÉTODOS DE ANALISIS DE DATOS	36
2.6. ASPECTOS ETICOS.....	36
2.7. LISTA DE REQUERIMIENTOS	37
2.8. CAJA NEGRA	38
2.9. ESTRUCTURA DE FUNCIONES.....	39
2.10. MATRIZ MORFOLÓGICA.....	40
2.10.1. Matriz solución	40
2.10.2. Matriz de selección	42
3. RESULTADOS	44

3.1. DIAGRAMA DE FLUJO	44
3.2. NORMAS Y CODIGOS PARA EL DISEÑO	45
a. Reglamento nacional de vehículos (RNV).....	45
b. Manual CEMA.....	45
c. Norma AWS D1.1/D1.....	45
3.3. DISEÑO DE BASTIDOR	46
3.3.1. Características preliminares	46
3.3.2. Geometría de bastidor propuesta.....	47
3.3.3. Análisis de cargas	48
3.4. SELECCION DE ELEMENTOS DE BANDA TRANSPORTADORA	53
3.4.1. Consideraciones preliminares	53
3.4.2. Capacidad de producción.....	53
a. Angulo de sobrecarga según material a transportar (Anexo 1).....	53
b. Selección de ancho de banda vs tamaño de terrón (Anexo 2)	53
c. Selección de velocidad de banda (Anexo 3).....	53
3.4.3. Potencia de motor	54
3.5. DISEÑO DE TOLVAS	57
3.5.1. Tolva de contención de agregado.....	57
3.5.2. Tolva de dosificado de agregado.....	60
3.5.3. Tolva de dosificado de cemento.....	61
3.6. SELECCIÓN DE BOMBA	65
a. Flujo volumétrico.....	65
b. Selección de tamaño de tubería.....	65
c. Ecuación general de la energía.....	66
d. Perdidas de energía por fricción y accesorios	66
e. Determinamos el Numero de Reynolds	67
f. Determinamos factor de fricción.....	67
g. Determinando perdidas de energía.....	68
4. DISCUSIÓN	70
5. CONCLUSIÓN	71
6. RECOMENDACIONES	71
7. REFERENCIAS	73
ANEXOS	74
ANEXO 1: Fluidez, ángulo de sobrecarga y ángulo de reposo	74
ANEXO 2: ancho de banda según tamaño de terrón.....	74
ANEXO 3: Máxima velocidad recomendada	75
ANEXO 4: Área y capacidad a 35° - 100fpm.....	76
ANEXO 5: Coeficiente C de longitud de banda.....	76
ANEXO 6: Coeficiente de fricción de partes giratorias	76
ANEXO 7: Peso promedio de banda	77
ANEXO 8: Peso promedio de rodillos superiores e inferiores	77
ANEXO 9: Coeficiente de relleno de sección	78

ANEXO 10: Coeficiente de disminución del flujo de material	78
ANEXO 11: Coeficiente de resistencia de material	78
ANEXO 12: Composición química del acero ASTM A-36	79
ANEXO 13: Propiedades del acero ASTM A-36	79
ANEXO 14: Tipos de Hélice	79
ANEXO 15: Propiedades del agua	80
ANEXO 16: Rugosidad del material	80
ANEXO 17: Hoja de propiedades de bomba “ACECAT”	81
ANEXO 18: Tabla de dosificaciones	82
ANEXO 19: Dimensiones generales de la planta de concreto	82
ANEXO 19: Matriz de consistencia	85

RESUMEN

Una planta dosificadora de concreto es un equipo que gradúa cada componente para la fabricación de concreto para grandes obras de ingeniería civil. En este proyecto se diseñó una planta dosificadora de concreto con capacidad de 50 m³/h para la empresa ALER EQUIPOS SAC en la ciudad de Trujillo.

El desarrollo de este proyecto considera tanto el diseño mecánico, como la selección y dimensión de todos los componentes que conforman la planta dosificadora de concreto, además de las normas y códigos que interfieren en el diseño de la misma.

Se consideró los requerimientos técnicos e ingenieriles para llevar a cabo la producción de concreto premezclado según sea el diseño de este. Se determinó las dimensiones y peso de la estructura del bastidor, de acuerdo a norma plasmada en el Reglamento Nacional de Vehículos (RNV). Mediante el análisis estructural, el bastidor es capaz de soportar cada elemento a montar en ella. Se seleccionó el mejor sistema de dispensación continuo y se diseñaron las tolvas de contención y dosificación de agregado y cemento según la capacidad requerida, mediante la observación de las propiedades y comportamiento de estos materiales.

Finalmente se realizó el modelado de toda la planta para determinar las cargas a las que están sometidos los elementos del bastidor y hacer una comparación de los cálculos realizados con los cálculos obtenidos en el Software SolidWorks®.

Palabras clave: *Planta de concreto, Dosificado de concreto, Obras de ingeniería civil.*

ABSTRACT

A concrete batch plant is a team that graduates each component for the manufacture of concrete for large civil engineering. In this project, a concrete batching plant with a capacity of 50 m³ / h for the company ALER EQUIPMENT SAC in the city of Trujillo was designed.

The development of this project considers both the mechanical design and the selection and dimensions of all components that make up the concrete batching plant, in addition to the standards and codes that interfere with the design of it.

Technical and engineering requirements are considered to carry out the production of ready-mix concrete as the design of this. The dimensions and weight of the frame structure, according to the norms embodied in the National Vehicle Regulations (RNV) was determined. By structural analysis, the frame is able to support each element to ride it. The best system for continuous dispensing hoppers selected and containment and dosage of aggregate and cement were designed according to the required capacity, by observing the properties and behavior of these materials.

Finally the whole plant modeling was performed to determine the loads they are subjected to the framing members and make a comparison of the calculations with the calculations obtained in the SolidWorks® Software.

Keywords: *concrete plant, Dosed concrete, civil engineering*

1. INTRODUCCION

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Perú es un país con gran diversidad de recursos, los cuales mediante los procesos adecuados podemos extraerlos para el aprovechamiento y explotación de estos recursos. En los últimos 4 años, la minería tuvo un auge considerable que mantiene hasta la fecha, esto trajo consigo que proyectos ingenieriles en minería de gran envergadura se lleven a cabo, los cuales a su vez generan obras preliminares de ingeniería civil para facilitar el transporte de productos mineros y personal.

ALER EQUIPOS SAC se inició como una compañía dedicada a la adquisición y alquiler de equipos para construcción civil tales como: camiones mezcladores de concreto, camiones bomba pluma, camiones grúa, compresores, generadores y camionetas 4x4. Sin embargo la filosofía de trabajo de la directiva de la empresa ha permitido ampliar la visión acorde con el crecimiento del país, tal es así que, actualmente Aler Equipos SAC ha tomado la iniciativa de innovar, crear, diseñar y/o fabricar solucionar según la coyuntura del medio.

Dentro de los proyectos de construcción de la empresa Aler Equipos SAC resulta de vital importancia el uso de plantas dosificadoras de concreto. Estas plantas brindan un ahorro de tiempo considerable en la que obtención de las proporciones definidas por las normas técnicas de calidad para la mezcla de concreto. Mediante estudios propios de la empresa esta ha determinado que la fabricación de este equipo produciría ganancias considerables al evitar la importación de estos equipos. A futuro, la venta de estos equipos en el mercado peruano es un camino que se considera con bastante optimismo.

El presente proyecto trata sobre el análisis estructural de una planta dosificadora de concreto de acuerdo al uso más frecuente en el medio peruano.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

José Pérez Vaca (Universidad de Sevilla, Julio 2011) en su tesis: “**Diseño y cálculo de un vehículo cosechador de fresas**”, realizó un diseño de uno de los primeros proyectos en la mira de la empresa Agrobot. Analizó estáticamente la propuesta que plasmó y lo evaluó con ayuda de un software de simulación para pronosticar las futuras fallas o evitarlas.

Tuvo como referencia a las máquinas cosechadoras de fresas comerciales para tener una idea del prototipo y los componentes que se utilizaban en este vehículo. Determinó la estructura del bastidor en función a la tarea a realizar.

Camilo Andrés Bolívar Cordero, en su artículo: “**Diseño de una planta portátil dosificadora de concreto con capacidad de 40 metros cúbicos por hora**”, describe el proceso de diseño de una planta portátil dosificadora de concreto, involucrando innovadoras soluciones. Se analiza el comportamiento de las estructuras usando software de elementos finitos, condiciones de sustentación en el comportamiento estructural para el servicio. El proyecto se ajusta a requerimientos básicos, como el aspecto ambiental, el costo de construcción, el mantenimiento y operación de la planta.

Cesar Augusto Chacón Cárdenas (Universidad Cesar Vallejo 2011) en su tesis: “**Análisis de fallas del chasis de un semirremolque tipo plataforma de 3 ejes para la empresa de transportes Juancjumer EIRL de la ciudad de Trujillo**”, se centró en el análisis de fallas del chasis del semirremolque mediante un análisis estático y uno análisis por fatiga ubicados cerca de la mesa King-ping del semirremolque tipo plataforma de 3 ejes.

1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1. Diseño de bastidor

a. Generalidades

Es la estructura principal donde se apoyan todos los componentes y accesorios necesarios para cumplir las funciones para la cual fue fabricado. **(Vaca, 2011)**

b. Tipos

➤ Con largueros longitudinales

Se compone de dos perfiles longitudinales llamados largueros, unidos entre sí por travesaños que se disponen perpendicularmente a los largueros.

➤ Autoportantes

Es la más utilizada por los fabricantes. Toda la estructura del vehículo forma parte esencial del bastidor.

➤ Tubular

Nace de la necesidad de obtener estructuras más ligeras y esbeltas.

➤ Bastidor de plataforma

Es un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos, de varias chapas que forman una base fuerte.



Imagen 1, Bastidor de largueros longitudinales



Imagen 2, Bastidor autoportante



Imagen 3, Bastidor tubular

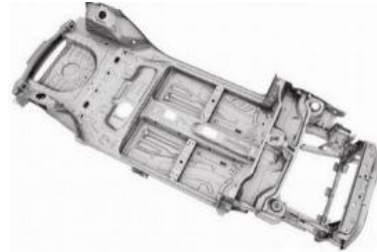


Imagen 4, Bastidor plataforma

c. Diseño de estructura

El análisis estructural consiste en la determinar el efecto de las acciones sobre la totalidad o parte de la estructura.

El análisis estructural proporciona resultados a nivel global (reacciones, desplazamientos) y a nivel seccional (esfuerzos, curvaturas, elongaciones). Debe servir, también, para determinar el comportamiento a nivel local (tensiones, deformaciones).

Las ecuaciones utilizadas son:

- Sumatoria de fuerzas en los ejes

Fuerza es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o forma de los materiales y la unidad de medida es el Newton (N). (Wikipedia, 2016)

Podemos determinar las fuerzas que actúan mediante la ecuación

$$\sum F_{x,y,z} = 0 \quad \text{Ec. 1}$$

(Hibbeler, 2010)

- Sumatoria de momentos en los puntos

Momento es la magnitud pseudo-vectorial que representa el giro de un cuerpo alrededor de un punto producido por una fuerza, donde su línea de acción no pasa por el punto, aplicada a una determinada distancia. (Hibbeler, 2010)

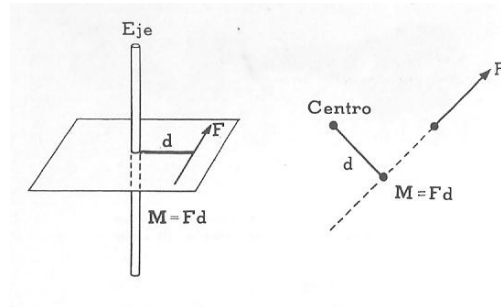


Imagen 5, Momento de una fuerza

La magnitud del momento se mide como sigue:

$$M = Fd \quad \text{Ec. 2}$$

(Hibbeler, 2010)

$$\sum M_{x,y,z} = 0 \quad \text{Ec. 3}$$

(Hibbeler, 2010)

- Esfuerzo de tracción – compresión

Esfuerzo es la intensidad de las fuerzas distribuidas normalmente a través de una sección dada. (Beer, 2009)

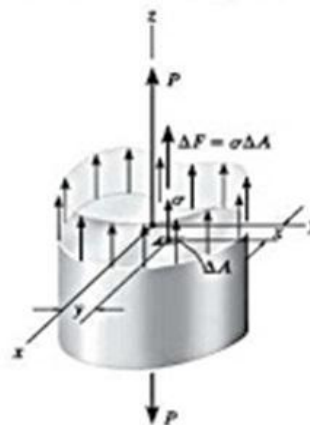


Imagen 6, Esfuerzo normal

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. 4}$$

(Beer, 2009)

- Esfuerzo cortante

Es la intensidad de las fuerzas distribuidas transversalmente a través de una sección dada. (Beer, 2009)

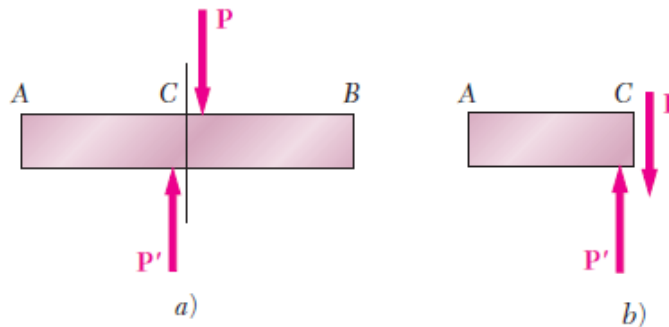


Imagen 7, Esfuerzo cortante

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{Ec.5}$$

(Beer, 2009)

- Análisis de columnas sometidas a compresión

Los análisis de pedestales o columnas sometidos a compresión difieren de forma significativa de los elementos sometidos a tensión o torsión. Para estos casos se utiliza la fórmula de Euler, la cual se aplica para columnas muy esbeltas:

$$P_{Crit} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

P_{Crit} : Carga critica.

E : Modulo de elasticidad

I : Momento de inercia de área

L_e : Longitud efectiva de pandeo

La carga crítica, es la carga concéntrica axial, que origina que la columna esté en el punto de iniciación del pandeo.

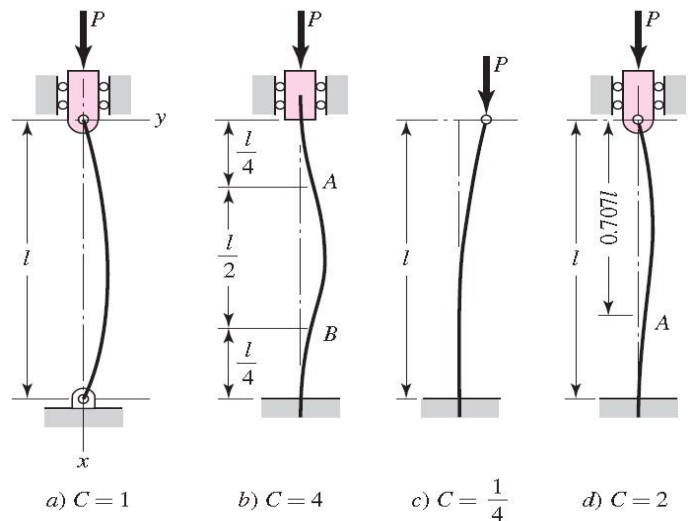


Imagen 8, Condiciones extremo de columna

La fórmula de Euler para columnas puede extenderse para aplicarse a las diferentes condiciones de extremos de dichas columnas.

$$P_{Crit} = \frac{C\pi^2 EI}{L_e^2} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

C : Constante de condiciones de extremo

En la práctica es difícil fijar los extremos de tal manera que se pueda utilizar $C = 2$ o $C = 4$, sin embargo sigue siendo una posibilidad poder utilizar $C = 1,2$ si se determina usar factores de seguridad amplios.

Condiciones de extremos de columnas	Constante C de condición de extremos		
	Valor teórico	Valor conservador	Valor recomendado*
Empotrado-libre	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Articulado-articulado	1	1	1
Empotrado-articulado	2	1	1.2
Empotrado-empotrado	4	1	1.2

*Para usarse sólo con factores de seguridad amplios cuando la carga de la columna se conozca con exactitud.

Imagen 9, Constantes de condiciones finales de las columnas de Euler

1.3.2. Selección de elementos para transportador de banda

a. Generalidades

Son aparatos utilizados para el desplazamiento de objetos sólidos y material a granel a gran velocidad y cubriendo grandes distancias. (Miravete, 2002)

Elementos de transportador de banda	
1. Estructura de soporte	6. Soporte de la cinta en tramo de retorno
2. Tambor de accionamiento	7. Sistema de limpieza de la banda
3. Tambor de reenvío	8. Carga del transportador
4. Tambores tensores	9. Descarga del transportador
5. Soporte de cinta en el tramo portante	

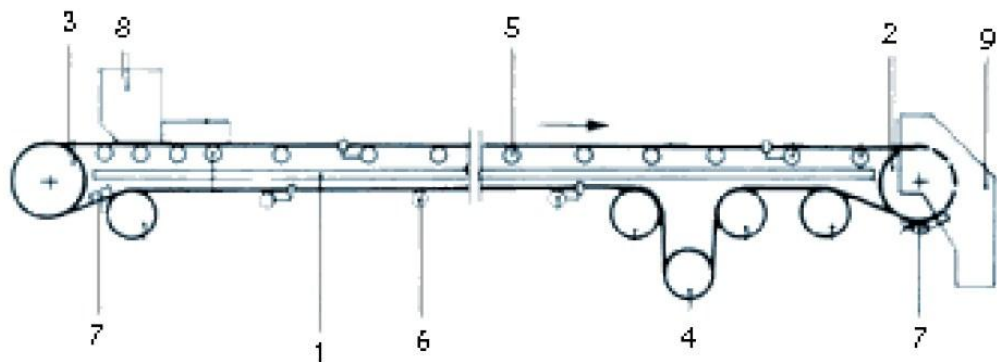


Imagen 10: Partes de transportador de faja

b. Tipos

- Según disposición de rodillos de apoyo: banda plana, banda abarquillada.
- Según banda transportadora: banda plana, banda con pestañas onduladas y salientes, banda con superficie de trabajo acanalada.



Imagen 11: Faja plana

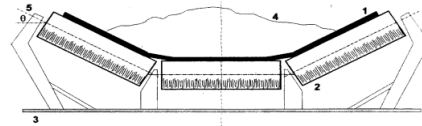


Imagen 12: Faja abarquillada

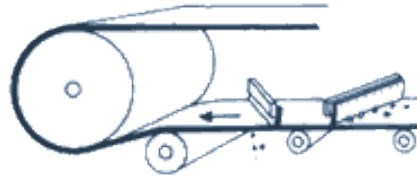


Imagen 13, Banda plana

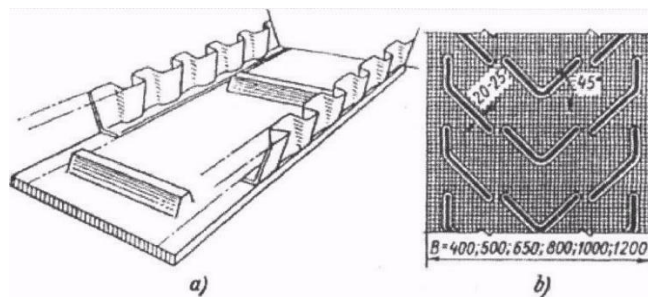


Imagen 14, a) Banda con pestañas onduladas y salientes. b) Banda acanalada

c. Cálculos para la selección de elementos de transportador

En esta sección utilizaremos:

El manual CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) para seleccionar los elementos que tengan la capacidad de producción deseada.

Adicionalmente usaremos las tablas de soporte de “LOS TRANSPORTES EN LA INGENIERIA INDUSTRIAL” de Antonio Miravete, donde encontraremos tablas para determinar las variables que influyen en la potencia requerida para accionar el transportador de banda.

Tengamos en cuenta las siguientes variables para seleccionar los elementos:

- Capacidad de producción

La capacidad de producción o capacidad productiva es el máximo nivel de actividad que puede alcanzarse con una estructura productiva dada. (Wikipedia, 2016)

Para nuestra investigación los factores que lo determinan son:

- Ángulo de sobrecarga y reposo según tamaño de terrón de material a transportar (ANEXO 1)
- Ancho de banda (ANEXO 2)
- Velocidad de banda (ANEXO 3)

- Potencia de motor

Es la cantidad de trabajo efectuado por unidad de tiempo.

(Wikipedia, 2016)

Se determina mediante:

$$N_m = \frac{N_a}{\eta} \quad \text{Ec. 8}$$

(Miravete, 2002)

Donde:

N_a : Potencia en la polea motriz

η : Rendimiento mecánico del impulsor

η_{red} : Rendimiento mecánico de reductor

Simultáneamente tenemos:

$$N_a = \frac{F \times v}{75} \quad \text{Ec. 9}$$

(Miravete, 2002)

Donde:

F : Fuerza desarrollada en la polea motriz

Esta a su vez se calcula mediante la ecuación:

$$F = C \times f \times L \left[(P_Q + 2P_B) \cos \varphi + P_S + P_i \right] + H \times P_Q \quad \text{Ec. 10}$$

(Miravete, 2002)

Esta ecuación es validad para bandas inclinadas.

Donde:

C : Coeficiente de longitud de banda (ANEXO 5)

f : Coeficiente de fricción entre partes giratorias (ANEXO 6)

φ : Angulo de inclinación de la banda

L : Longitud de transporte

P_Q : Peso del material por metro de banda

P_B : Peso por metro de banda (ANEXO 7)

P_S : Peso de las partes móviles por metro en el ramal superior
(ANEXO 8)

P_i : Peso de las partes móviles por metro en el ramal inferior
(ANEXO 8)

H : Altura de trabajo

1.3.3. Diseño de Tolvas

a. Generalidades

Es un dispositivo parecido a un embudo destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados. (Wikipedia, 2016)

b. Tipos

Tolva con dosificador volumétrico, dosificador de tornillo sin fin y por gravedad.



Imagen 15, Tolva con dosificador Volumétrico

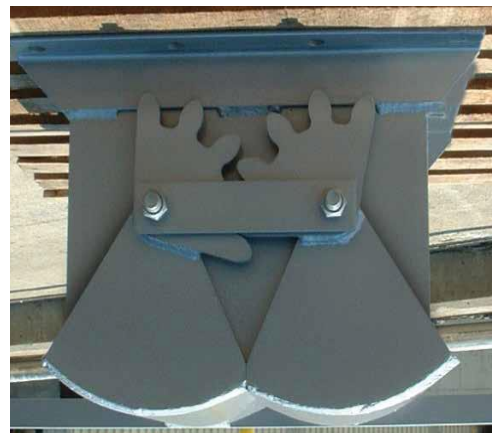


Imagen 166, Tolva con dosificador por gravedad

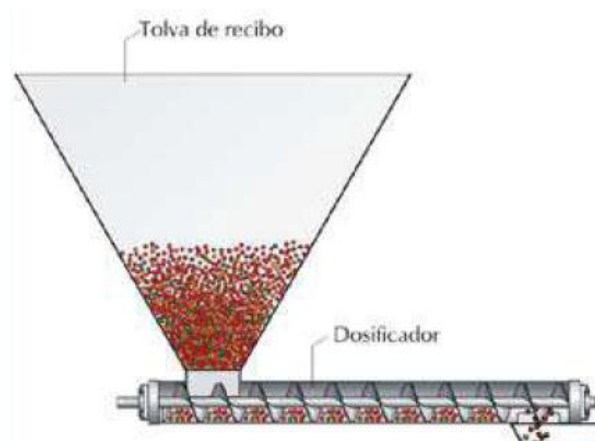


Imagen 177, Tolva con dosificador de tornillo sin fin

c. Cálculos importantes

- Factores que debemos considerar para el diseño de tolvas:
 - Capacidad de almacenamiento
 - Densidad aparente del material
 - Propósito de la tolva y el efecto que tendrían sus dimensiones básicas.
 - Material de construcción de la tolva.
 - Volumen inútil de 15 a 30 % del volumen total
- Volumen

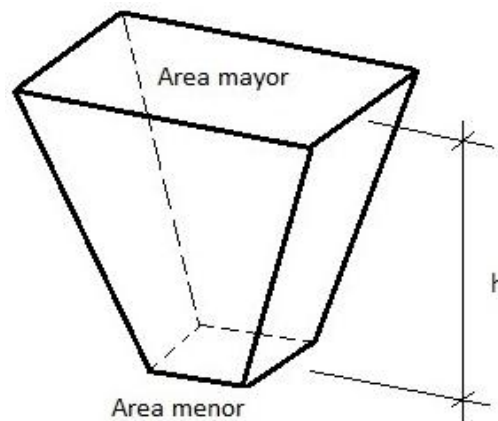


Imagen 18, Dimensiones de tolva

Para determinar el volumen se utiliza la siguiente formula:

$$V = \frac{h}{3} (A + A' + \sqrt{A + A'}) \quad \text{Ec. 11}$$

(Vitutor, 2015)

1.3.4. Diseño de transportador de tornillo Sinfín

a. Generalidades

Son máquinas de transporte continuo con el órgano de tracción rígido, que se emplean en el transporte de sólidos en infinidad de industrias, teniendo aplicaciones en toda índole.

El sistema de transmisión está formado por un sistema de motor reductor que es el encargado de suministrar la potencia necesaria para el movimiento del tornillo sin fin. (Ecured, 2016)

En el anexo 14 encontraremos los tipos de hélice y lo podremos seleccionar según el material a transportar.

b. Tipos

- Tubular

Aptos para la extracción, dosificación y el transporte de barro, hormigón y materiales inertes de varios tipos, tanto en posición horizontal como inclinada hasta llegar al transporte vertical, usando varias prolongaciones ensambladas con bridas:

- Puede tomar cualquier longitud.
- Expresos puntos de engrase.
- Potencias de motores desde 1.1 hasta 15 KW. Y que pueden adoptar reductores de diferentes relaciones.
- Motor montado en zona de carga o descarga.

- De canal

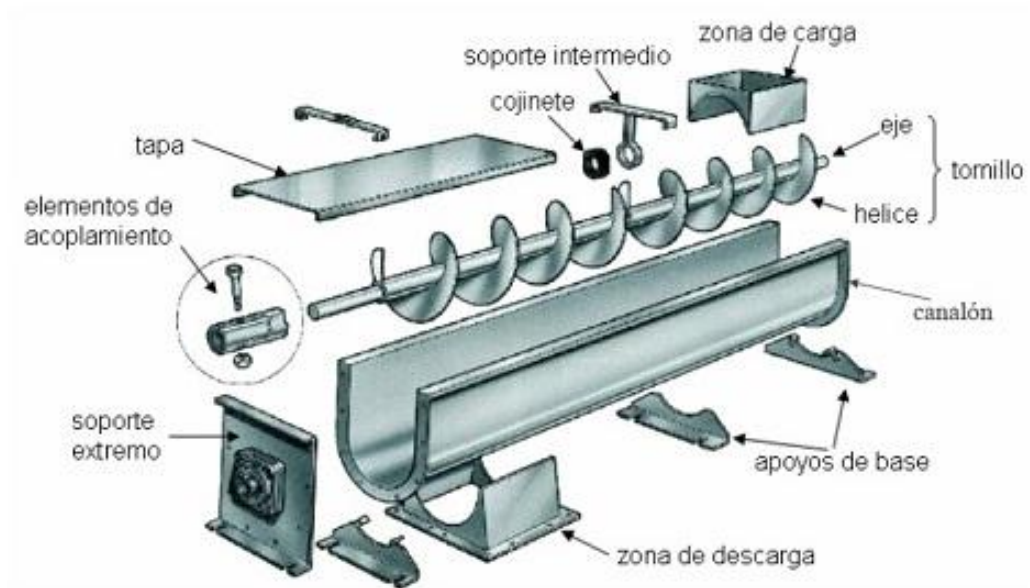


Imagen 19, Tornillo sin fin de canal

Ventajas

- Son compactos
- Diseño modular: fácil instalación
- Soportes y apoyos simples
- Resistencia a altas temperaturas
- Hermético y versátil

Desventajas

- Materiales no frágiles o delicados
- Material no abrasivo
- Mayores requerimientos de potencia
- Volumen bajo de material

c. Cálculos importantes

Determinación del flujo de material

- Área de relleno de canal

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

λ : Coeficiente de relleno de sección - evita amontonamiento
(ANEXO 9)

- Velocidad de desplazamiento

$$v = \frac{t \times n}{60} \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

t : Paso del tornillo

n : Velocidad de giro del tornillo

- Paso de tornillo

$$0,5 \times D \leq t \leq 1 \times D \quad \text{Ec. 14}$$

- Diámetro de tornillo

Para material homogéneo

$$D = 12 \times d \quad \text{Ec. 15}$$

Para material no homogéneo

$$D = 4 \times d \quad \text{Ec. 16}$$

Donde:

d : Diámetro de los pedazos a transportar

- Velocidad de tornillo

Materiales pesados

$$n \approx 50rpm$$

Materiales ligeros

$$n < 150rpm$$

- Flujo del material transportado

$$Q = 3600 \times S \times v \times \delta \times k \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

k : Coeficiente de disminución del flujo de material (ANEXO 10)

- Potencia de accionamiento

$$P = P_H + P_N + P_{st} \quad \text{Ec. 18}$$

Donde:

P_H : Potencia para desplazar horizontal del material

$$P_H = c_0 \frac{QLg}{3600} = c_0 \frac{QL}{367} \rightarrow \quad \text{Ec. 19}$$

P_N : Potencia para el accionamiento en vacío del tornillo

$$P_N = \frac{DL}{20} \quad \text{Ec. 20}$$

P_{st} : Potencia para tornillo inclinado

$$P_{st} = \frac{QH}{367} \quad \text{Ec. 21}$$

Donde:

c_0 : Coeficiente de resistencia del material (ANEXO 11)

L : Longitud de la instalación

g : Aceleración de la gravedad

H : Altura de la instalación

1.3.5. Selección de bomba de agua

Para seleccionar la bomba de agua necesaria, necesitamos establecer los factores que influyen en ello:

- a. Flujo volumétrico

$$Q = A \times v \quad \text{Ec. 22}$$

(Mott, 2006)

Donde:

Q : Flujo Volumétrico

A : Área transversal de la tubería

v : Velocidad promedio del flujo

- b. Ecuación de la continuidad de la energía:

Establece que el caudal de fluido que entra en un conducto es igual al caudal que sale de él.

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{Ec. 23}$$

(Mott, 2006)

De esto se deduce la ecuación de la continuidad para líquidos:

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2 \quad \text{Ec. 24}$$

(Mott, 2006)

- c. Teorema de Bernoulli

Describe el comportamiento de un fluido en movimiento a lo largo de un conducto cerrado.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec. 25}$$

(Mott, 2006)

Donde:

p : Presión

γ : Peso específico del líquido

z : Carga de elevación

v : Velocidad promedio

g : Aceleración de la gravedad

d. Ecuación general de la energía:

Es una extensión del teorema de Bernoulli en el cual se contabilizan las ganancias y pérdidas de energía en el sistema

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ec. 26}$$

(Mott, 2006)

Donde:

h_A : Energía que se agrega al fluido

h_R : Energía que se remueve del fluido por mecanismo

h_L : Pérdidas de energía por fricción y accesorios

e. Pérdidas de energía por fricción y accesorios

$$h_L = K \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ec. 27}$$

(Mott, 2006)

Donde:

K : Coeficiente de pérdida de energía

f. Coeficiente de pérdida de energía

$$K = f \times \frac{L}{D} \quad \text{Ec. 28}$$

(Mott, 2006)

Donde:

f : Factor de fricción

g. Factor de fricción

- Para flujo laminar:

$$f = \frac{64}{NR} \quad \text{Ec. 29}$$

(Mott, 2006)

Donde:

NR : Numero de Reynolds

- Para flujo turbulento

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(D/\epsilon)} + \frac{5,74}{NR^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \text{Ec. 30}$$

(Mott, 2006)

Y lo podemos corroborar en el diagrama de Moody (Anexo).

Para este caso se compara el número de Reynolds (NR) y

rugosidad relativa (D/ϵ) en el diagrama.

h. Numero de Reynolds

$$NR = \frac{v \times D}{\nu} \quad \text{Ec. 31}$$

Donde:

v : Velocidad del líquido

D : Diámetro de tubería

ν : Viscosidad cinemática

Este término determina si el flujo es laminar o turbulento en los siguientes parámetros:

Si $NR < 2000 \rightarrow$ laminar

Si $NR > 4000 \rightarrow$ turbulento

i. Potencia teórica de bomba

$$P_B = \gamma \times Q \times h_A \quad \text{Ec. 32}$$

(Mott, 2006)

j. Potencia real de la bomba

$$P_{rB} = \frac{P_{rB}}{\eta_B} \quad \text{Ec. 33}$$

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la configuración, dimensiones y características de una planta dosificadora de concreto con capacidad de 50m³/h?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El proyecto “Diseño de una planta dosificadora de concreto de 50 m³/h en la empresa ALER EQUIPOS SAC. - TRUJILLO“, se le da la importancia del caso debido a las siguientes características:

a. Relevancia tecnológica:

Se investigarán tecnologías para desarrollar un análisis del sistema de pesaje de la planta dosificadora, tomando como herramientas principales el programa de diseño y simulación y la programación automática para obtener resultados óptimos requeridos.

b. Relevancia económica:

El desarrollo de este análisis servirá a la empresa de soporte para próximos proyectos, evitando gastos adicionales en cuanto a material y tiempo utilizado en la fabricación e instalación.

c. Relevancia institucional:

Este proyecto es un aporte que hará ver a la empresa y al público interesado, en la capacidad que tenemos como institución universitaria y puntualmente como escuela, de realizar diseños, análisis de esta índole, teniendo como objetivo los mejores resultados en ingeniería para la sociedad.

1.6. HIPOTESIS

No aplica para este proyecto.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. GENERAL

Diseñar una planta dosificadora de concreto con capacidad de 50m³/h.

1.7.2. ESPECIFICOS

- Obtener las normas y códigos pertinentes para el diseño de plantas dosificadoras de concreto o partes componentes de ella.
- Generar 3 conceptos alternativos capaces de solucionar el problema planteado.
- Seleccionar la alternativa más ventajosa mediante una matriz de selección.
- Determinar las dimensiones generales usando las restricciones de las Normas y/o códigos.
- Calcular las cargas de diseño para el análisis estructural.
- Seleccionar el Material para la estructura y accesorios de la planta dosificadora o sus partes componentes.
- Optimizar las dimensiones del bastidor y accesorios manteniendo un factor de seguridad mayor o igual al requerido ($n \geq .20$) mediante software de simulación comercial (Solidworks®).

2. MÉTODO

2.1. DISEÑO DE INVESTIGACION

Diseño Pre-experimental: Se realizará una simulación en el software comercial SolidWorks.

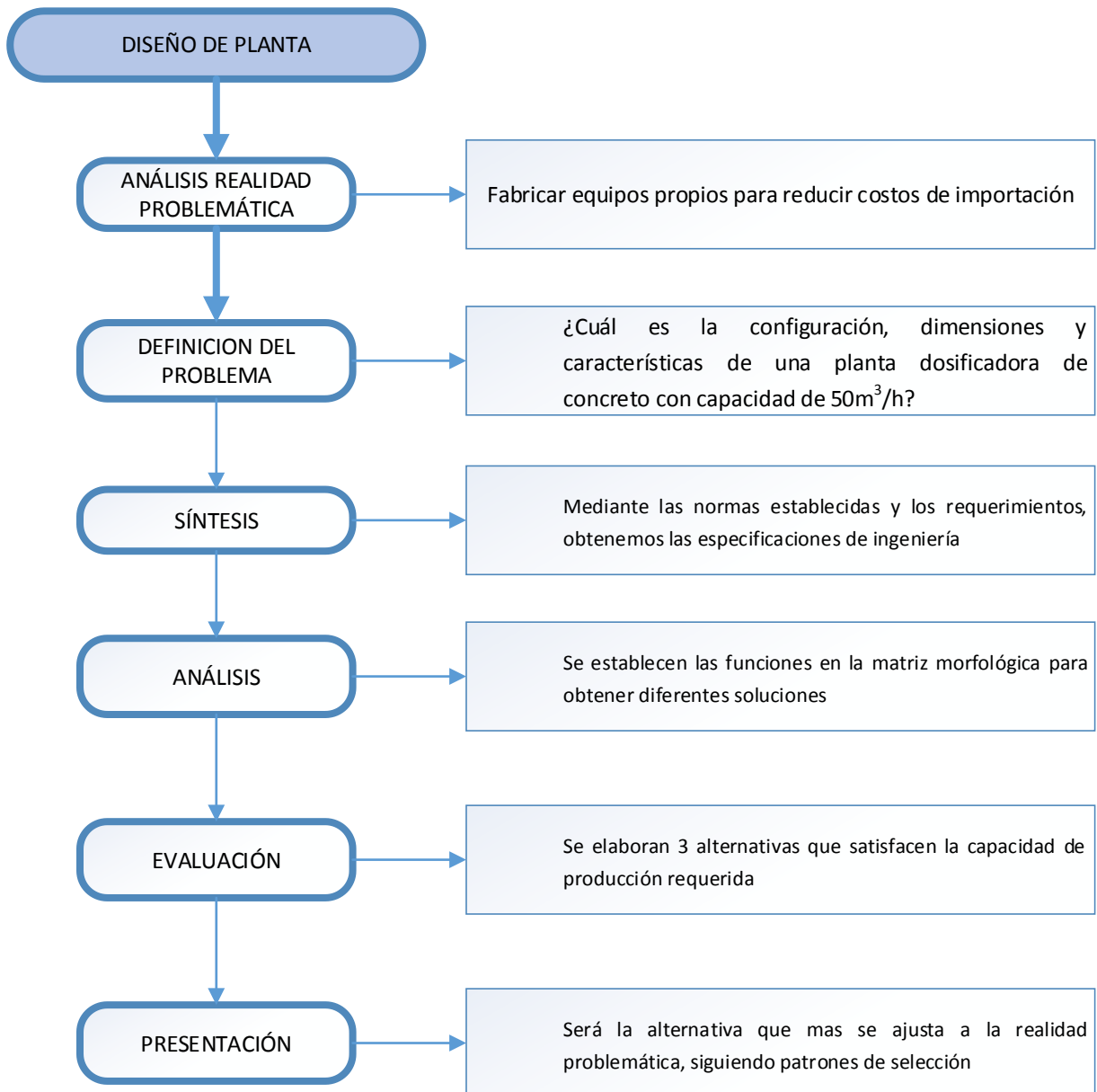


Imagen 20, Diseño de investigación

2.2. IDENTIFICACION DE VARIABLES

2.2.1. Variables

a. Variables independientes

- Capacidad de producción: 50 m³/h
- Propiedades de los componentes del concreto

b. Variable dependiente

- Estructura del bastidor de la planta
- Propiedades de la tolva de agregado
- Propiedades de la tolva de dosificado de cemento
- Sistema de dispensación de los agregados.
- Sistema de abastecimiento de agua.

c. Variable interviniente

- Dimensiones de túneles y puentes en territorio peruano.
- Normas y Reglas determinadas.

2.2.2. Operacionalización de Variables

Tabla 1. Operacionalización de Variables

Variable dependiente	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Estructura del bastidor	Geometría del soporte de la planta y esfuerzos en los elementos que la componen.	Calculo de esfuerzo	$\sigma = \frac{F}{A} [Pa]$	Razón
Selección de sistema de dispensación	Selección según catálogo de fabricante	Calculo de capacidad de abastecimiento	$[m^3 / h]$	Razón
Propiedades de tolva de contención de agregado	Tamaño y capacidad de la tolva de gravilla	Calculo de Volumen	$[m^3]$	Razón
Propiedades de tolva de dosificado de agregado	Tamaño y capacidad de la tolva de gravilla	Calculo de Volumen	$[m^3]$	Razón
Propiedades de la tolva dosificado de cemento	Tamaño y capacidad de la tolva de arena	Calculo de Volumen	$[kg]$	Razón
Sistema de abastecimiento de agua	Selección según catálogo de fabricante	Calculo de caudal	$[Lt / min]$	Razón
Sistema de abastecimiento de aditivo	Selección según catálogo de fabricante	Calculo de caudal	$[Lt / min]$	Razón
Costo de fabricación	Materiales, mano de obra y gastos indirectos de fabricación cargados a los trabajos en su proceso	Calculo costos	$[S/.]$	Razón

Fuente: Elaboración Propia

2.3. POBLACIÓN MUESTRA Y MUESTREO

2.3.1. Población

Plantas dosificadoras.

2.3.2. Muestra

Plantas dosificadoras de concreto.

➤ Unidad de análisis

Planta dosificadora de concreto de 50 m³/h.

2.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Tabla 2, Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS	VALIDACIÓN
Análisis documental	Ficha de registro	Por experto
Entrevista	Ficha de entrevista	Por experto

Fuente: Elaboración propia

2.5. MÉTODOS DE ANALISIS DE DATOS

- Analítico: se analizó la información recolectada, ecuaciones de cálculos y mediciones realizadas y contrastada con los requerimientos establecidos en el presente proyecto
- Sintético: Se redujeron los criterios según el tipo de elemento diseñado
- Deductivo: Se redujeron los modelos matemáticos.
- Inductivo: Se predijo la falla de los elementos de la planta dosificadora.
- Técnica (Método y procedimiento)

2.6. ASPECTOS ETICOS

La presente investigación no atenta a la propiedad intelectual, ni el respeto con las convicciones políticos, religiosas y morales; respeto por el medio ambiente y la biodiversidad; responsabilidad social, política y ética; respeto a la privacidad; proteger la identidad de los individuos que participan en el estudio; honestidad, etc.

2.7. LISTA DE REQUERIMIENTOS

Tabla 3, Lista de requerimientos

LISTA DE REQUERIMIENTOS	
Proyecto: DISEÑO DE UNA PLANTA DOSIFICADORA DE CONCRETO DE 50 m ³ /h	
	Requerimientos
Función	Contención de materiales de construcción: arena, piedra, cemento Dosificación correcta de los materiales#. Expulsión de la mezcla hacia el móvil de transporte.
Geometría	Tipo semirremolque
Fuerzas	Debe soportar el peso del material
Energía	Cumple función con energía eléctrica suministrada por Grupo electrógeno
Materiales	Acero
Señales	Encendido de equipo. Presencia de arena, piedra, cemento, aditivo, aire, agua. Dosificación de materiales. Expulsión de mezcla. Emergencia.
Seguridad	El equipo brindará seguridad al operario durante la operación, mantenimiento y supervisión. Señalización de partes expuestas del equipo
Ergonomía	La operación del equipo debe ser cómoda para el operario
Fabricación	En taller de producción metal-mecánica: SERVICIOS INDUSTRIALES "ROMAN"
Montaje	Fácil para montaje y mantenimiento
Transporte	Enganchado a un tracto
Mantenimiento	Limpieza de tolvas, balanza y puntos de engrase.
Costos	\$ 40'000.00
Tiempo	6 meses

Fuente: Elaboración Propia

2.8. CAJA NEGRA

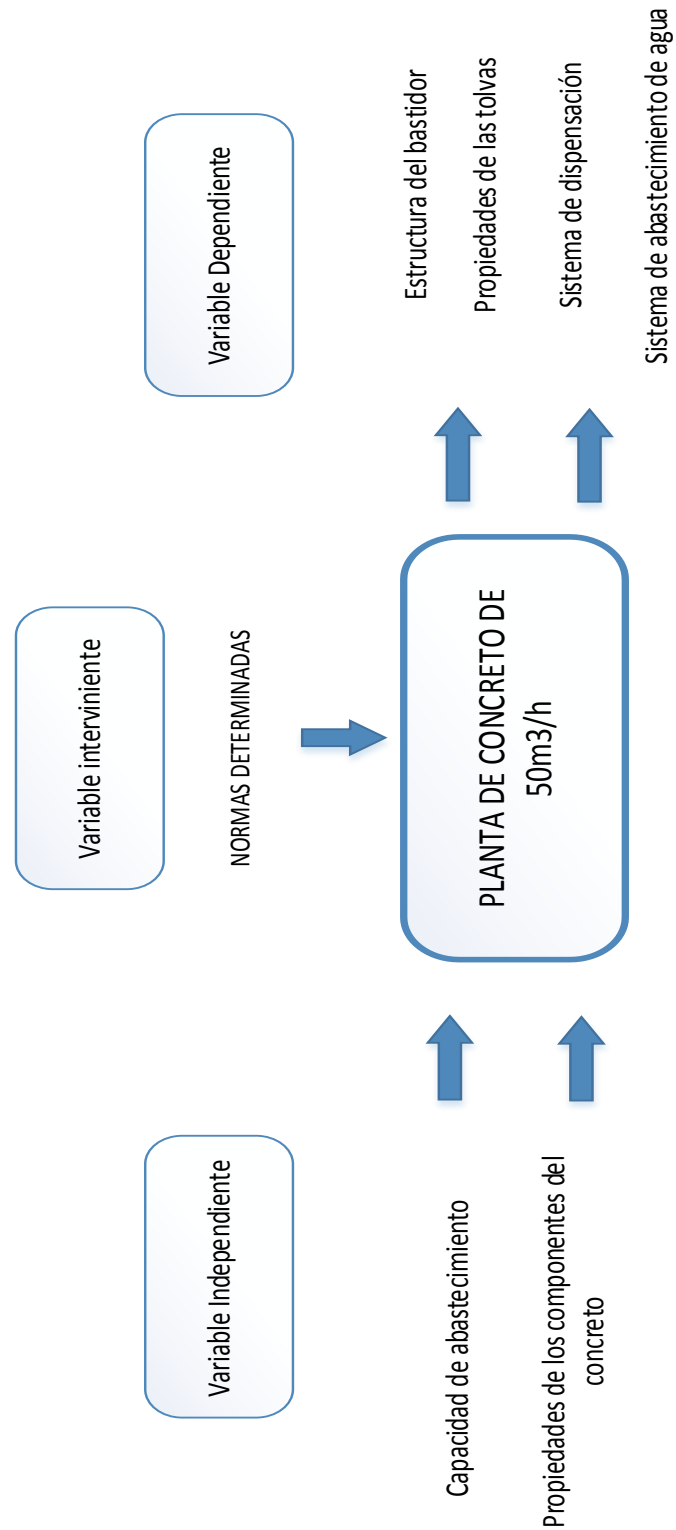


Figura 3.1 - Caja negra

2.9. ESTRUCTURA DE FUNCIONES

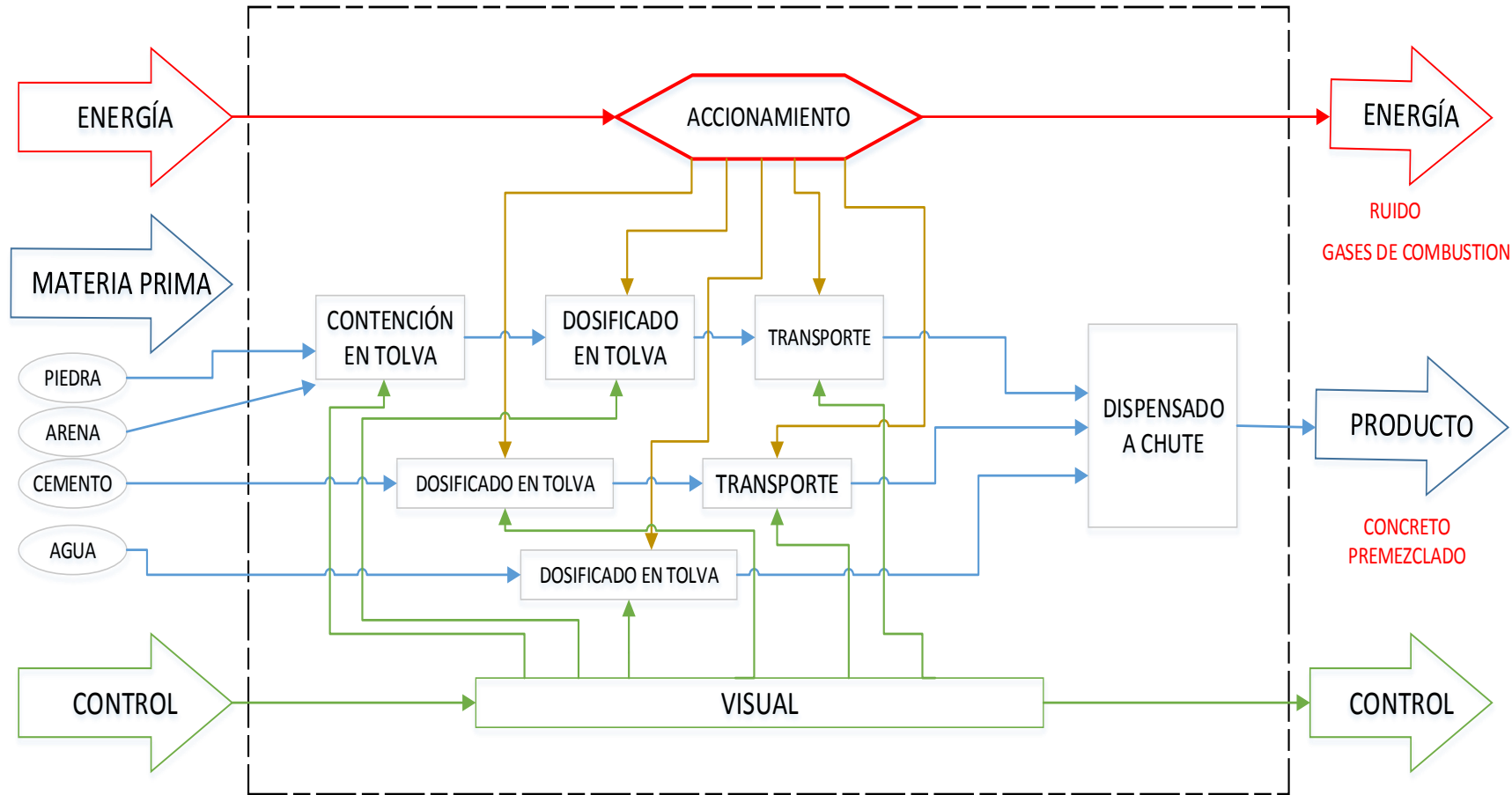

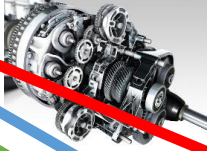













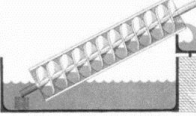





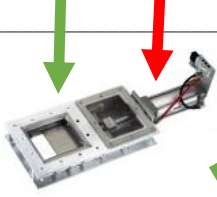

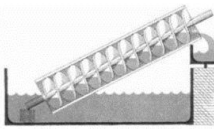


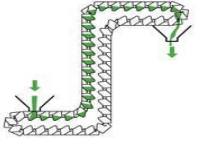
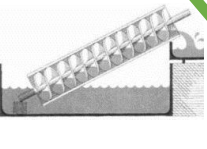






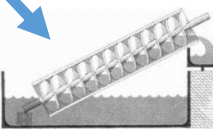
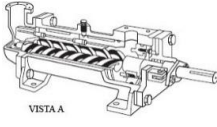
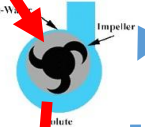
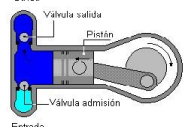
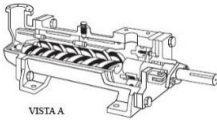
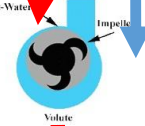
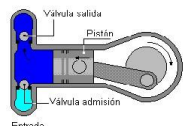


Imagen 21, Estructura de funciones

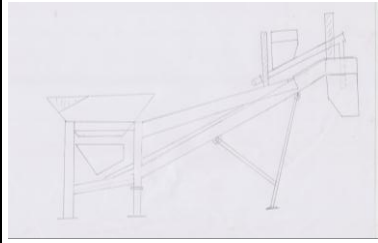
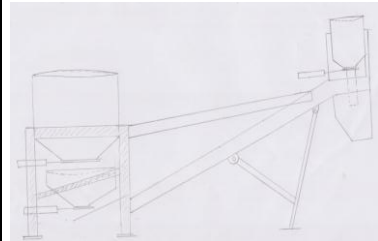
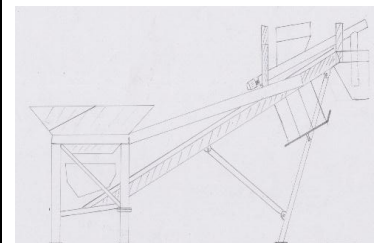
2.10. MATRIZ MORFOLÓGICA

2.10.1. Matriz solución

FUNCIONES	SOLUCIONES POSIBLES			
ENCENDIDO	 Manual	 Automatico		
BASTIDOR	 Autoportante	 Tubular	 Largueros	 Plataforma
BASTIDOR	 Fijo	 Movil		
CONTENER AGREGADO	 Tolva Cónica	 Tolva Cuadrada	 Tolva Rectangular	
MODO DE DISPENSADO	 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ aceleración= gravedad (g) Por Gravedad	 Por Elevación		
DISPENSAR AGREGADO	 Compuerta Guillotina Pistón Neumático	 Compuerta Cuchara	 Transportador sinfín	
DOSIFICAR AGREGADO	 Tolva Cónica	 Tolva Cuadrada	 Tolva Rectangular	
MODO DE DISPENSADO	 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ aceleración= gravedad (g) Por Gravedad	 Por Elevación		

FUNCIONES	SOLUCIONES POSIBLES		
DISPENSAR AGREGADO	 <p>Compuerta Guillotina Piston Neumático</p>	 <p>Compuerta Cuchara</p>	 <p>Transportador sinfín</p>
MODO DE DISPENSADO	 <p>aceleración= gravedad (g) Por Gravedad</p>	 <p>Por Elevación</p>	
TRANSPORTAR AGREGADO	 <p>Elevador de Cangilones</p>	 <p>Transportador sinfín</p>	 <p>Transportador de banda</p>
DOSIFICAR CEMENTO	 <p>Tolva Cónica</p>	 <p>Tolva Cuadrada</p>	 <p>Tolva Rectangular</p>
DISPENSAR CEMENTO	 <p>Compuerta Guillotina Piston Neumático</p>	 <p>Compuerta Cuchara</p>	 <p>Transportador sinfín</p>
ABASTECER AGUA	 <p>Bomba de Tornillo</p>	 <p>Bomba de Aspa</p>	 <p>Bomba Reciprocante</p>
ABASTECER ADITIVO	 <p>Bomba de Tornillo</p>	 <p>Bomba de Aspa</p>	 <p>Bomba Reciprocante</p>
	<p>SOL 1</p>	<p>SOL 2</p>	<p>SOL 3</p>

2.10.2. Matriz de selección

MATRIZ DE SELECCIÓN							
CONCEPTOS	CRITERIOS DE SELECCIÓN						
	COSTO	FACILIDAD DE DISEÑO	FACILIDAD DE OPERACIÓN	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	SEGURIDAD	FACILIDAD DE FABRICACIÓN	TOTAL
ALTERNATIVA	20%	20%	20%	10%	20%	10%	1
	6	8	8	7	5	6	
	1.2	1.6	1.6	0.7	1	0.6	6.7
	7	5	8	4	7	7	
	1.4	1	1.6	0.4	1.4	0.7	6.5
	8	9	8	7	7	7	
	1.6	1.8	1.6	0.7	1.4	0.7	7.8

De la matriz de selección obtenemos el mayor puntaje para la solución 3,
que es $Pt_{s-3} = 7,8$

2.11. REPRESENTACIÓN A MANO ALZADA

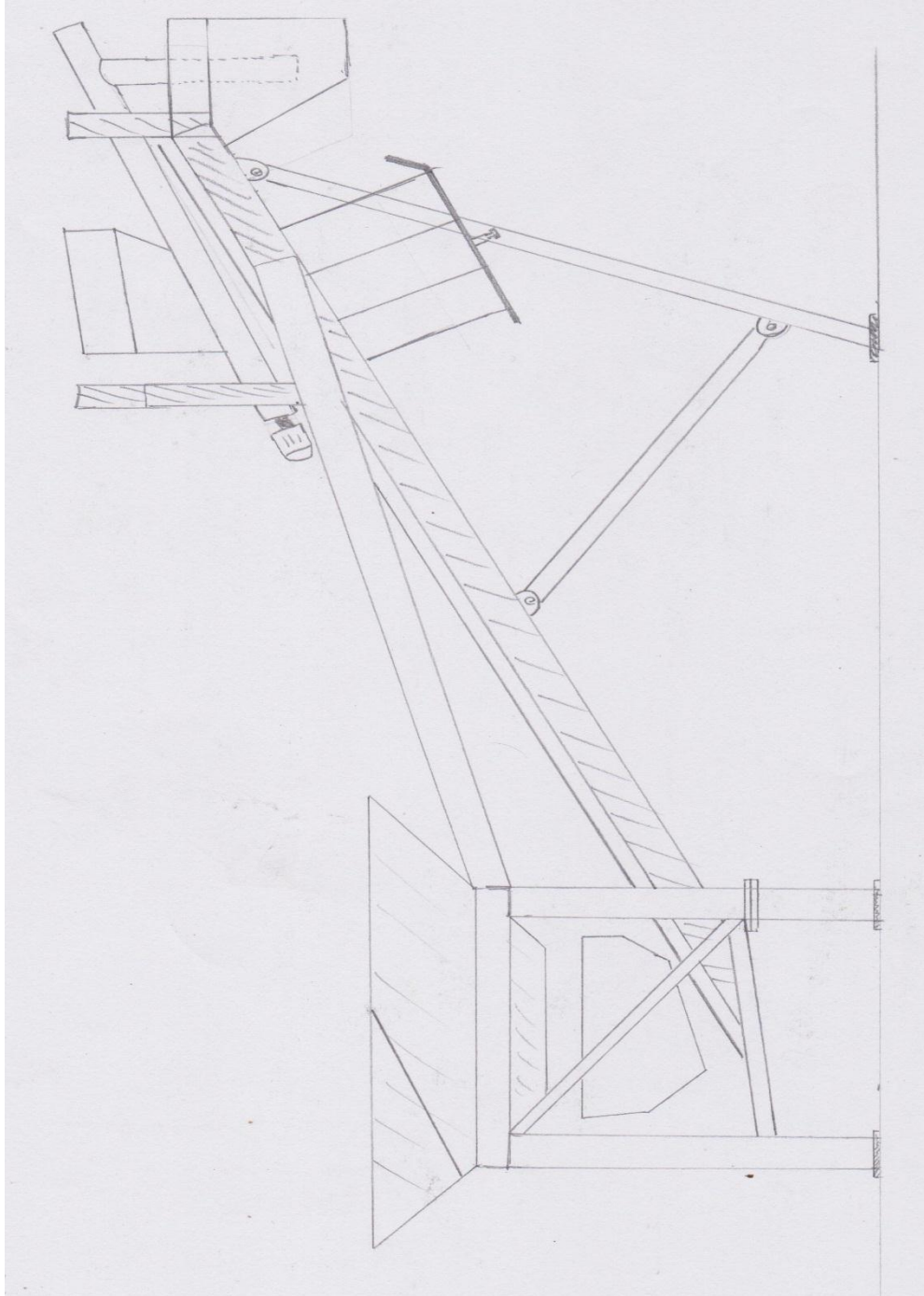
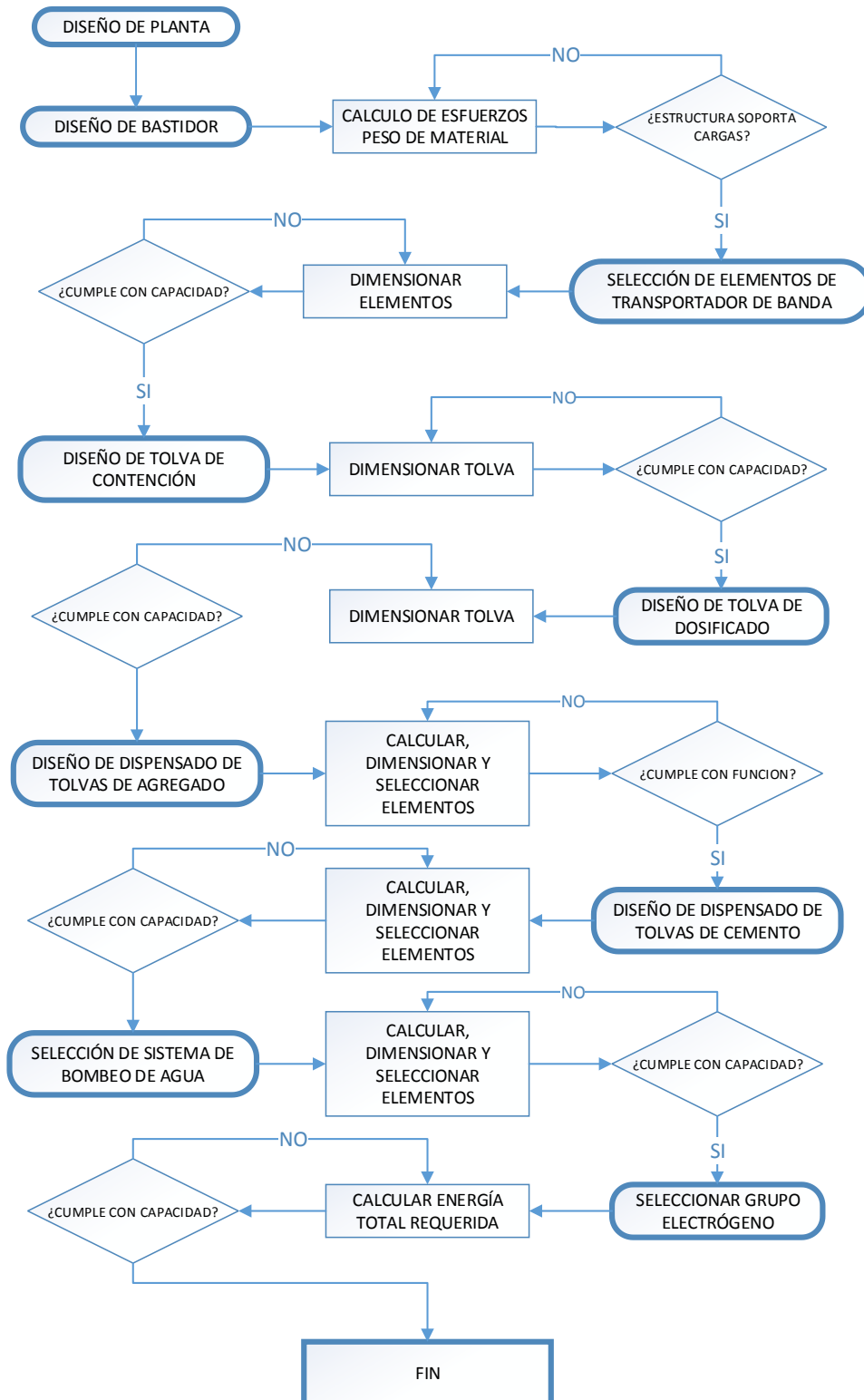


Imagen 22, Representación de mejor solución

3. RESULTADOS

3.1. DIAGRAMA DE FLUJO



3.2. NORMAS Y CODIGOS PARA EL DISEÑO

a. Reglamento nacional de vehículos (RNV)

Es un decreto supremo emitido por el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). Utilizaremos el RNV para conocer el peso y las dimensiones para el transporte de la planta por las diferentes rutas del interior del país.

b. Manual CEMA

Conveyor Equipment Manufacturers Association (Asociación de Fabricantes de Equipos de transporte) es una asociación comercial dedicado a diseñar equipos de transporte, además de ser una organización centrada en la adhesión voluntaria para diseñar normas, la seguridad, la fabricación y aplicaciones para promover el crecimiento de nuestra industria y el avance de la tecnología de manejo de materiales.

Mediante del manual determinaremos los componentes necesarios para asegurar la capacidad abastecimiento de la planta.

c. Norma AWS D1.1/D1.

Es la norma que establece la American Welding Society (sociedad americana de soldadura) que nos da alcance de los requerimientos para llevar a cabo una correcta unión de elementos soldados, desde la selección de material y dimensiones hasta la fabricación del equipo terminado.

3.3. DISEÑO DE BASTIDOR

3.3.1. Características preliminares

a. Dimensiones reglamentarias

Nuestra planta de concreto es móvil, por ende tendrá las características necesarias similares a la de un semirremolque. Estas características cumplen con las normas establecidas por el Ministerio de Transporte y comunicaciones.

Según el Reglamento Nacional de Vehículos (Pg. 86), estas dimensiones son:

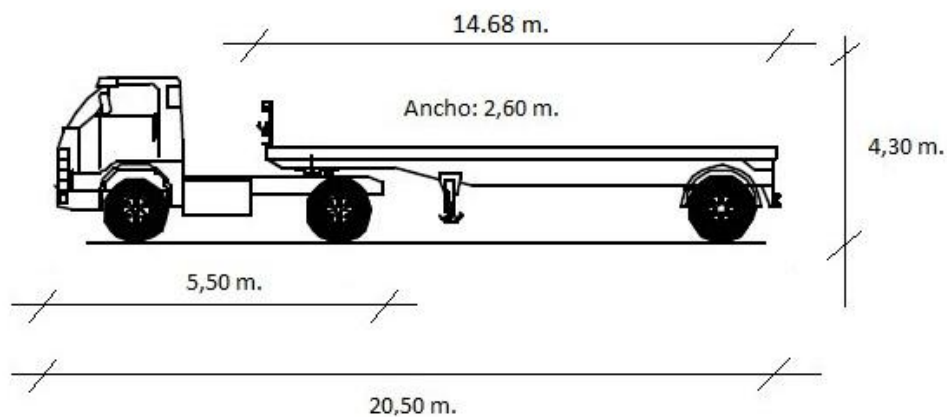


Imagen 23-Dimensiones máxima permitidas tracto y semirremolque (RNV)

Las presentes dimensiones se presentan en la planta solo para ser transportada, al hacer el montaje respectivo dará lugar a nuevas dimensiones.

Cabe mencionar que en nuestro país hay zonas (puentes, túneles) donde la altura máxima no es la reglamentaria, por tal motivo, de ser el caso, tendremos una modificación en la altura.

b. Dimensión de camión mezclador

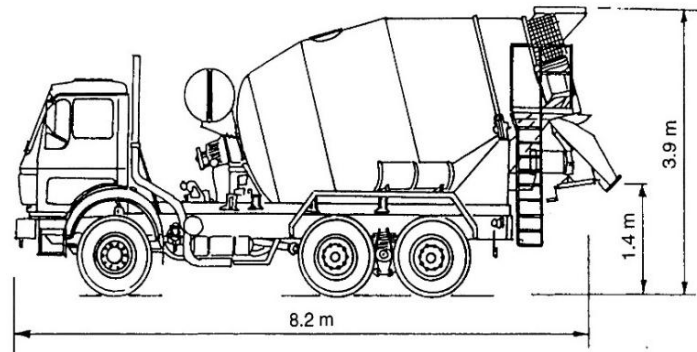


Imagen 24-Dimensiones camión mixer

Según nuestro gráfico, vamos a poner atención es la altura del chute de carga de concreto de la mezcladora.

Para determinar la altura del chute de descarga de la planta, aumentaremos 0,30m para asegurar el correcto posicionamiento del camión al momento de la descarga de concreto de la planta. Determinamos que la altura de mínima de la zona de descarga es

$$H_{Cd} = 4,20m .$$

3.3.2. Geometría de bastidor propuesta

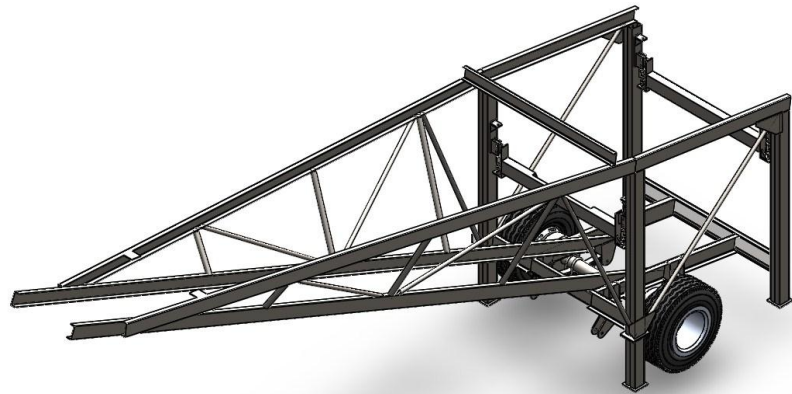


Imagen 25, Bastidor de planta de concreto - Vista isométrica

3.3.3. Análisis de cargas

a. Peso de Agregado

- En tolva de contención

Los pesos específicos de la piedra y la arena son $\gamma_p = 2700 \text{kg} / \text{m}^3$ y $\gamma_a = 2600 \text{kg} / \text{m}^3$ respectivamente.

La tolva de contención tendrá capacidad para un almacenamiento continuo de $V_{tc} = 10 \text{m}^3$.

Aproximadamente el peso total que soportará la tolva de contención es el 50% para cada componente. Entonces el peso de 5m^3 de piedra es $P_{pic} = 13'500 \text{kg}$ y el peso de 5m^3 es $P_{aic} = 13'000 \text{kg}$, sumando estos dos (02) componentes tenemos que el peso total del material en la tolva de contención es $P_{mic} = 26'500 \text{kg}$.

- *En tolva de dosificado de agregado.*

Es la tolva donde se dosificará el agregado

Nuestra tolva de dosificado tendrá la capacidad para 1m^3 de mezcla entre la arena y piedra. Teniendo en cuenta la densidad promedio de ambos materiales es $\bar{\gamma}_{a,p} = 2'650 \text{kg} / \text{m}^3$. Y ya que solo se dosificará 1m^3 el peso del material en la tolva de dosificación es $P_{mid} = 2'650 \text{kg}$.

b. Peso de tolvas

Haremos uso de la plancha ASTM A-36 de espesor $e_{pl} = 3 / 16''$, el cual tiene como principal característica el peso por unidad de área $P_{pl-A} = 35,33 \text{kg} / \text{m}^2$.

- Tolva de contención

Si diseñamos una tolva rectangular regular con un volumen total de $Vol = 10 \text{m}^3$

Se calcula que el área externa de la tolva es $A_{ext} = 23,3m^2$.

Luego obtendremos que el peso ideal de la tolva regular es $P_{tc-i} = 823,2kg$. Considerando el volumen de contención, aplicaremos un factor de seguridad $F_S = 3$ ya que la tolva real no será regular:

$$F_S = \frac{P_{tc-r}}{P_{tc-i}}$$

$$P_{tc-r} = 2'469,6kg$$

➤ Tolva de dosificación

Para una tolva regular de capacidad $1m^3$ el área externa es $A_{ext} = 5,1m^2$, entonces el peso ideal de la tolva regular es $P_{td-i} = 180,1kg$.

Nuevamente considerando el volumen de la tolva tomaremos factor de seguridad $F_S = 2$:

$$F_S = \frac{P_{td-r}}{P_{td-i}}$$

$$P_{td-r} = 360,3kg$$

c. *Peso de tolvas más cargas*

Se determinará el peso de las tolvas más sus respectivas cargas para obtener la carga que debe soportar el bastidor.

$$P_{T/t+c} = P_{mc} + P_{md} + P_{tc-r} + P_{td-r} \quad \text{Ec. 34}$$

(Elaboración Propia)

$$P_{T/t+c} = 26'500 + 2'650 + 2'470 + 354$$

$$P_{T/t+c} = 31'974Kg$$

d. *Análisis de esfuerzos*

➤ *Peso unitario por columna*

Por efecto de que el bastidor tiene cuatro (04) pedestales, dividiremos el peso total de las tolvas con carga por la cantidad de pedestales:

$$P_{up} = \frac{P_{T/t+c}}{4} \quad \text{Ec. 35}$$

(Elaboración Propia)

$$P_{up} = \frac{31'974}{4}$$

$$P_{up} = 7'994Kg = 78,4KN$$

➤ *DCL para bastidor de tolva de contención y dosificación*

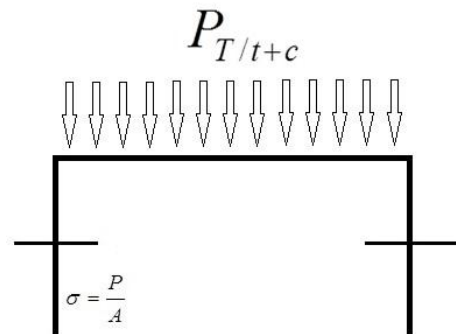


Imagen 26, DLC bastidor de tolva

Para determinar el material y la geometría de los pedestales utilizaremos la ec. 7:

$$P_{Crit} = \frac{C\pi^2 EI}{L_e^2}$$

Haremos la prueba con un perfil tubular cuadrado 150×150×12,5 de material acero ASTM A-36:

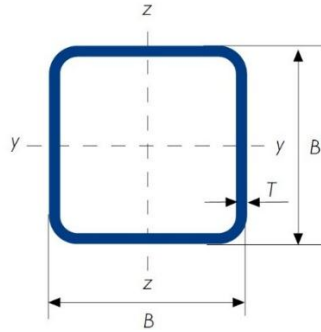


Imagen 27, Perfil tubular cuadrado

$$A = 0,0062 \text{ m}^2, I = 1,817 \times 10^{-8} \text{ m}^4, E = 200 \times 10^9 \text{ Pa}, L_e = 2,5 \text{ m}$$

Y para las condiciones de extremo tenemos $C = 1,2$, ya que ambos puntos son fijos.

$$P_{\text{Crit}} = \frac{1,2 \times \pi^2 \times 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 1,817 \times 10^{-8} \text{ m}^4}{\left(\frac{2,5 \text{ m}}{2}\right)^2}$$

$$P_{\text{Crit}} = 27,54 \text{ kN}$$

La prueba nos dice que el perfil que seleccionamos no soportaría la carga total.

Recurrimos ahora a los perfiles C unidos por soldadura:

Usaremos el Perfil $C6 \times 13$, cuyas características son:

$$A = 2450 \text{ mm}^2, I_x = 7,11 \times 10^6 \text{ mm}^4, I_y = 0,42 \times 10^6 \text{ mm}^4, \bar{x} = 12,9 \text{ mm},$$

$$d = 41,1 \text{ mm}$$

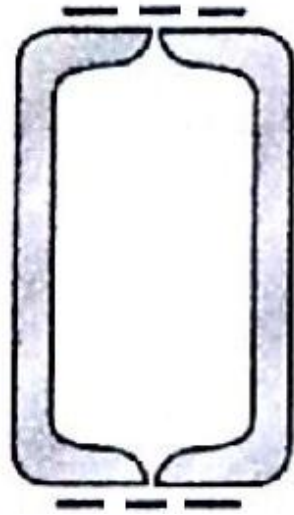


Imagen 28, Perfil C unido por soldadura

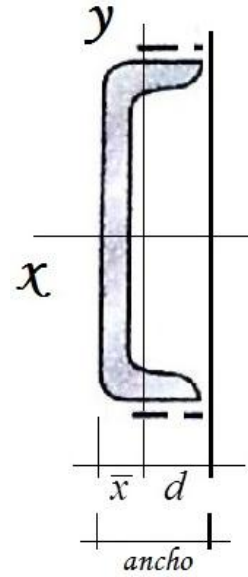


Imagen 29, Dimensiones con respecto a ejes
- Perfil C unido por soldadura

Calculamos la carga crítica:

$$d = \text{ancho} - \bar{x}$$

$$I'_x = 2(I_x) = 14,22 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I'_y = 2[I_y + A \times d^2] = 9,11 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I'_y = 9,11 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Podemos ver que el momento de inercia de área mínima es I'_y , entonces:

$$P_{\text{Crit}} = \frac{1,2 \times \pi^2 \times 200 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 9,11 \times 10^{-6} \text{ m}^4}{\left(\frac{2,5\text{m}}{2}\right)^2}$$

$$P_{\text{Crit}} = 13'821 \text{ kN}$$

De este resultado podemos ver que es el perfil indicado.

3.4. SELECCION DE ELEMENTOS DE BANDA TRANSPORTADORA

3.4.1. Consideraciones preliminares

El manual CEMA muestra cada paso a realizar para determinar los elementos para la capacidad de abastecimiento requerido. Así mismo muestra tablas experimentalmente certificadas, las mismas que utilizaremos para nuestra selección.

3.4.2. Capacidad de producción

a. Angulo de sobrecarga según material a transportar (Anexo 1)

El tipo de material que transportaremos es arena y piedra. De esto tenemos:

$$\alpha = 5^\circ$$

b. Selección de ancho de banda vs tamaño de terrón (Anexo 2)

Tenemos un cuadro donde se recomienda ancho de banda por ángulo de reposo del material a transportar.

No se describe con exactitud el material que vamos a utilizar, pero se tomamos la aproximación más cerca: proyección B.

Seleccionamos el ancho de banda de acuerdo al tamaño del terrón máximo del material a utilizar:

$$T_t = 3in$$

$$B = 18in$$

c. Selección de velocidad de banda (Anexo 3)

Según el material que vamos a transportar seleccionamos la velocidad de:

$$v = 200 \text{ fpm}$$

d. Determinando la capacidad de producción (Anexo 4)

Identificamos los parámetros seleccionados anteriormente y podemos apreciar que estamos dentro de los parámetros de capacidad de abastecimiento adecuados, ya que:

$$Q_{100} = 964 \text{ ft}^3 / \text{h}$$

Al duplicar la velocidad tendremos el doble de la capacidad de abastecimiento.

$$Q_{200} = 1928 \text{ ft}^3 / \text{h}$$

Al transformar esta cantidad:

$$Q_v = 54,6 \text{ m}^3 / \text{h}$$

El cual sobrepasa a nuestra capacidad requerida de $Q_v = 50 \text{ m}^3 / \text{h}$

3.4.3. Potencia de motor

a. *Coeficiente C de longitud de banda*

$$C = 5,1$$

b. *Coeficiente f de fricción de partes giratorias*

$$f = 0,020$$

c. *Peso de banda (por metro)*

$$P_B = 6 \text{ kg} / \text{m}$$

d. *Peso de partes móviles por metro en el ramal superior e inferior*

$$P_s = 3.5 \text{ kg} / \text{m}$$

$$P_i = 3.5 \text{ kg} / \text{m}$$

e. *Peso del material por metro de banda*

El material a transportar es arena y piedra cuya densidad promedio es:

$$\bar{\delta} = 2650 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Del anexo 4:

Área transversal de la banda:

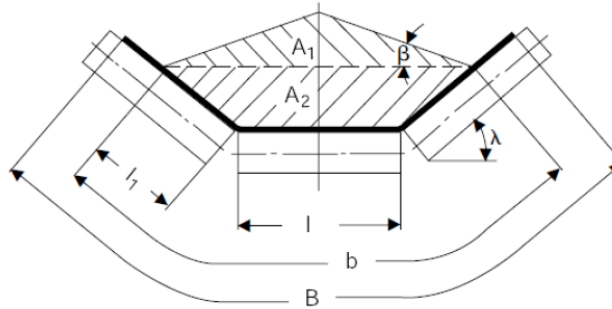


Imagen 30, Área de trabajo y dimensiones

$$A = 0.16 \text{ ft}^2$$

$$A = 0,01486449 \text{ m}^2$$

Entonces

$$V = 0,01486449 \text{ m}^3$$

Luego

$$P_Q = V \times \bar{\delta}$$

$$P_Q = 39,4 \text{ kg} / \text{m}$$

f. Altura H de trabajo

$$H = 5,50 \text{ m}$$

g. Fuerza en la polea motriz

$$F = C \times f \times L \left[(P_Q + 2P_B) \cos \varphi + P_S + P_i \right] + H \times P_Q$$

Reemplazamos datos y obtenemos:

$$F = 262,7\text{kg}$$

h. Potencia en la polea motriz

$$N_a = \frac{F \times v}{75}$$

Reemplazamos y obtenemos

$$N_a = 3,57\text{CV}$$

i. Potencia del motor

$$N_m = \frac{N_a}{\eta \times \eta_{red}}$$

Tomaremos $\eta = 85\%$ y $\eta_{red} = 90\%$

$$N_m = 4,66 \approx 5\text{CV}$$

3.5. DISEÑO DE TOLVAS

3.5.1. Tolva de contención de agregado

a. Volumen

El volumen necesario para mantener abastecida debe ser superior a 10 m^3 , considerando que esta tolva va a ser abastecida por un agente externo a la planta, entonces determinaremos la geometría teniendo en cuenta el valor del volumen mínimo necesario y el espacio que se tiene dentro del bastidor.

Para la tolva:

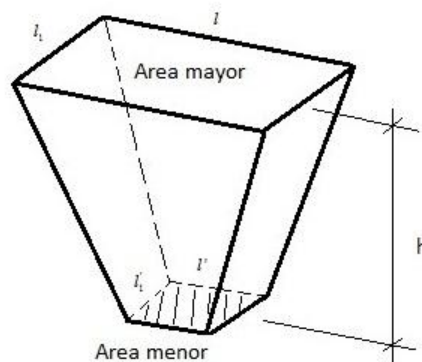


Imagen 31, Dimensiones de tolva

Usaremos la ecuación:

$$V = \frac{h}{3} (A + A' + \sqrt{A \cdot A'})$$

Considerando que tenemos el volumen $V = V_{tc} = 10 \text{ m}^3$ y las dimensiones aproximadas de la estructura del bastidor, haremos una iteración de las dimensiones:

$$l = 4670 \text{ mm}, l_1 = 2390 \text{ mm}, l' = 2000 \text{ mm}, l'_1 = 1200 \text{ mm}, \\ h = 2330 \text{ mm}$$

Entonces:

$$V_{tc} = 15,37 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta el volumen no útil $V_{no-util} = 30\% (V_{tc})$

$$V_{real-ttc} = 10,75m^3$$

b. Geometría

El propósito de la tolva de contención es ser llenado de agregado en compartimientos diferentes y dispensarlos hacia la tolva de dosificado por gravedad.

El resultado de dividir las tolvas en compartimientos que puedan abastecer tolva de dosificado es:

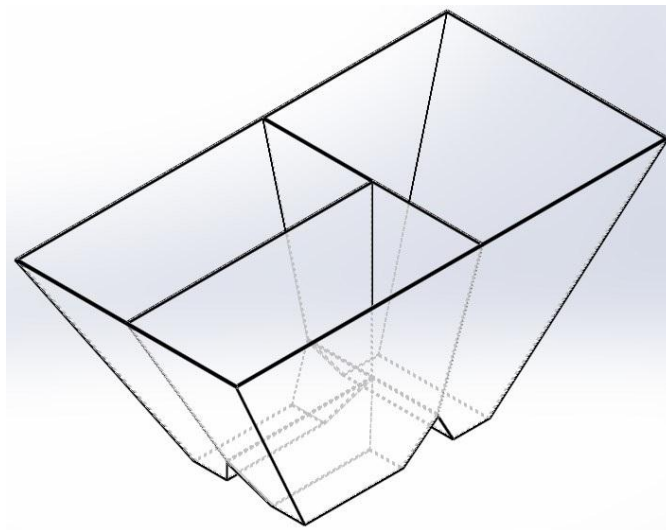


Imagen 32, Tolva de contención - vista Isométrica

c. Diseño de compuertas para el dispensado

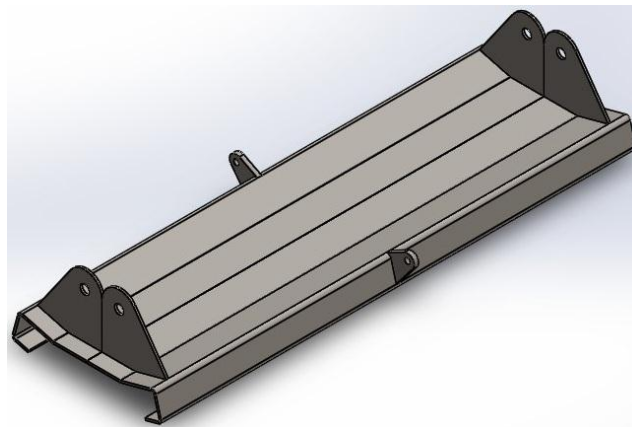


Imagen 33, Compuerta de tolva de contención

- Diagrama de cuerpo libre

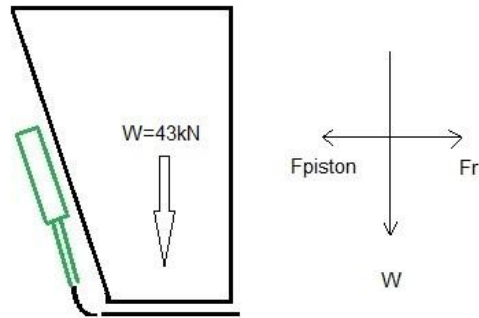


Imagen 34, DCL compuerta

Aplicando las ecuaciones:

$$\sum F = ma$$

$$Fr - F_{piston} = 0$$

$$\mu_s \times W = F_{piston}$$

El coeficiente de fricción estático de la arena y piedra es

$$\mu_{s_a} = 0.55:$$

$$F_{piston} = 0.55 \times 43kN$$

$$F_{piston} = 23,65kN$$

El área de un pistón neumático fabricado en la línea FESTO tiene los diámetros entre:

$$8mm < D_v < 320mm$$

La fuerza es directamente proporcional a la presión y el área, en la ecuación:

$$F = PA$$

Seleccionamos el mayor diámetro:

$$D_v = 320$$

$$A = 0.04m$$

Reemplazando en la ecuación:

$$P = \frac{23.65}{0.04} = 591.25kPa$$

3.5.2. Tolva de dosificado de agregado

a. Volumen

El volumen lo determinamos considerando dosificado de concreto por ciclo de abastecimiento. Nos resulta más fácil, como operadores de la planta, calcular el volumen de concreto dispensado por el número de ciclos realizados.

Por consiguiente en cada ciclo dosificaremos 1m³, solo de agregado, ya que necesitamos asegurar la capacidad de la tolva.

Al igual que la tolva de contención, haremos iteraciones para determinar las dimensiones de la tolva de dosificado:

$$l = 1800mm, l_1 = 1500mm, l' = 1400mm, l'_1 = 500mm, \\ h = 1000mm$$

Entonces:

$$V = 1,7m^3$$

Teniendo en cuenta el volumen no útil $V_{no-util} = 30\%(V_{ttc})$

$$V_{real-ttd} = 1,2m^3$$

b. Geometría

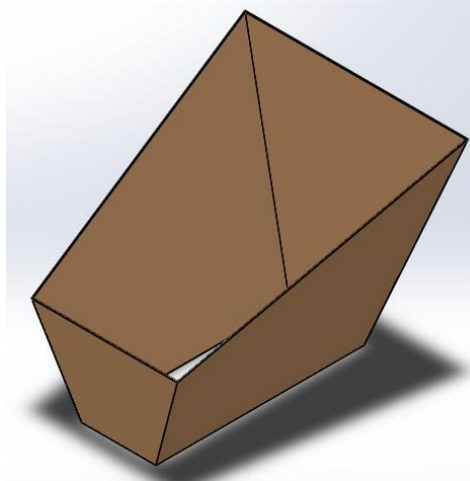


Imagen 35, Tolva de dosificado de agregado - Vista isométrica

3.5.3. Tolva de dosificado de cemento

a. Volumen

Del diseño de concreto en general extraemos que la proporción de cemento es menor que la proporción de agregado, en promedio es el 40% aproximadamente del peso del agregado.

Aproximaremos este valor al 50% , ya que este material es altamente polvoriento y al momento de dosificar en la tolva aumentará el volumen.

Si para 1m³ del concreto más resistente se necesita 463Kg de cemento, para este diseño aumentaremos dicha proporción a 750Kg por lo expuesto en el párrafo anterior.

La densidad del cemento es:

$$\bar{\delta}_{cem} = 1500kg / m^3$$

Luego, determinamos que el volumen necesario para llenar 750Kg de cemento es 0.5m³.

Las medidas que adoptaremos son:

$$l = 1300mm, l_1 = 1000mm, l' = 300mm, l'_1 = 700mm,$$

$$h = 1200mm$$

Entonces:

$$V = 1,05m^3$$

Pero el volumen útil es:

$$V_{real-ttdc} = 0,7m^3$$

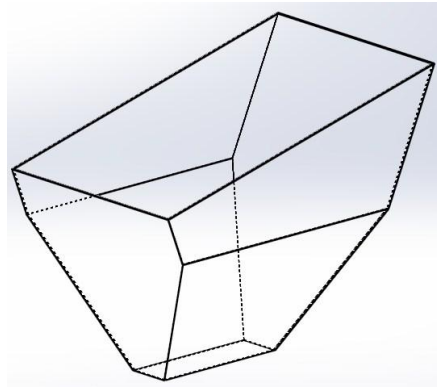


Imagen 36, Tolva de dosificado de cemento - Vista isométrica

b. Dispensado de cemento

El dispensado lo haremos por medio de un transportador de tornillo sin fin, ya que la tolva de dosificado de cemento lo situaremos relativamente cerca al sector de dispensado de materiales.

Por lo cual procedemos a determinar cada uno de los factores que intervienen:

- Diámetro de tornillo: el cemento es netamente homogéneo.

Entonces:

$$D = 0,3m$$

- Área de relleno de canal: seleccionando el coeficiente de relleno de sección en anexo 9:

$$\lambda = 0,32$$

Tenemos:

$$S = \lambda \frac{\pi D^2}{4}$$

$$S = 0,023m^2$$

- Paso de tornillo

Para material ligero:

$$t = D$$

$$t = 0,2$$

- Velocidad de tornillo: el cemento es un material ligero dadas las condiciones:

$$n = 150rpm$$

- Velocidad de desplazamiento

$$v = \frac{t \times n}{60}$$

$$v = 0,5m/s$$

- Flujo del material transportado

Tomando el factor k del anexo 10:

$$k_{20^\circ} = 0,6$$

Reemplazando en:

$$Q = 3600 \times S \times v \times \delta_{cem} \times k$$

$$Q = 36,64 Tn/h$$

- Potencia de accionamiento

- Potencia para desplazar el material horizontalmente

Del anexo 11 extraemos el coeficiente de resistencia del material c_0 :

$$c_0 = 4$$

Luego:

$$P_H = c_0 \frac{QL}{367}$$

Considerando una longitud aproximada L :

$$L = 1700mm$$

Reemplazando:

$$P_H = 678,9kw$$

- Potencia para el accionamiento del tornillo en vacío

$$P_N = \frac{DL}{20}$$

Reemplazando:

$$P_N = 0,0255kw$$

- Potencia para el accionamiento del tornillo inclinado

$$P_{ti} = \frac{QH}{367}$$

Considerando Altura aproximada H :

$$H = 800mm$$

Reemplazando:

$$P_{ti} = 79,86kw$$

Potencia de accionamiento total:

$$P = P_H + P_N + P_{st}$$

Reemplazando:

$$P_{at} = 758,8kw$$

3.6. SELECCIÓN DE BOMBA

Veamos el diagrama de dimensiones:

Determinamos los requerimientos para seleccionar la bomba de agua.

a. Flujo volumétrico

Para determinar el caudal de agua necesario vamos a ver en la tabla de dosificaciones del anexo 18 que el concreto $f_c = 280$ necesita 232 litros de agua, por lo tanto determinaremos el caudal según este concreto:

Para	1	m3 - concreto	→	0.232	m3 - c
	50	m3 - concreto	→	11.6	m3 - c
	100	m3 - concreto	→	23.2	m3 - c

Teniendo en cuenta que el equipo de bombeo trabaja en rangos superiores vamos a reducir el tiempo a $\frac{1}{4}hr$ para el abastecimiento de agua necesaria para $50m^3$ de concreto

El caudal necesario es:

$$Q_{200m^3/h} = 23,2 m^3/h = 0,0064 m^3/s$$

b. Selección de tamaño de tubería

Según el diagrama extraído de “Mecánica de Fluidos” de Robert Mott (Anexo), vemos que el diámetro recomendado para el caudal que requerimos es:

- Línea de succión

$$D_s = 2,5" = 0,0635m$$

- Línea de descarga

$$D_d = 2" = 0,0508m$$

Con esto determinamos el área de sección.

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

Reemplazando

$$A_1 = 0,003166m^2$$

$$A_2 = 0,002026m^2$$

Velocidad del fluido.

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v_1 = 2,04m/s$$

$$v_2 = 3,17m/s$$

c. Ecuación general de la energía

De la ecuación general de la energía obtenemos que la presión tanto en la entrada como en la salida es la presión atmosférica.

También podemos anular la pérdida por mecanismos accionados.

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h'_R - h_L = \frac{\rho_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

La ecuación resultante:

$$h_A = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_L$$

d. Pérdidas de energía por fricción y accesorios

Del diagrama presentado tenemos una (01) válvula de verificación y

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

Donde:

h_1 : Pérdida por fricción en línea de succión

h_2 : Pérdida por fricción en línea de descarga

h_3 : Pérdida por accesorios en línea de succión

h_4 : Pérdida por accesorios en línea de descarga

e. Determinamos el Numero de Reynolds

Con este parámetro sabremos si se trata de un flujo laminar o turbulento

$$NR = \frac{v \times D}{\nu}$$

De la tabla de propiedades del agua (Anexo15), extraemos la viscosidad cinemática del agua a 20°C:

$$\nu = 9,75 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$$

Para línea de succión:

$$NR_s = \frac{1,31 \text{ m/s} \times 0,0635 \text{ m}}{9,75 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 83'213$$

Para línea de descarga:

$$NR_d = \frac{2,06 \text{ m/s} \times 0,0508 \text{ m}}{9,75 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}} = 104'016$$

Con esto determinamos, sin lugar a duda, que el flujo es turbulento.

f. Determinamos factor de fricción

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1}{3,7(D/\epsilon)} + \frac{5,74}{NR^{0,9}} \right) \right]^2}$$

De la tabla de rugosidad de material seleccionamos acero comercial (Anexo16)

$$\epsilon = 4,6 \times 10^{-5} \text{ m}$$

Para línea de succión

$$\frac{D_s}{\epsilon} = 1'380$$

Para línea de descarga

$$\frac{D_d}{\epsilon} = 1'104$$

Reemplazando

$$f_s = 0.0207$$

$$f_d = 0.0211$$

g. Determinando perdidas de energía

	Linea de succión	Linea de descarga
Perdida por fricción	$h_1 = f_s \times \frac{L_1}{D_s} \times \frac{v_1^2}{2g}$	$h_2 = f_d \times \frac{L_2}{D_d} \times \frac{v_2^2}{2g}$
Perdida por accesorios	$h_3 = K_1 \times \frac{v_1^2}{2g}$	$h_4 = K_2 \times \frac{v_2^2}{2g}$

Donde:

K_1 : Coeficiente de pérdida por válvula de verificación

K_2 : Coeficiente de pérdida por codos

Reemplazando

	Linea de succión	Linea de descarga
Perdida por fricción	$h_1 = 0,3454$	$h_2 = 2,1428$
Perdida por accesorios	$h_3 = 0,6015$	$h_4 = 0,6492$

Sumando los valores para determinar perdida por fricción y accesorios

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

$$h_L = 3,74m$$

Teniendo como altura de trabajo

$$z_2 - z_1 = 6m$$

Y todos los términos para determinar la carga total podemos resolver la ecuación

$$h_A = z_2 - z_1 + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_L$$

$$h_A = 10,04m$$

Ahora determinamos la potencia de la bomba

$$P_B = \gamma \times Q \times h_A$$

$$P_B = 0,63kW = 0,85hp$$

La eficiencia de la bomba la obtendremos de las curvas características de la bomba a seleccionar.

En el anexo17 tenemos la hoja de especificaciones de la una bomba con las dimensiones requeridas del fabricante "Hidrostal", del cual obtenemos la eficiencia:

$$\eta_B = 0,59$$

Reemplazando en:

$$P_{rB} = \frac{P_{iB}}{\eta_B}$$

$$P_{rB} = 1,44hp$$

4. DISCUSIÓN

- a. Las normas que rigen el diseño de la planta de concreto son, EL REGLAMENTO NACIONAL DE VEHICULOS y el MANUAL CEMA, los cuales no fueron utilizados para el “Diseño de una planta portátil de 40m³/h” de Camilo Bolívar.
- b. Los 3 conceptos desarrollados en la matriz de selección son capaces dosificar concreto eficientemente, sin embargo se comparó las alternativas considerando el peso ponderado de cada una ellas. Existe considerable similitud con “La planta portátil de 40m³/h” de Camilo Bolívar en cuanto al bastidor y la geometría de las tolvas para agregado y difieren en el dispensado tanto del agregado como el de cemento.
- c. Se dimensionó la planta dosificadora de acuerdo a las restricciones de las normas establecidas

	PLANTA	NORMA	Und.
Altura	4.10	4.30	m.
Longitud	12.5	14.60	m.
Ancho	2.40	2.60	m.
Peso	13	48	Ton.

Las plantas que se comercializan en el mercado guardan con cautela cada parámetro establecido por la norma.

- d. Las mayores cargas que soportará el bastidor son las tolvas de contención de agregado y dosificación más el peso del material, sumando un total de:

- Peso de tolvas + material (unitario)= 7'994 Kg

Que equivale a:

- Peso de tolvas + material (unitario)= 78.4 kN

Y en el análisis estructural del bastidor se determinó que la carga crítica en las columnas de perfil C unido por soldadura (evitar pandeo) es:

- Carga Crítica = 13'821 kN

5. CONCLUSIÓN

Los resultados del presente trabajo de tesis nos lleva a concluir que:

- a. El dimensiones de la planta cumple con las normas establecidas por el MINISTERIO DE TRANSPORTES en el Reglamento Nacional de Vehículos:

DIIMENSIONES	SOLUCIONES
Altura	4.10 m
Longitud	12.50 m
Ancho	2.40 m
Peso	13 Ton

- b. Se seleccionó el concepto C por las siguientes características que clasificamos como las más importantes:

FUNCIONES	SOLUCIONES
BASTIDOR	Movil
TOLVAS	Rectangular
TRANSPORTAR AGREGADO	Transportador de banda
ABASTECER AGUA	Bomba de aspa

Al mismo tiempo el concepto C presenta mayor puntaje en la matriz de selección.

- c. El peso total de las tolvas más sus respectivas cargas de material es de 313.7Kn y la estructura del bastidor soporta la carga de 55'284kn, se concluye que los elementos seleccionados para el bastidor soporta las tolvas más sus cargas.
- d. Todos los materiales utilizados para la elaboración de esta planta dosificadora de concreto es de acero ASTM-A36, siendo más fácil de adquirir en el mercado, además de bajo costo y alto beneficio en su utilidad y variabilidad.
- e. En el desarrollo de este proyecto se pudo dar cuenta de la importancia de utilizar sistemas simples para la dosificación, evitando así gastos innecesarios de tiempo y dinero.

6. RECOMENDACIONES

- a. Tener en cuenta que la mejora de la velocidad producción de concreto se puede llevar a cabo mediante la automatización de la misma, ya que se puede abastecer cada componente de concreto en simultaneo.

- b. Cuando la planta dosificadora de concreto esté en funcionamiento se debe realizar inspecciones y mantenimiento periódicos, con la finalidad de verificar si existe zonas críticas de desgaste, además de tener un libro de registro para tener un historial de revisiones, daños y reparaciones que permitan implementar un plan de mantenimiento preventivo.

- c. Tener en cuenta los procesos que se realizan en la producción y despacho de concreto para implementar accesorios y tratar de completar dichos procesos al cien por ciento.

7. REFERENCIAS

Beer, Ferdinand P. 2009. *Mecánica de materiales*. 5. 2009.

Gomez, Mauricio Ballon. 2015. *Diseño y construcción de chutes o tolvas*. Arequipa : Universidad Nacional San Agustín, 2015.

Hibbeler, R. C. 2010. *Estatica*. 2010.

Manual CEMA, CEMA. *CEMA Manual*.

Mecánica, Departamento de Ingeniería. *Tornillos Sin fin*. s.l. : Carlos III de Madrid.

Mecánica, Departamento de Ingeniería. *Universidad Carlos III de Madrid*.

Miravete, Antonio. 2002. *Los Transportes en la ingeniería industrial*. 2002.

Mische, J.E.C. 2002. *Diseño en ingeniería mecánica*. Mexico : McGraw - Hill, 2002.

Mott, Robert L. 2006. *Mecánica de fluidos*. Mexico : PEARSON, 2006.

Romero, Manuel Romero García y Pedro Museros. *Resistencia de materiales*.






Vaca, Jose Eduardo Pérez. 2011. *Diseño y calculo de un vehiculo cosechadora de fresas*. 2011.

Vitutor. 2015. Vitutor.net. [En línea] 2015. <http://www.vitutor.net/2/2/25.html>.

Wikipedia. 2016. Wikipedia - Enciclopedia libre. [En línea] 23 de Octubre de 2016.

ANEXOS

ANEXO 1: Fluidez, ángulo de sobrecarga y ángulo de reposo

Very free flowing 1*	Free flowing 2*	Average flowing 3*		Sluggish 4*
5° Angle of surcharge	10° Angle of surcharge	20° Angle of surcharge	25° Angle of surcharge	30° Angle of surcharge
				
0°-19° Angle of repose	20°-29° Angle of repose	30°-34° Angle of repose	35°-39° Angle of repose	40°-up Angle of repose
Material characteristics				
Uniform size, very small rounded particle, either very wet or very dry, such as dry silica sand, cement, wet concrete, etc.	Rounded, dry polished particles, of medium weight, such as whole grain and beans.	Irregular, granular or lumpy materials of medium weight, such as anthracite coal, cottonseed meal, clay, etc.	Typical common materials such as bituminous coal, stone, most ores, etc.	Irregular, stringy, fibrous, interlocking material, such as wood chips, bagasse, tempered foundry sand, etc.

(Manual CEMA)

ANEXO 2: ancho de banda según tamaño de terrón

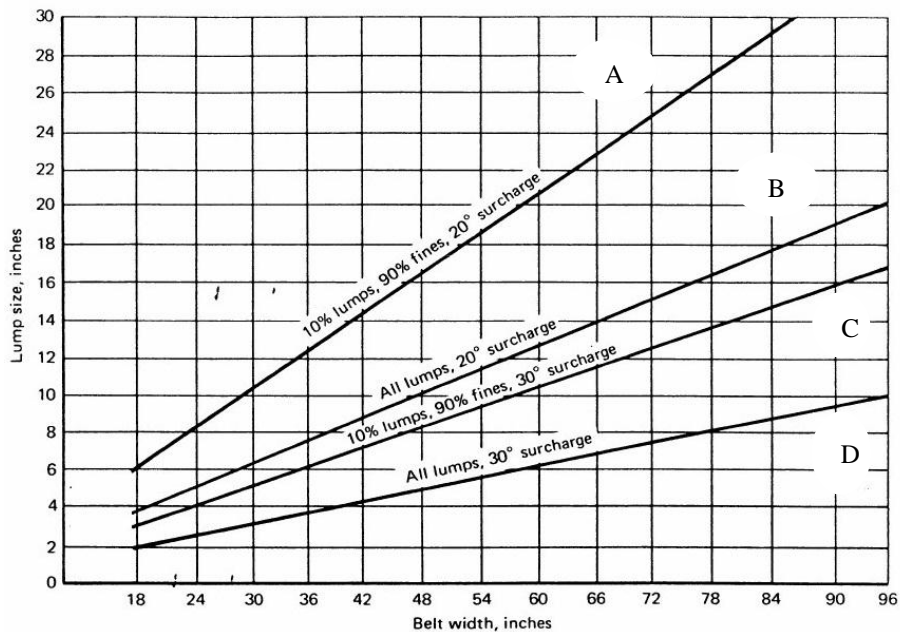


Imagen 37, Ancho de Banda según tamaño de terrón - CEMA

ANEXO 3: Máxima velocidad recomendada

<i>Material being conveyed</i>	<i>Belt speeds (fpm)</i>	<i>Belt width (inches)</i>
Grain or other free-flowing, nonabrasive material	500	18
	700	24-30
	800	36-42
	1000	48-96
Coal, damp clay, soft ores, overburden and earth, fine-crushed stone	400	18
	600	24-36
	800	42-60
	1000	72-96
Heavy, hard, sharp-edged ore, coarse-crushed stone	350	18
	500	24-36
	600	Over 36
Foundry sand, prepared or damp; shakeout sand with small cores, with or without small castings (not hot enough to harm belting)	350	Any width
Prepared foundry sand and similar damp (or dry abrasive) materials discharged from belt by rubber-edged plows	200	Any width
Nonabrasive materials discharged from belt by means of plows	200, except for wood pulp, where 300 to 400 is preferable	Any width
Feeder belts, flat or troughed, for feeding fine, nonabrasive, or mildly abrasive materials from hoppers and bins	50 to 100	Any width

(Manual CEMA)

ANEXO 4: Área y capacidad a 35° - 100fpm

TABLE 4-3. 35° Troughed Belt—Three Equal Rolls Standard Edge Distance = 0.055b + 0.9 Inch

Belt Width (Inches)	A_t - Cross Section of Load (Ft ²)							Capacity at 100 FPM (Ft ³ /Hr)						
	Surcharge Angle							Surcharge Angle						
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
18	.144	.160	.177	.194	.212	.230	.248	864	964	1066	1169	1274	1381	1492
24	.278	.309	.341	.373	.406	.440	.474	1668	1857	2048	2241	2438	2640	2847
30	.455	.506	.557	.609	.662	.716	.772	2733	3039	3346	3658	3975	4300	4636
36	.676	.751	.826	.903	.980	1.060	1.142	4058	4508	4961	5419	5886	6364	6857
42	.940	1.044	1.148	1.254	1.361	1.471	1.585	5644	6266	6891	7524	8169	8830	9511
48	1.248	1.385	1.523	1.662	1.804	1.949	2.099	7491	8312	9138	9974	10825	11698	12598
54	1.599	1.774	1.950	2.128	2.309	2.494	2.686	9598	10646	11700	12768	13855	14969	16118
60	1.994	2.211	2.429	2.651	2.876	3.107	3.345	11966	13269	14580	15906	17257	18642	21058
72	2.913	3.229	3.547	3.869	4.197	4.532	4.879	17484	19378	21285	23215	25182	27196	29275
84	4.007	4.440	4.876	5.317	5.766	6.226	6.701	24043	26641	29256	31902	34597	37360	40210
96	5.274	5.842	6.415	6.994	7.584	8.189	8.812	31645	35058	38490	41966	45506	49134	52876

(Manual CEMA)

ANEXO 5: Coeficiente C de longitud de banda

L(m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20
C	9	5,6	6,6	5,9	5,1	4,5	4	3,6	3,2

(Miravete, 2002)

ANEXO 6: Coeficiente de fricción de partes giratorias

Condición	Coeficiente f
Buenos transportadores con rodillos de marcha suave y pequeña fricción interna en el material	0,017
Valor estándar para bandas transportadoras con ambiente normal de trabajo	0,020
Para condiciones de marcha desfavorables, operación polvorosa, sobrecargas periódicas	0,023-0,030
Transportadoras descendentes que requieren frenado por medio de motor	0,012

(Miravete, 2002)

ANEXO 7: Peso promedio de banda

Ancho de banda (mm)	servicio liviano peso específico < 0.8 ton/m ³	servicio mediano peso específico 0.8 a 1.6 ton/m ³	servicio pesado peso específico > 1.6 ton/m ³
	Peso de la cinta transportadora Gb (kg/m)		
350	1.5	3.0	4.5
400	3.0	4.5	6.0
450	4.5	6.0	7.5
500	6.0	7.5	9.0
600	7.5	9.0	10.5
750	9.0	10.5	12.0
900	10.5	13.5	16.5
1050	13.5	16.5	21.0
1200	18.0	22.5	27.0
1350	21.0	27.0	33.0
1500	25.5	31.5	40.5
1650	30.0	36.0	48.0
1800	33.0	42.0	54.0

Referencia: GOODYEAR Handbook of Conveyor and Elevator Belt, pag. 6.2

ANEXO 8: Peso promedio de rodillos superiores e inferiores

Ancho de banda (mm)	servicio liviano peso específico < 1.5 ton/m ³		servicio pesado peso específico > 1.5 ton/m ³	
	Gro (kg)	Gru (kg)	Gro (kg)	Gru (kg)
300	2.5	2.5	3.5	3.5
400	3.0	3.0	4.0	4.0
500	3.5	3.5	5.5	5.5
650	5.5	5.5	10	10
800	11	11	14	14
1000	13	13	18	18
1200	15	15	20	20
1400	22	22	31	31
1600	25	25	35	35
1800	39	39	47	47
2000	43	43	52	52
2200	47	47	56	56

Referencia: ROULUNDS Catálogo de Bandas transportadoras, pag. 12

ANEXO 9: Coeficiente de relleno de sección

Tipo de carga	λ
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada poco abrasiva	0.25
Ligera poco abrasiva	0,32
Ligera no abrasiva	0,4

ANEXO 10: Coeficiente de disminución del flujo de material

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
K	1	0,9	0,8	0,7	0,6

ANEXO 11: Coeficiente de resistencia de material

Material	c_0 Empírico
Harina, aserrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

ANEXO 12: Composición química del acero ASTM A-36

Elementos	%
Carbono (C)	0,25-0.29
Cobre (Cu)	0.20
Hierro (Fe)	98,0
Manganeso (Mn)	1.03
Fósforo (P)	≤ = 0,04
Silicio (Si)	0.28
Azufre (S)	≤ = 0,05

Fuente: Artículo, Simulación numérica de los apoyos de puente metálico giratorio

ANEXO 13: Propiedades del acero ASTM A-36

Propiedad	Valor
Densidad, g/cm ³	7.85
Resistencia a la tracción, MPa	400 - 552
Límite de Fluencia, MPa	250
Módulo de Young, MPa	200 000
Modulo de Cortante, MPa	79 300
Coefficiente de Poisson	0.26
Elongación, %	18
Dureza Rockwell B	67 - 83
Dureza Brinell	119 - 159

Fuente: Artículo, Simulación numérica de los apoyos de puente metálico giratorio

ANEXO 14: Tipos de Hélice

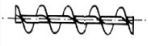

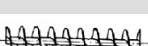

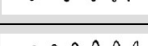
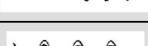


Tipo de Hélice	Tipo de Material para Transportar / Aplicación	Figura
Hélice continua, de paso igual al diámetro	Tipo de hélice normal para transporte de sólidos	
Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro	Se utiliza para productos que fluyen muy bien	
Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro	Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador con el objeto de enfriarlo, secarlo, etc.	
Hélice de paso variable	Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.	
Hélice de diámetro variable	Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.	
Hélice de cinta	Tipo de hélice adecuada para productos que producen atascamiento.	
Hélice mezcladora, con dos hélices tipo cinta, uno a derecha y otro a izquierda	Se utiliza como equipo mezclador	
Hélice mezcladora, con eje provisto de paletas	Se utiliza como equipo mezclador	

Imagen 38, Tipos de hélice

ANEXO 15: Propiedades del agua



Apéndice A Propiedades del agua

Temperatura (°F)	Peso específico γ (lb/pie ³)	Densidad ρ (slugs/pie ³)	Viscosidad dinámica η (lb-s/pie ²)	Viscosidad cinemática ν (pie ² /s)
32	62.4	1.94	3.66×10^{-5}	1.89×10^{-5}
40	62.4	1.94	3.23×10^{-5}	1.67×10^{-5}
50	62.4	1.94	2.72×10^{-5}	1.40×10^{-5}
60	62.4	1.94	2.35×10^{-5}	1.21×10^{-5}
70	62.3	1.94	2.04×10^{-5}	1.05×10^{-5}
80	62.2	1.93	1.77×10^{-5}	9.15×10^{-6}
90	62.1	1.93	1.60×10^{-5}	8.29×10^{-6}
100	62.0	1.93	1.42×10^{-5}	7.37×10^{-6}
110	61.9	1.92	1.26×10^{-5}	6.55×10^{-6}
120	61.7	1.92	1.14×10^{-5}	5.94×10^{-6}
130	61.5	1.91	1.05×10^{-5}	5.49×10^{-6}
140	61.4	1.91	9.60×10^{-6}	5.03×10^{-6}
150	61.2	1.90	8.90×10^{-6}	4.68×10^{-6}
160	61.0	1.90	8.30×10^{-6}	4.38×10^{-6}
170	60.8	1.89	7.70×10^{-6}	4.07×10^{-6}
180	60.6	1.88	7.23×10^{-6}	3.84×10^{-6}
190	60.4	1.88	6.80×10^{-6}	3.62×10^{-6}
200	60.1	1.87	6.25×10^{-6}	3.35×10^{-6}
212	59.8	1.86	5.89×10^{-6}	3.17×10^{-6}

ANEXO 16: Rugosidad del material

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso 3.0×10^{-7}	Liso 1.0×10^{-6}
Plástico	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Acero, comercial o soldado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}
Acero remachado		

ANEXO 17: Hoja de propiedades de bomba "ACECAT"

	BOMBA		Ítem n°: P-202A/P-202B	Área: 200
			Proyecto n°: 1	
	Planta: Producción acetaldehido	Preparado por: Acecat S.A		Fecha: 08/06/01
	Ubicación: Castellbisbal	Hoja: 1/1		
Denominación: Bomba centrífuga, horizontal, aspiración axial.			Cantidad: 2	
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
Fluido	Agua residual de proceso	Viscosidad (cP)	0,34	
Caudal (m ³ /h)	22,2	Carga total (m)	13,69	
Temperatura trabajo (° C)	67	Presión aspiración (Pa)	1·10 ³	
Temperatura de diseño (°C)	85	Presión impulsión (Pa)	3,1·10 ³	
Densidad (kg/m ³)	973,6	NPSH disponible	13,43	
CARACTERÍSTICAS BOMBA				
Marca	ITUR			
Modelo	CPKN C1 050-200			
Altura de suministro (m)	10			
Eficiencia (%)	59,6			
Material del impulsor/Material eje	Acero CrNiMo 1.4408/Acero bonificado			
Material Carcasa	Acero CrNiMo 1.4408			
Diámetro aspiración	DN 80			
Diámetro impulsión	DN 50			
Diámetro del rodete máx.(mm)	183			
Frecuencia (Hz)	50			
Velocidad máxima de giro rodete (rpm)	1440			
Potencia (KW)	1,5			
Voltaje (V)	400			
Peso (Kg)	110			
DIBUJO				
				

ANEXO 18: Tabla de dosificaciones

ELEMENTO ESTRUCTURAL	TIPO	f'c Resistencia a 28 días Kg/cm ²	TAMAÑO DE PIEDRA	PESO				
				CEMENTO Kg (bolsas)	AGUA (Litros)	ARENA Kg	PIEDRA Kg	HORMIGÓN Kg
5- ELEMENTOS INCLINADOS	5.1- GRADAS							
	5.1.1-DE CONCRETO CICLÓPEO CON ADICIÓN DE PIEDRA MEDIANA (6")	140	1"	283 (6.7)	196	640	1,205	--
		175	1"	317 (7.5)	204	816	1,029	--
	5.1.2-DE CONCRETO SIMPLE	175	1"	317 (7.5)	204	816	1,029	--
	5.2- ESCALERAS REFORZADAS	175	1"	317 (7.5)	204	816	1,029	--
		210	1"	375 (8.8)	230	735	1,035	--
		210	3/4"	385 (9.1)	235	780	955	--
		280	1"	443 (10.4)	222	629	990	--
		280	3/4"	460 (10.8)	230	924	655	--
		280	1/2"	463 (10.9)	232	810	730	--

ANEXO 19: Dimensiones generales de la planta de concreto

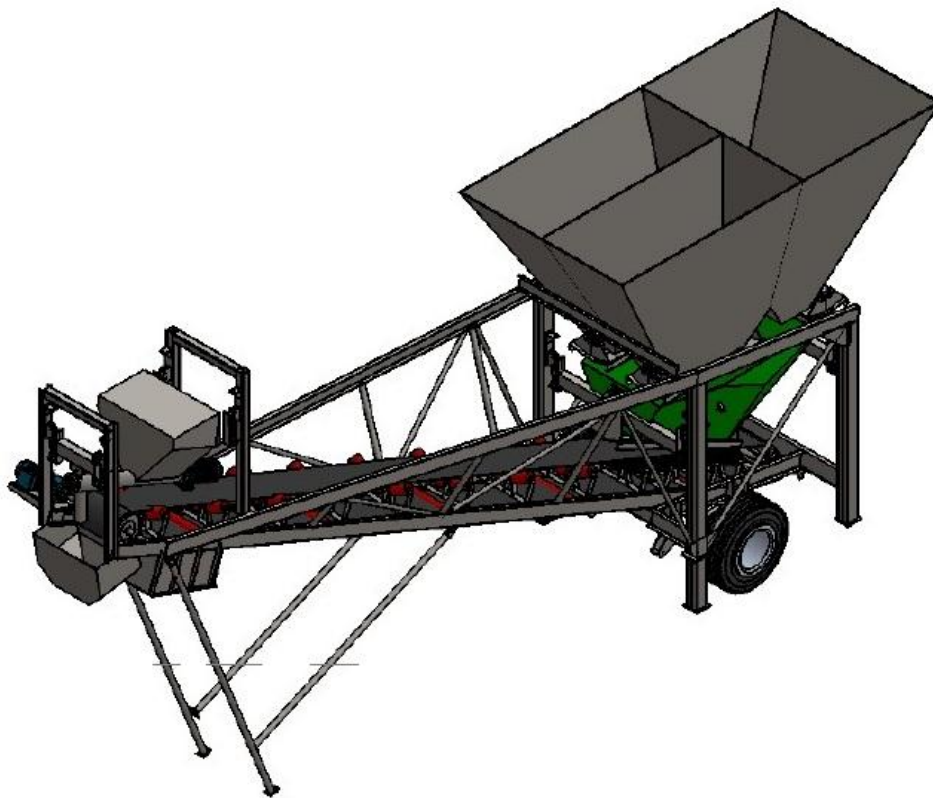


Imagen 39, Planta de concreto - Vista isométrica

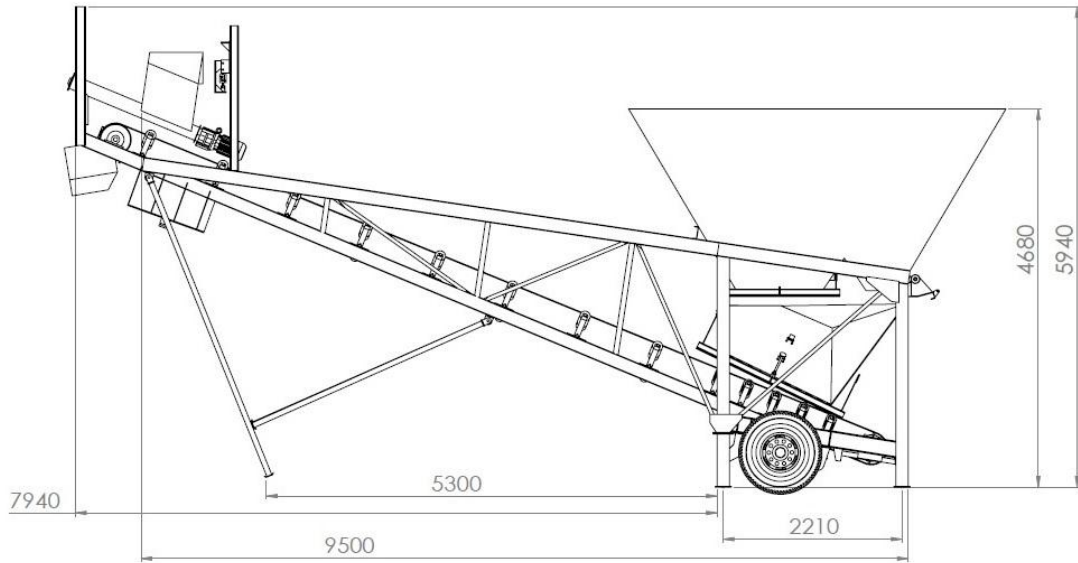


Imagen 40, Planta de concreto - Vista lateral

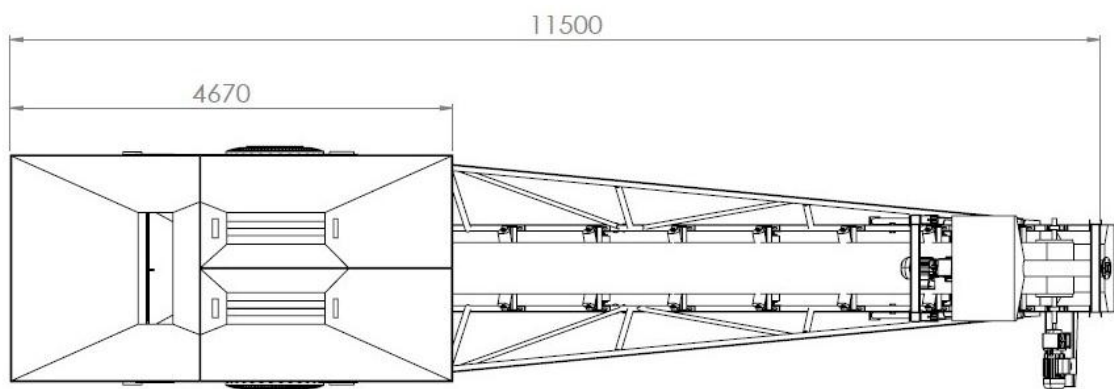


Imagen 41, Planta de concreto - Vista planta

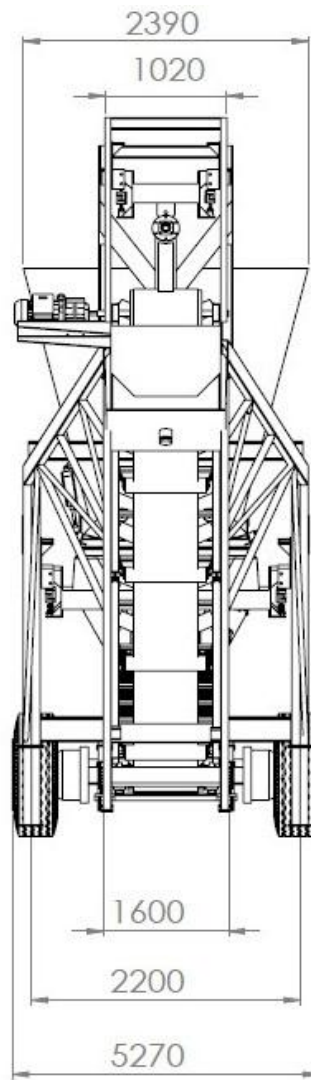


Imagen 42, Planta de concreto - Vista Frontal

ANEXO 19: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS		VARIABLES	DIMENSIONES
<p>¿Cuál es la configuración, dimensiones y características de una planta dosificadora de concreto con capacidad de 50m³/h, con una inversión inicial de 40 000 dólares?</p>	General:	NO APLICA	Indendiente	Singular
	Diseñar una planta dosificadora de concreto con capacidad de 50m ³ /h.		Planta dosificadora de concreto de 50 m ³ /h	Lista de exogencias
	Específicos:		Normas y Reglas determinadas.	
	Identificar las necesidades de la empresa.		Dependiente	Matriz Morfología
	Obtener las normas que rijan la fabricación de este equipo.		Estructura del bastidor de la planta	
	Dimensionar la planta dosificadora de concreto con capacidad de 50 m ³ /h según las normas obtenidas.		Propiedades de la tolva de contención de agregado	
Simular la estructura mediante el software comercial SolidWorks® para optimización de estructura.	Propiedades de la tolva de dosificado de agregado	Matriz de funciones		
Definir el tipo de material a emplear en una planta dosificadora de concreto.	Propiedades de la tolva de dosificado de cemento			
			Selección del sistema de dispensación.	Evaluación
			Sistema de abastecimiento de agua.	