



# “DISEÑO Y DESARROLLO DE PROTOTIPO SEPARADOR DE SOLIDOS BASADO EN TRANSPORTE HELICOIDAL PARA LA OPTIMIZACION DE PROCESOS EN EL TRATAMIENTO DE RILES”

**Ingeniería Mecánica Industrial**  
Universidad Técnica Federico Santa María

## Autor

Kevin Alfredo Pasten Smith

## Profesor Guía

Udo Rheinschmidt

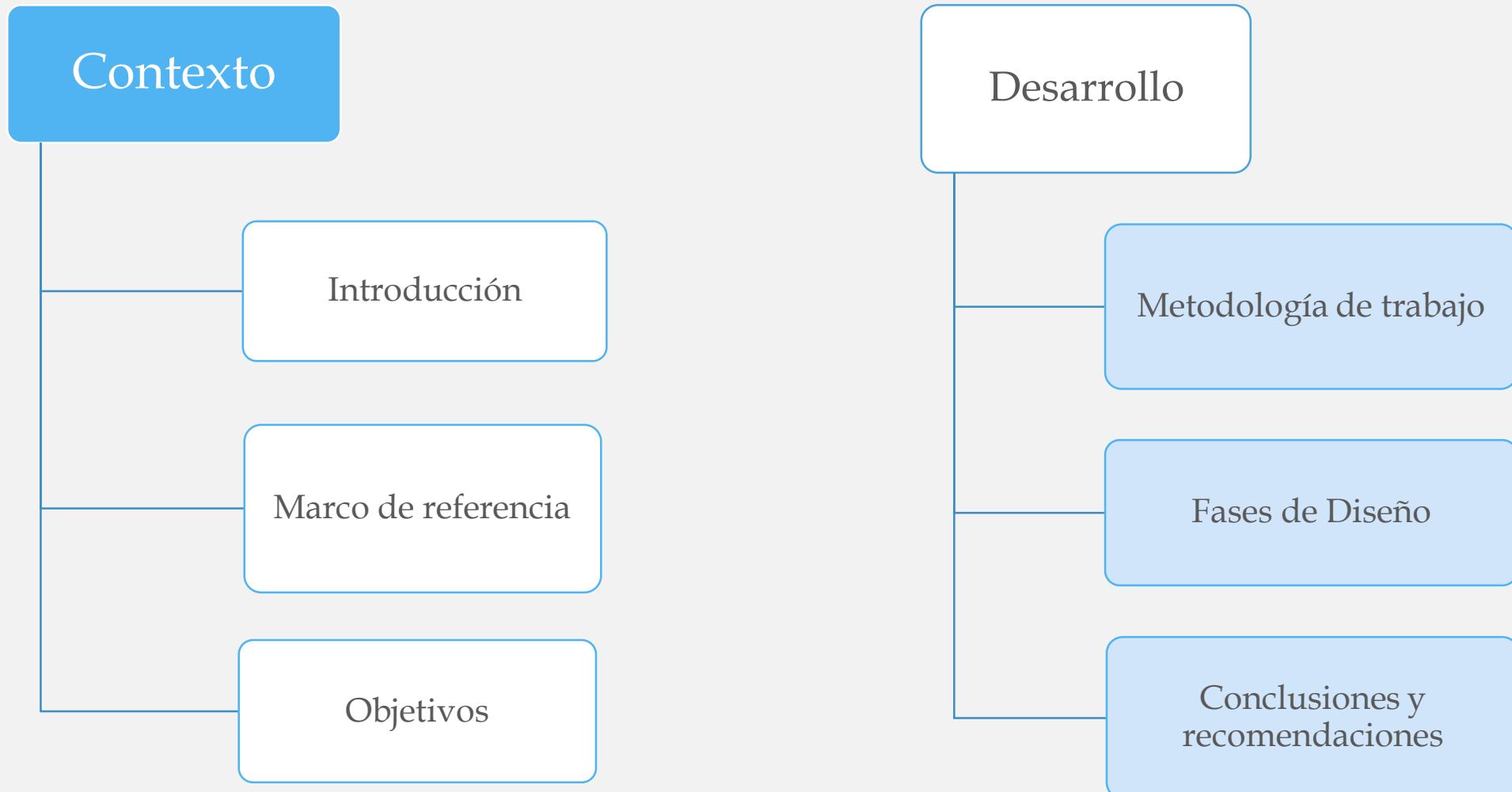
## Profesor Co-Referente

Rafael Mena Yanssen

13 de Enero de 2020 - Casa Central - Valparaíso



# Contenidos



# Problemática y Efectos negativos

Habitual en la industria vinícola

Deficiencia en tratamiento de RIL

Intervención de contaminantes

Ineficiencias y perdida de recursos



Viña Siegel  
Lugar de estudio

Contaminación de áreas de trabajo

Derivación de labores

Baja en índices de productividad



# Registros visuales



# Solución temporal vs solución sostenida en el tiempo

## Acción de la viña

Implementación de filtro improvisado

Extracción Manual de contaminantes

Suspensión del filtro y problemas colaterales



## Solución

Prototipo de separador de sólidos

Asesoramiento de innovación

Fondos CORFO



# Entidades Influyentes



1.- Patrocinante y beneficiaria del proyecto

2.- Fundo San Elías S/N,  
Palmilla, Valle de Colchagua, sexta región, Chile.

3.- Relaciona su éxito en gran medida al aporte de I+D que implementan constantemente.

1.- Provee servicios de proyectos ambientales e industriales.

2.- Asesora y provee diversos servicios a la Viña Siegel.

3.- Encargados de generar el vínculo entre empresas.

1.- Entrega servicios personalizados.

2.- Desarrollo de proyectos de innovación y tecnología, generación de prototipos funcionales.

3.- Compañía encargada de llevar a cabo el diseño y desarrollo del prototipo.

1.- Corporación de Fomento

2.- Es la agencia del Gobierno de Chile a cargo de apoyar el emprendimiento, la innovación y la competitividad en el país junto con fortalecer el capital humano y las capacidades tecnológicas.

# Prototipo

## Definición RAE

1.- Ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa.

2.- Ejemplar más perfecto y modelo de una virtud, vicio o cualidad

## Manual de Frascati

1.- Un prototipo es un modelo original fabricado para mostrar todas las características técnicas y de funcionamiento del nuevo producto.

2.- Los prototipos se crean casi por completo a partir de materiales existentes y empleando tecnología existente, y a menudo se construyen para ser usados simultáneamente para I+D y para suministrar el servicio primario al cual se destinan

## Definición CORFO

Prototipo

Prototipo Experimental

Prototipo Productivo

Prototipo Tecnológico Comercializable

# Objetivos del Proyecto

## Características de primer orden

1. Separar material sólido del líquido.
2. Retener y extraer sólidos contenidos en el flujo.
3. Equipo Compacto.
4. Adaptativo a lugares de instalación.
5. Funcionamiento automático
6. Fácil operación.
7. Debe ser reproducible.
8. Debe ser sustentable y sostenible.
9. Resistencia a condiciones climáticas extremas.
10. Resistencia a los ataques químicos.

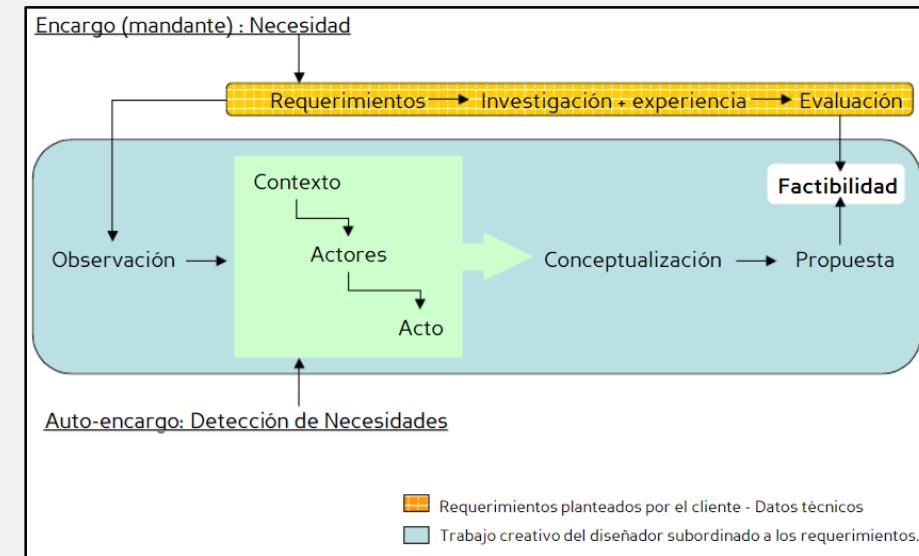
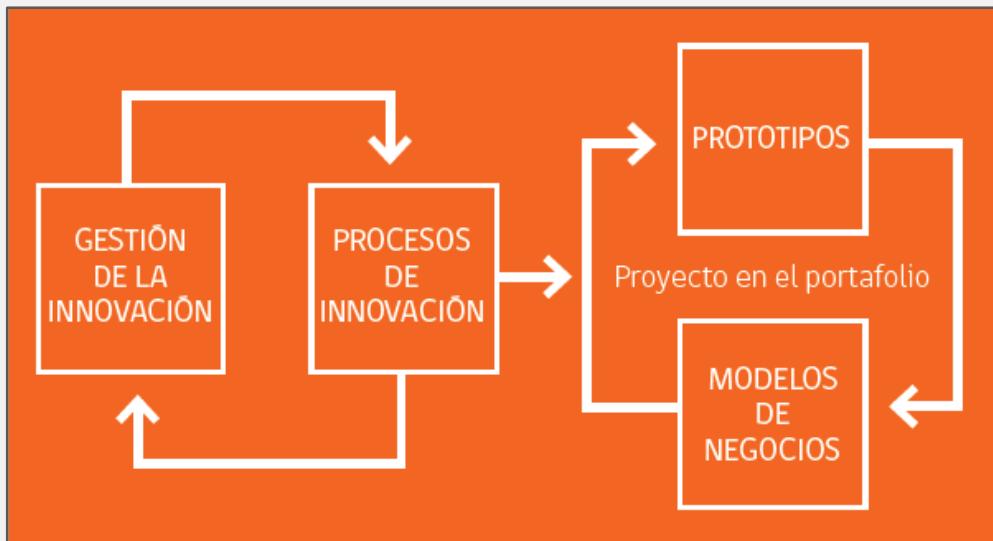
## Características de segundo orden

1. Diseño modular
2. Prensar o compactar el material antes de expulsarlo.
3. Sistema de soportes simples y regulables.
4. Atractivo visual y funcionalmente.
5. Fácil de instalar

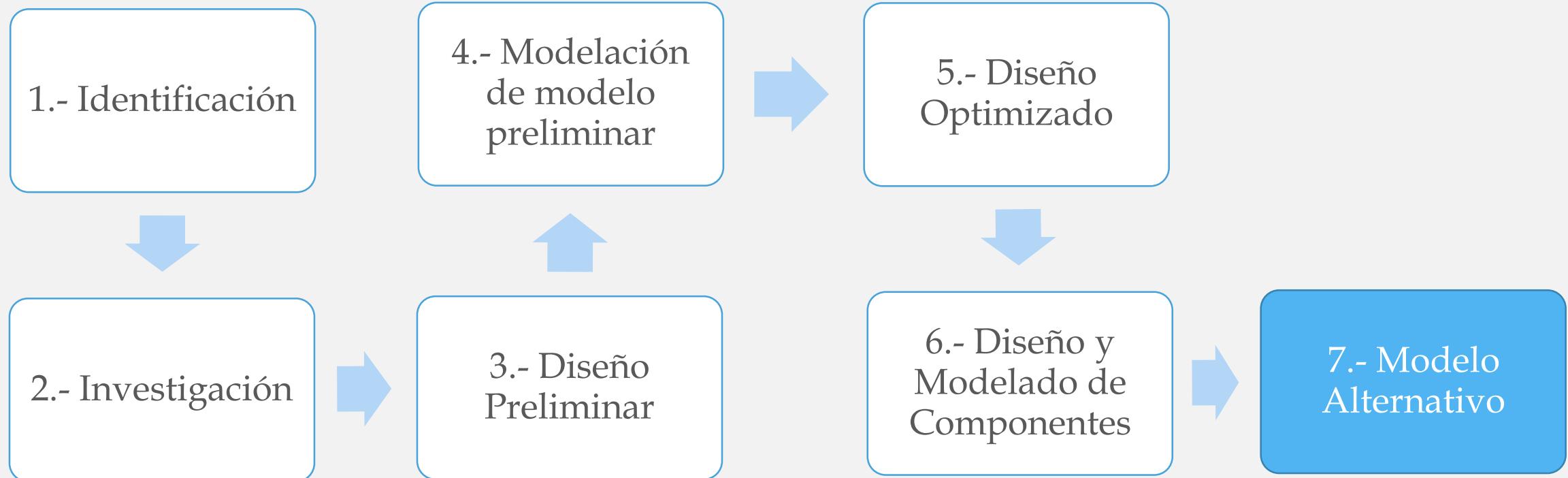
# Metodología de Trabajo

Prioridad Funcional

Cubrir la mayor cantidad de escenarios desfavorables que sea posible



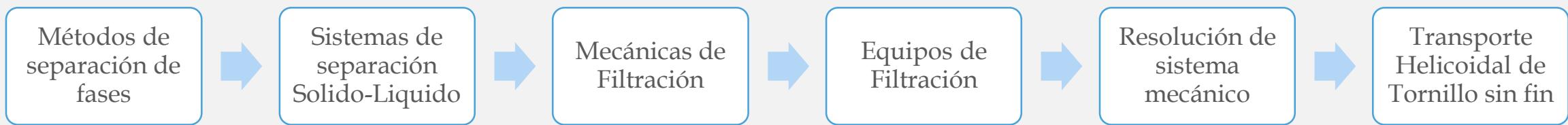
# Fases de Desarrollo



# Identificación

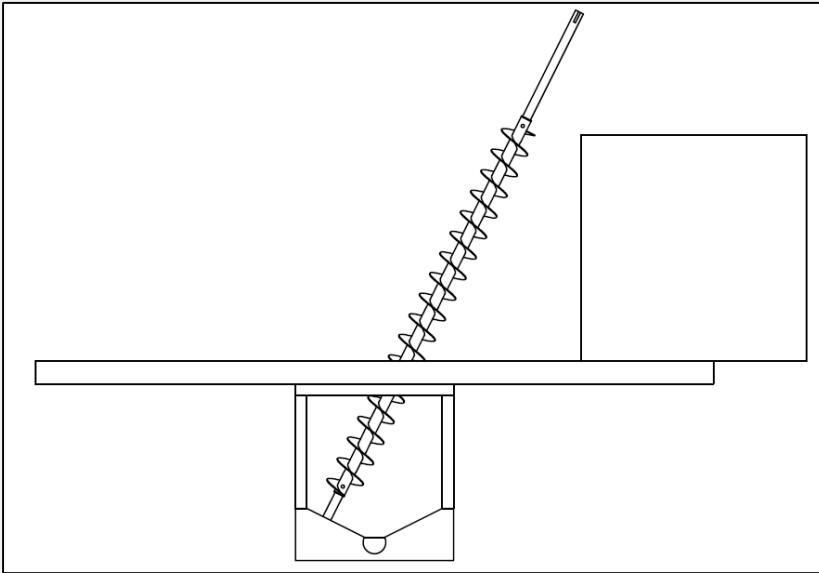


# Investigación

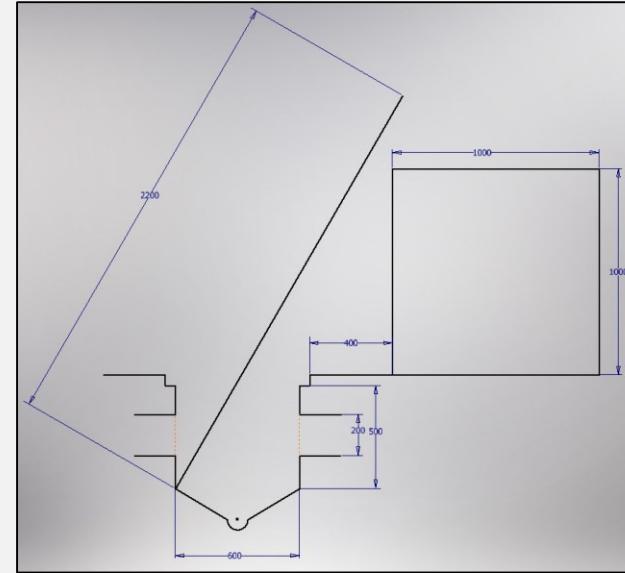


# Diseño preliminar - Parámetros Base

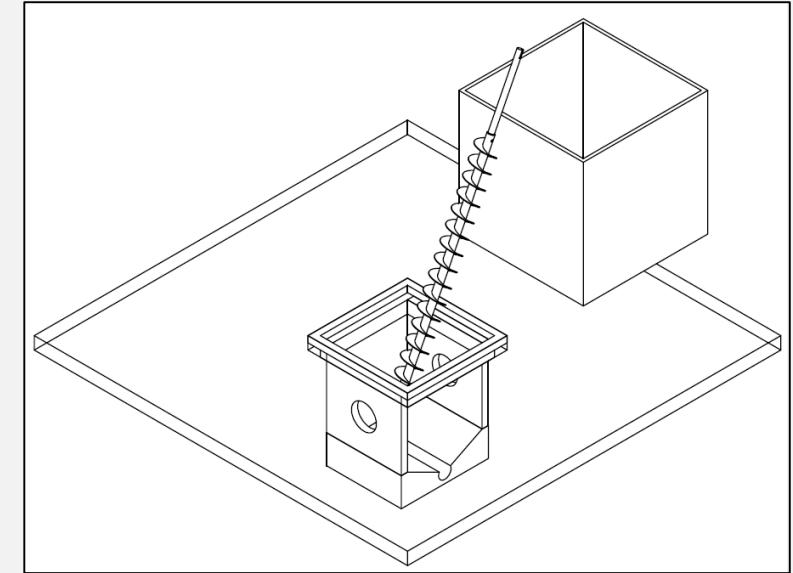
Bocetos Iniciales de Referencia



Vista Lateral Dibujo Inicial



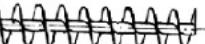
Vista Lateral Boceto Inicial



Vista Isométrica Dibujo Inicial

# Diseño preliminar – Parámetros Base

## 1.- Selección del tipo de Hélice

Tipo de Hélice	Tipo de material a transportar o aplicación
<b>Hélice continua - paso = diámetro</b> 	➤ Tipo de hélice normal para transporte de sólidos en posición horizontal
<b>Hélice de gran paso</b> 	➤ Se utiliza para productos que fluyen muy bien. Su Paso equivale a 1,5 o 2 veces el Diámetro.
<b>Hélice de pequeño paso paso = <math>\frac{1}{3}</math> Diámetro/ <math>\frac{1}{2}</math> Diámetro</b> 	➤ Se utiliza en tornillos sin fin inclinados o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador.
<b>Hélice de paso variable</b> 	➤ Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.
<b>Hélice de diámetro variable</b> 	➤ Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.
<b>Hélice de cinta</b> 	➤ Tipo de hélice adecuada para productos que producen atascamiento.
<b>Hélice mezcladora</b> 	➤ Se utiliza como equipo mezclador

## 2.- Clasificación del material

Clase	Características	Ejemplos
Materiales Clase I	❖ Materiales polvorientos ❖ No abrasivos ❖ Peso específico ~ 0.4 – 0.7 [t/m <sup>3</sup> ] ❖ Fluye fácilmente	• Cebada, trigo, malta, arroz • Harina de trigo y similares. • Carbón en polvo. • Cal hidratada y pulverizada.
Materiales Clase II	❖ Materiales que se presentan en granos o pequeños tamaños ❖ No abrasiva ❖ Peso específico ~ 0,6 - 0,8 [t/m <sup>3</sup> ]. ❖ Fluyen fácilmente.	• Alumbre en polvo. • Haba de soja. • Granos de café, cacao, maíz. • Cal hidratada.
Materiales Clase III	❖ Materiales de pequeño tamaño, mezclados con polvos. ❖ Semi abrasivos ❖ peso específico ~ 0,6 - 1,2 [t/m <sup>3</sup> ].	• Carbón vegetal. • Leche en polvo. • Sal. • Azúcar refinada.
Materiales Clase IV	❖ Materiales granulares o pequeños tamaños en mezcla con polvos. ❖ Semi-abrasivos o abrasivos. ❖ Peso específico 0,8 - 1,6 [t/m <sup>3</sup> ].	• Cemento. • Arcilla. • Azufre. • Arena.
Materiales Clase V	Materiales abrasivos, troceados o en polvo. NO es aconsejable utilizar transportadores de tornillo sin fin para transportar esta clase de material.	• Cenizas • Hollines • Cuarzo pulverizado • Arena silicea

# Diseño preliminar - Parámetros Base

## 3.- Velocidad de Giro

- 1)  $n \approx 50 \text{ r.p.m}$  → Para materiales pesados
- 2)  $n < 150 \text{ r.p.m.}$  → Para materiales ligeros

### Inversamente proporcional

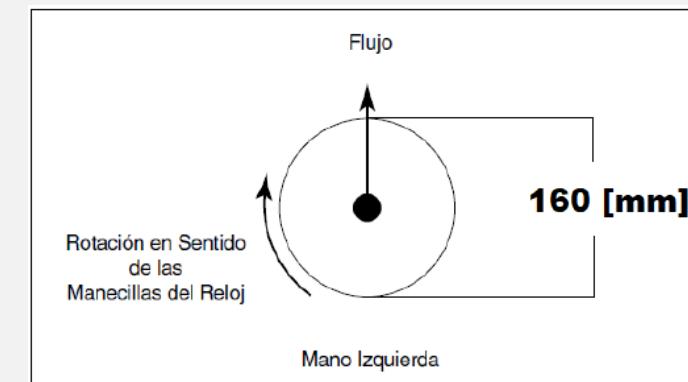
- A. Peso a granel del material a transportar
- B. Grado de Abrasividad del material a transportar
- C. Diámetro del tornillo.

Diámetro Tornillo [mm]	Velocidad máxima [rpm] según clase de material				
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
100	180	120	90	70	30
200	160	110	80	65	30
300	140	100	70	60	25
400	120	90	60	55	25
500	100	80	50	50	25
600	90	75	45	45	25

## 4.- Diámetro de Tornillo

1) **Materiales homogéneos:** El diámetro del tornillo equivale al menos a 12 veces el diámetro de los sólidos a transportar.

2) **Materiales heterogéneos:** el diámetro del tornillo equivale a 4 veces el mayor diámetro de los sólidos a transportar.



# Diseño preliminar - Parámetros Base

## 5.- Área de relleno del Canalón

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

Donde:

**S:** Área de relleno del transportador; [m<sup>2</sup> ]

**D:** Diámetro del canalón del transportador; [m]

**$\lambda$ :** Coeficiente de relleno de la sección; [-]

Tipo de carga	Coeficiente de relleno [ $\lambda$ ]
Pesada y Abrasiva	0.125
Pesada y Poco Abrasiva	0.25
Ligera y Poco Abrasiva	0.32
Ligera y No Abrasiva	0.4

## 6.- Velocidad de desplazamiento del transportador

$$V = \frac{Px n}{60}$$

Donde:

**V:** Velocidad de desplazamiento del transportador; [m/s]

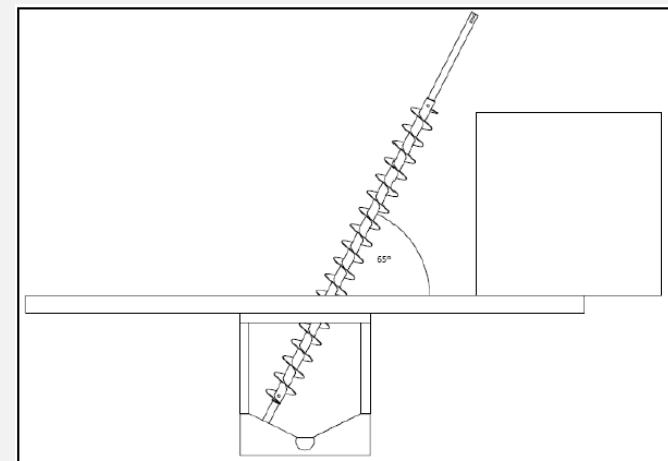
**P:** Paso del tornillo o paso de hélice; [m]

**n:** Velocidad de giro del eje del tornillo; [r.p.m.]

## 7.- Caudal MÁsico de Material procesable

$$Q = 3600 \times S \times V \times \rho \times i$$

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°	i ≥ 25°
I	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

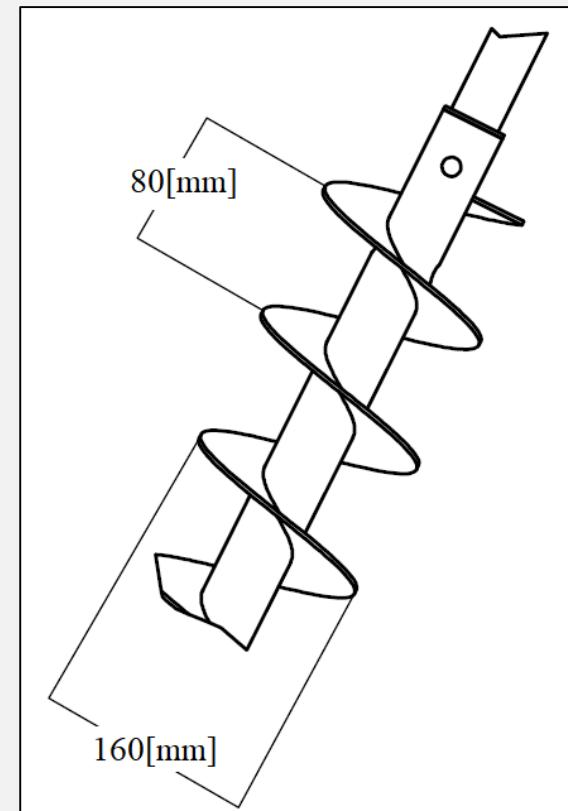


# Diseño preliminar - Parámetros Base

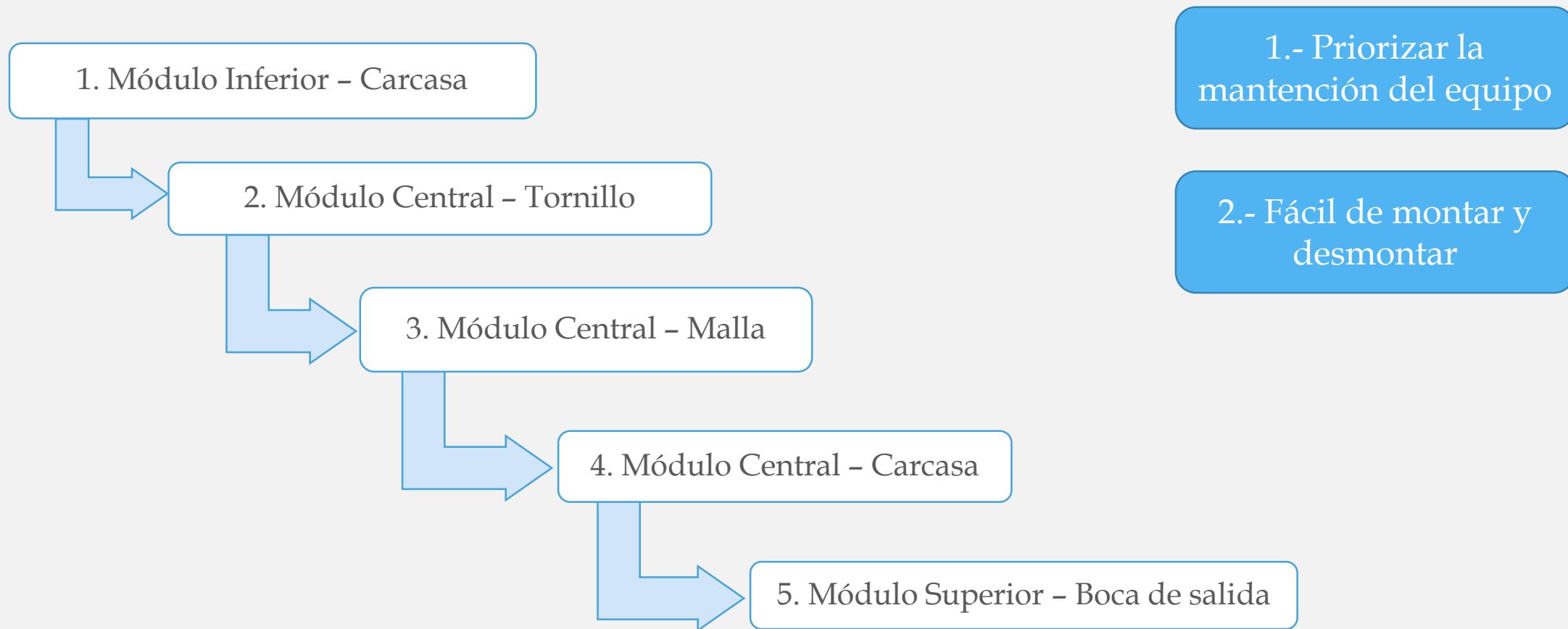
Tabla de resumen de parámetros para evaluación operativa.

Parámetro	Descripción
Tipo de Hélice	Hélice Sencilla Paso Medio - $\frac{1}{2} D$
Clasificación de material	Clase III Materiales semi-abrasivos de pequeño tamaño
Velocidad de giro (n)	50 [R.P.M]
Diámetro del Tornillo	160 [mm]
Paso de Tornillo	80 [mm]
Área de relleno del canalón	0.031 [m <sup>2</sup> ]
Velocidad de desplazamiento	0.067 [m/s]
Flujo MÁSICO de Material procesable	4.86 [T/h]

Boceto de parámetros físicos del transportador

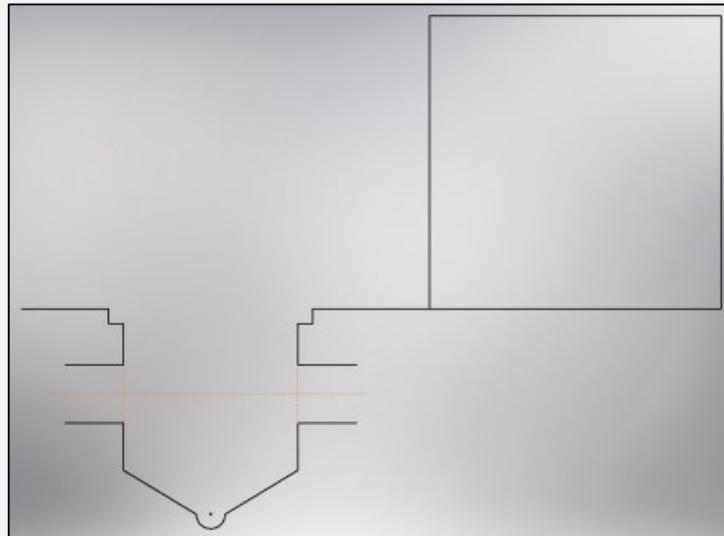


# Modelación Preliminar

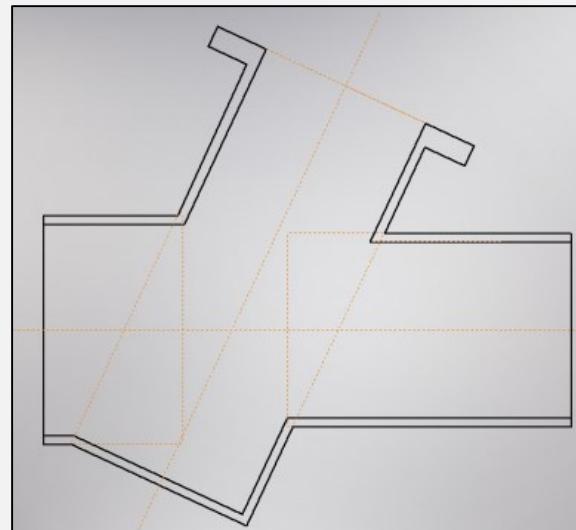


# Modelación preliminar

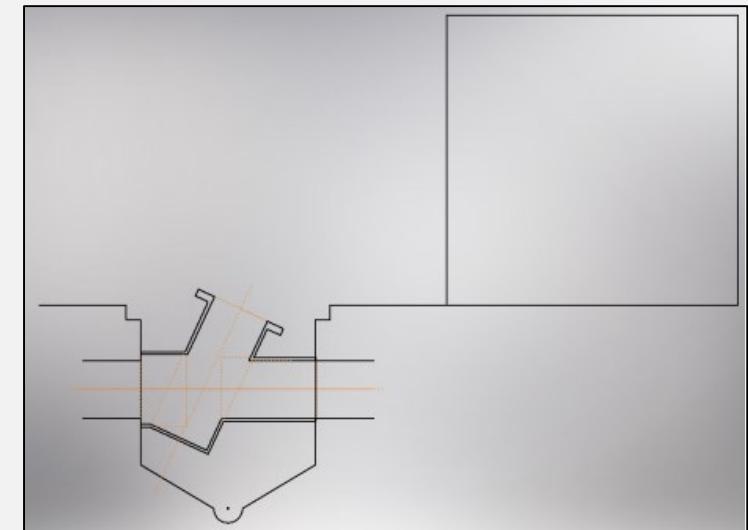
Bocetos Iniciales Autodesk Inventor



**Vista Lateral**  
Boceto base del sistema



**Vista Lateral**  
Boceto Módulo Inferior

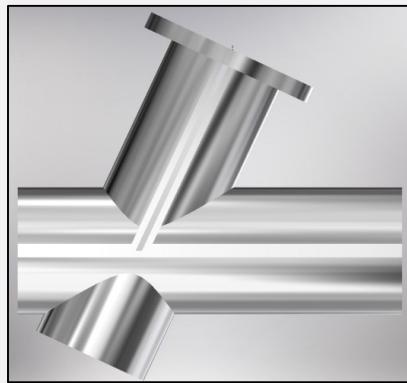


**Vista Lateral**  
Boceto de superposición

# Modelación preliminar

**Vista lateral**

Módulo de Carcasa Inferior



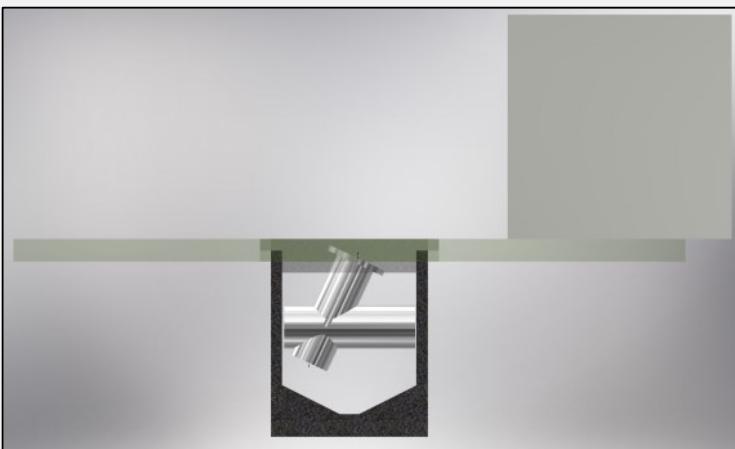
**Vista Isométrica**

Módulo de Carcasa Inferior



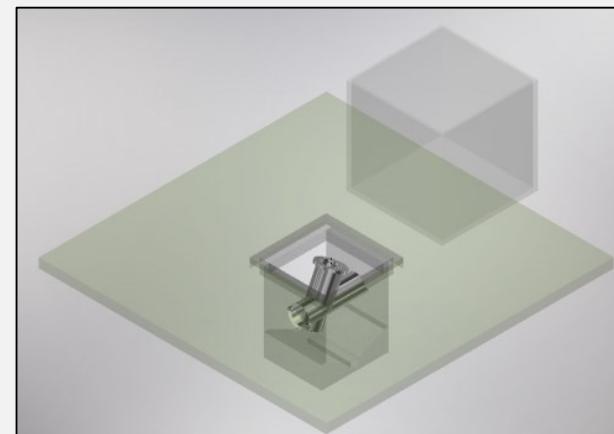
**Vista lateral**

Ensamble General



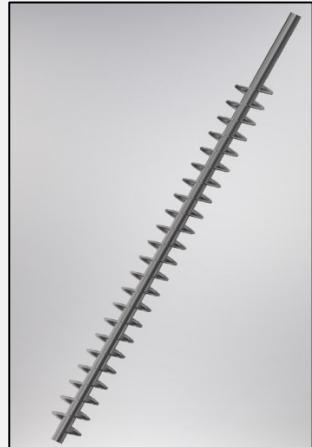
**Vista Isométrica**

Ensamble General

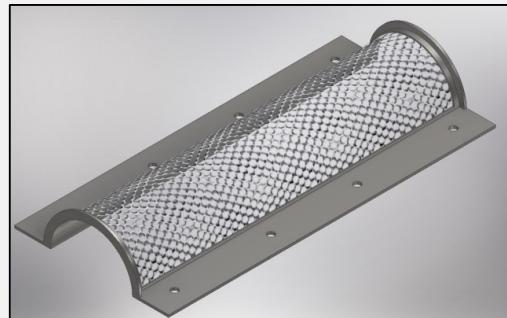


# Modelación preliminar

Módulo Central  
Tornillo



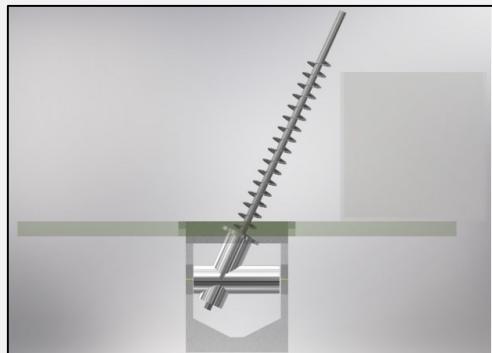
Módulo Central  
Malla



Módulo Central  
Carcasa

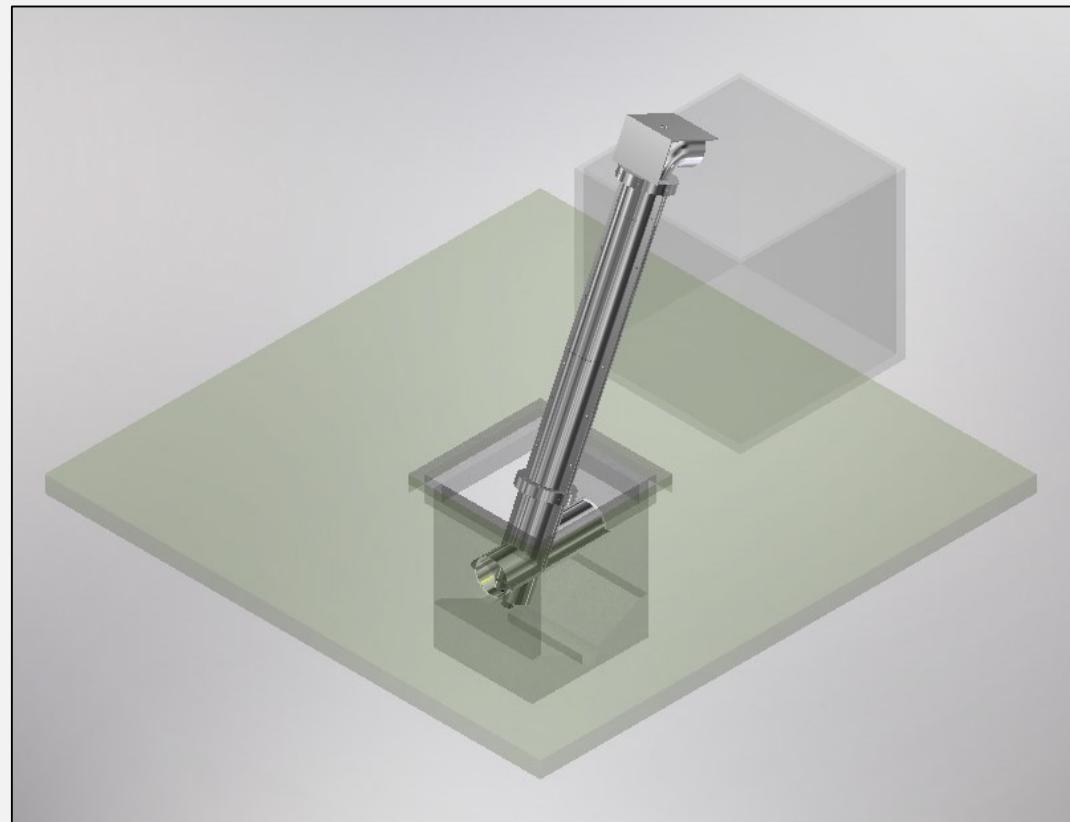


Módulo Superior  
Boca de salida

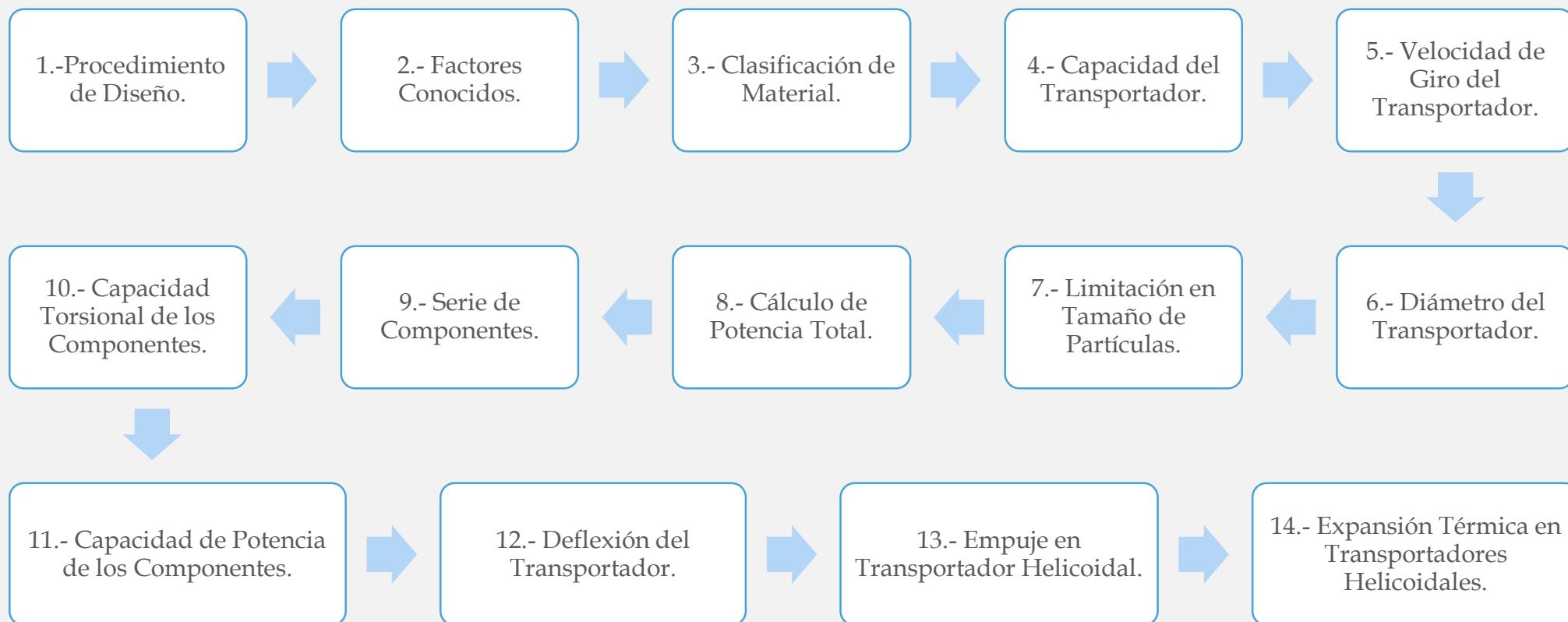


# Modelación preliminar

Vista Isométrica  
Modelo preliminar de separador de sólidos



# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal



# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 1.- Procedimiento de Diseño

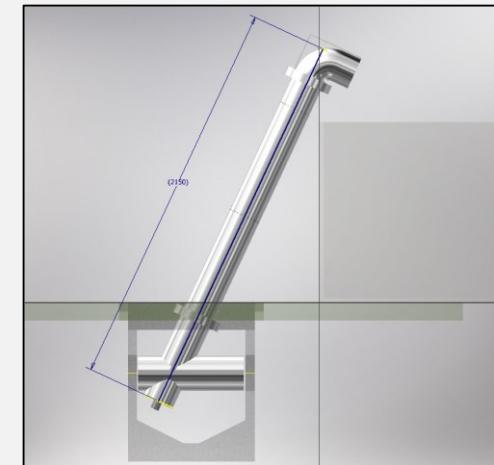
Etapa	Descripción
Paso 1	Establecer los factores conocidos: 1. Material a Transportar. 2. Tamaño máximo de partícula. 3. Capacidad en pies cúbicos por hora. 4. Capacidad requerida en libras por hora. 5. Distancia a la que debe transportar el material 6. Factores adicionales que afectan el transportador o su operación
Paso 2	Clasificación de material usando tablas proporcionadas por fabricante
Paso 3	Determinar la Capacidad de Diseño
Paso 4	Determinar el diámetro y velocidad, utilizando la capacidad requerida en pies cúbicos por hora, la clasificación del material y el porcentaje de carga de artesa.
Paso 5	Revisar el diámetro mínimo del helicoidal por limitaciones en el tamaño de partículas, utilizando el diámetro conocido del helicoidal y el porcentaje de tamaño de partícula.
Paso 6	Determinar Potencia
Paso 7	Revisar la capacidad torsional y/o de potencia de los componentes de los transportadores
Paso 8	Selección de componentes
Paso 9	Selección de Buje

## 2.- Factores Conocidos

$$Qmd = \frac{Qma \times Qvd}{Qva}$$

$$Qmd = 4,573 [kg/día] \approx 4.6[ton/día]$$

$$Qmh = 190.5 \left[ \frac{kg}{h} \right] = 420 \left[ \frac{lb}{h} \right]$$



Donde:

**Qmd:** Caudal másico diario; [kg/día]

**Qma:** Caudal másico anual; 294,719 [kg/año]

**Qvd:** Caudal volumétrico de residuos líquidos industriales diario; 395 [m³/día]

**Qva:** Caudal volumétrico de residuos líquidos industriales anual; 25,456[m³/año]

**Qmh:** Caudal másico por hora; [lb/h]

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 3.- Clasificación de material

*Propiedades características de materiales*

Clase	Característica de material	Código
Densidad	Densidad a granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino	Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor
	Fino	Malla No. 6 (.132) y menor
	Granular	1/2" y menor (malla 6" a 1/2") 3" y menor (1/2" a 3") 7" y menor (3" a 7")
	Terrones	16" y por debajo (0" a 16") Arriba de 16" a ser especificado X=Tamaño Máximo
	Irregular	Fibroso, Cilíndrico, etc.
	Fluidez	Fluido Muy Libre Fluido Libre Fluido Promedio Fluido Lento
	Abrasividad	Abrasividad Media Abrasividad Moderada Abrasividad Extrema
		1 2 3 4 5 6 7

*Propiedades particulares de los materiales*

Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento genera Eléctrica Estática Descomposición - Se Deteriora en Almacenamiento Inflamabilidad Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse Muy Polvo Al Airearse Se Convierte en Fluido Explosividad Pegajoso — Adhesión Contaminable — Afeta uso Degradable — Afeta uso Emite Humos o gases Tóxicos Peligrosos Altamente Corrosivo Medianamente Corrosivo Higroscópico Se Entrelaza, Enreda o Aglomera Presencia de Aceites Se Comprime Bajo Presión Muy Ligero — Puede Ser Levantado por el Viento Temperatura Elevada	F G H J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z
--------------------------------------	--	--

*Propiedades más cercanas al material evaluado*

Clase	Característica de material	Código
Densidad	Densidad a granel, Sin Compactar	[lb/ft <sup>3</sup> ]
Tamaño	Granular 3" y menor (1/2" a 3") Irregular Fibroso, Cilíndrico, etc.	D <sub>3</sub> E
Fluidez	Fluido Promedio	3
Abrasividad	Abrasividad Media	5
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Descomposición Higroscópico Se Comprime Bajo Presión Medianamente Corrosivo	H U X T

*Código del material evaluado*

<b>Material:</b> Orujo y residuos sólidos irregulares			
<b>D<sub>3</sub> E - 3</b>	<b>5</b>	<b>HUXT</b>	
Tamaño			Otras Características
	Fluidez		Abrasividad

*Característica de los materiales con mayor similitud al evaluado*

Material	Pulpa de Uva	Lodos de drenaje secos	Lúpulo húmedo
Peso [lb/ft <sup>3</sup> ]	15-20	40-50	50-55
Código de Material	D <sub>3</sub> -45U	E-47TW	D <sub>3</sub> -45V
Selección de Rodamiento	H	H	L-S
Serie de Componentes	2	3	2
Factor de material	1.4	0.8	1.5
Carta artesa	30°	15	30A

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 4.- Capacidad del transportador

$$Ce = Cr \times (CF1) \times (CF2) \times (CF3)$$

Donde:

Ce: Capacidad equivalente; [ft<sup>3</sup>/h]

Cr: Capacidad requerida (*Qmh*); [ft<sup>3</sup>/h]

CF1: Factor de capacidad para transportador con paso especial; [-]

CF2: Factor de capacidad para transportador con helicoidal especial; [-]

CF3: Capacidad para transportador con paletas mezcladoras; [-]

$$Cr = \frac{420 \left[ \frac{lb}{h} \right] \times \frac{100}{20}}{81.1 \left[ \frac{lb}{ft^3} \right]} = 20.7 \left[ \frac{ft^3}{h} \right] \approx 21 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]$$

CF<sub>1</sub> = 2.00

CF<sub>2</sub> = 1.0

CF<sub>3</sub> = 1.00

$$Ce = 42 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]$$

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF1

Paso	Descripción	CF <sub>1</sub>
Estándar	Paso = Diámetro del Helicoidal	1.00
Corto	Paso = 2/3 Diámetro del Helicoidal	1.50
Medio	Paso = 1/2 Diámetro del Helicoidal	2.00
Largo	Paso = 11/2 Diámetro del Helicoidal	0.67

Factores de Capacidad para Transportador con Helicoidal Especial CF2

Tipo de Carga del Transportador Helicoidal	Carga del Transportador		
	15%	30%	45%
Helicoidal con Corte	1.95	1.57	1.43
Helicoidal con Corte y Doblez	N.R.*	3.75	2.54
Helicoidal de Listón	1.04	1.37	1.62

Capacidad para Transportador con Paletas Mezcladoras CF3

Paletas Estándar de Paso Invertido a 45°	Paletas por Paso				
	Ninguna	1	2	3	4
Factor CF <sub>3</sub>	1.00	1.08	1.16	1.24	1.32

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 5.- Velocidad de giro del transportador

$$N = \frac{\text{Capacidad equivalente } \left[ \frac{ft^3}{h} \right]}{\text{Pies cúbicos por hora @ 1 RPM}}$$

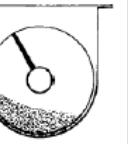
$$n = \frac{42 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]}{0.75 \left[ \frac{ft^3}{h} \right]} = 56 \text{ RPM}$$

Diámetros y revoluciones por minuto para cargas de artesa de 15% y 30%.

Carga de Artesa		Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
			A 1 RPM	A Máx. RPM	
30% A		4	0.41	53	130
		6	1.49	180	120
		9	5.45	545	100
		10	7.57	720	95
		12	12.90	1160	90
		14	20.80	1770	85
		16	31.20	2500	80
		18	45.00	3380	75
		20	62.80	4370	70
		24	109.00	7100	65
		30	216.00	12960	60
		4	0.21	15	72
		6	<b>0.75</b>	<b>45</b>	<b>60</b>
		9	2.72	150	55
15% A		10	3.80	210	55
		12	6.40	325	50
		14	10.40	520	50
		16	15.60	700	45
		18	22.50	1010	45
		20	31.20	1250	40
		24	54.60	2180	40
		30	108.00	3780	35

## 6.- Diámetro del transportador

$$D = 6 \text{ [in]} = 152.4 \text{ [mm]}$$

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
		A 1 RPM	A Máx. RPM	
15% A		4	0.21	15
		<b>6</b>	<b>0.75</b>	<b>45</b>
		9	2.72	150
		10	3.80	210
		12	6.40	325
		14	10.40	520
		16	15.60	700
		18	22.50	1010
		20	31.20	1250
		24	54.60	2180
		30	108.00	3780
		4	0.21	72
		<b>6</b>	<b>0.75</b>	<b>60</b>
		9	2.72	55
		10	3.80	55
		12	6.40	50
		14	10.40	50
		16	15.60	45
		18	22.50	45
		20	31.20	40
		24	54.60	40
		30	108.00	35

## 7.- Limitación en tamaño de partículas

Clases de materiales y descripción asociada

Clase	Descripción
Clase 1	Es una mezcla de partículas grandes y finas en donde no más del 10% son partículas con un tamaño mayor de la mitad del máximo; y 90 % son partículas menores a la mitad del tamaño máximo.
Clase 2	Es una mezcla de partículas grandes y finas en donde no más del 25% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 75 % son partículas menores a la mitad del tamaño máximo.
Clase 3	Es una mezcla de únicamente partículas grandes en donde el 95% son partículas con un tamaño máximo de la mitad del máximo; y 5% o menos son partículas menores a una décima parte del tamaño máximo.

Tamaño máximo de partícula según clase para helicoidal de 6 pulgadas

Diámetro del Helicoidal [in]	Tubo [in]	Clase 1	Clase 2	Clase 3
6	2 3/8	1 1/4	3/4	1/2

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 8.- Cálculo de Potencia Total

$$HP_{total} = \frac{(HP_f + HP_m + HP_i) \times F_o}{e}$$

### 8.1.- Potencia necesaria para vencer la fricción (HPf)

$$HP_f = \frac{L \times N \times F_d \times F_b}{1,000,000}$$

Parámetro	Valor
L	8.2 [ft]
N	56 R.P.M
Fd	18 [-]
Fb	4.4 [-]

$$HP_f = 0.036 [HP]$$

### 8.2.- Potencia necesaria para mover el material (HPm)

$$HP_m = \frac{C \times L \times W \times F_f \times F_m \times F_p}{1,000,000}$$

Parámetro	Valor
C	42 [ft <sup>3</sup> /h]
L	8.2 [ft]
W	81.1 [lb/ ft <sup>2</sup> ]
F <sub>m</sub>	1.5 [-]
F <sub>f</sub>	1.0 [-]
F <sub>p</sub>	1.0 [-]

$$HP_m = 0.042 [HP]$$

### 8.3.- Potencia necesaria para vencer la inclinación del transportador (HPi)

$$HP_i = \frac{M \times H \times 1.341}{367}$$

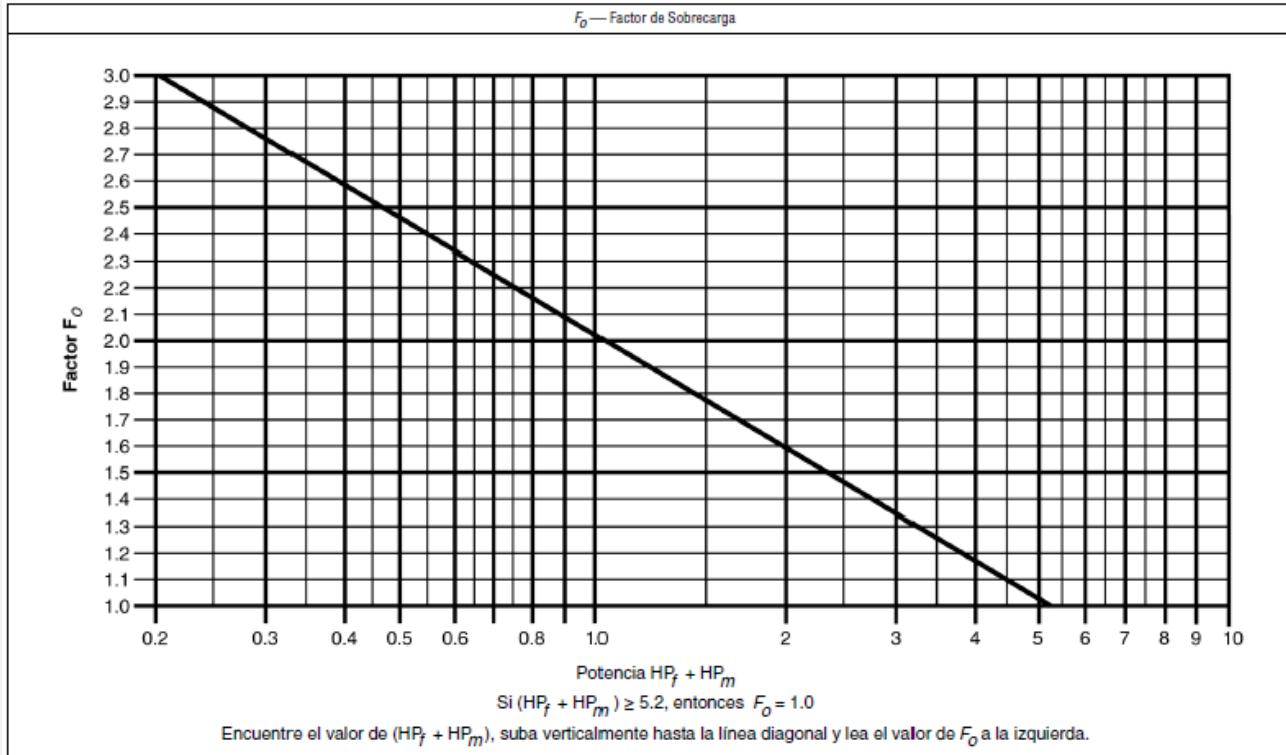
Donde:

M: Caudal masico de material; [T/h]  
H: Altura de levantamiento; [m]

$$HP_i = 0.0016 [HP]$$

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

8.4.- Factor de Sobrecarga  
 $F_o = 3.0 [-]$



8.5.- Factor de eficiencia de la transmisión (e)

Tipo de Transmisión	Factor (e)
Transmisión para transportador helicoidal o montado en eje con transmisión de Bandas en "V"	0.88
Reductor de Engranes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	0.87
Motorreductor con Cople	0.95
Motorreductor con Transmisión de Cadena	0.87

Parámetro	Valor
$HP_f$	0.036 [HP]
$HP_m$	0.042 [HP]
$HP_i$	0.0016 [HP]
$F_o$	3.0 [-]
E	0.87 [-]

**HP total = 0.274 [HP]**

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 9.- Serie de componentes

Material	Pulpa de Uva	Lodos de drenaje secos	Lúpulo húmedo
Serie de componentes	2	3	2

Componente	Grupo 2	Grupo 3
Diámetro del helicoidal (pulgadas)	6	6
Diámetro del eje (pulgadas)	1 1/2	1 1/2
Helicoidales Continuos (Código de catálogo)	6H308	6H312
Helicoidales Seccionales (Código de catálogo)	6S309	6S312
Espesor Artesa, Calibre Americano Estándar (Pulgadas)	Calibre 14	Calibre 10
Espesor Cubierta, Calibre Americano Estándar (Pulgadas)	Calibre 16	Calibre 16

Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	6	6
Diámetro del Eje (Pulgadas)	1 1/2	1 1/2
Designación de Tamaño	6S309	6S312
Tamaño Nominal de tubo Cédula 40	2	2
Diámetro Exterior de Tubo (Pulgadas)	2.375	2.375
Pared de Tubo (pulgadas)	0.154	0.154
Diámetro interior de Tubo (pulgadas)	2.067	2.067

## 10.- Capacidad Torsional de los Componentes

Acoplamiento	Tubo		Ejes	
	Cedula 40 (Sch 40)		Torque (lb-Pulgadas)	
	Diámetro del Eje (Pulgadas)	Tamaño (Pulgadas)	Torque (lb-Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)
1	1 1/2	3,140	820	999
1 1/2	2	7500	3,070	3,727
2	2 1/2	14,250	7,600	9,233
2 7/16	3	23,100	15,090	18,247
3	3 1/2	32,100	28,370	34,427

Diámetro del Eje (Pulgadas)	Diámetro del Perno (Pulgadas)	Pernos al Corte (lb-Pulgadas)		Resistencia de los Barrenos (lb-Pulgadas)	
		Nº de Pernos		Nº de Pernos	
		2	3	2	3
		1	3/8	1,380	2,070
1 1/2	1/2	3,660	5,490	5,000	7,500
2	5/8	7,600	11,400	7,860	11,790
2 7/16	5/8	9,270	13,900	11,640	17,460
3	3/4	16,400	24,600	15,540	23,310

$$T = \frac{63,025 \times HP}{RPM}$$

$$T = 562.7 \text{ [lb - pulgada]}$$

## 11.- Capacidad de Potencia de los Componentes

Acoplamiento	Tubo		Ejes	
	HP por RPM		HP por RPM	
	Diámetro del Eje (Pulgadas)	Tamaño (Pulgadas)	Estándar CEMA (C-1018)	Estándar Martin (C-1045)
1	1 1/2	0.049	0.013	0.016
1 1/2	2	0.119	0.048	0.058
2	2 1/2	0.226	0.120	0.146
2 7/16	3	0.366	0.239	0.289
3	3 1/2	0.509	0.450	0.546

Diámetro del Eje (Pulgadas)	Diámetro del Perno (Pulgadas)	Pernos al Corte HP por RPM		Resistencia de los Barrenos HP por RPM	
		Nº de Pernos		Nº de Pernos	
		2	3	2	3
		1	3/8	0.021	0.032
1 1/2	1/2	0.058	0.087	0.079	0.119
2	5/8	0.120	0.180	0.124	0.187
2 7/16	5/8	0.147	0.220	0.184	0.277
3	3/4	0.260	0.390	0.246	0.369

$$P = \frac{HP}{RPM}$$

$$P = 0.0089 \text{ [HP]}$$

# Diseño Optimizado - Transportador Helicoidal

## 12.- Deflexión del transportador

$$D = \frac{5 \times W \times L^3}{384 \times 29,000,000 \times I}$$

Número de Parte, Helicoidal Completo	Espesor del Helicoidal	Longitud Estándar Pies-Pulg.	Peso Promedio lb			Espirales Aprox. Por Pie
			Longitud Estándar	Por Pie	Espiral c/u	
6S312	3/16	9-10	75	7.5	1.7	2.0

Tamaño de Tubo	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"
I	0.666	1.53	3.02	4.79

$$D = 0.064 \text{ [in]}$$

Se recomienda que la deflexión no supere los 0.25 [in], lo cual en este caso se cumple.

## 13.- Empuje en transportador helicoidal

En base a la experiencia se ha establecido que seleccionar componentes que soporten el empuje rara vez es crítico por lo que el empuje normalmente no se calcula al diseñar un transportador. Para la mayoría de las aplicaciones los componentes de empuje estándar de los transportadores absorberán esta fuerza sin necesidad de hacer un diseño especial.

## 14.- Expansión térmica en transportadores helicoidales

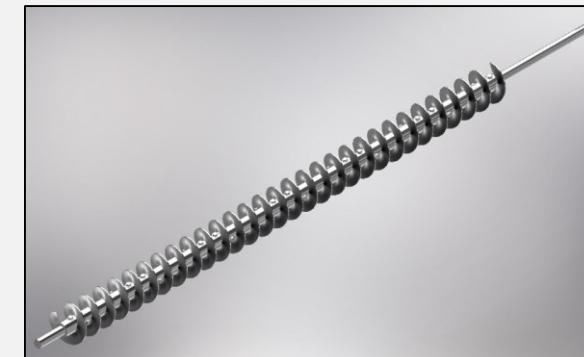
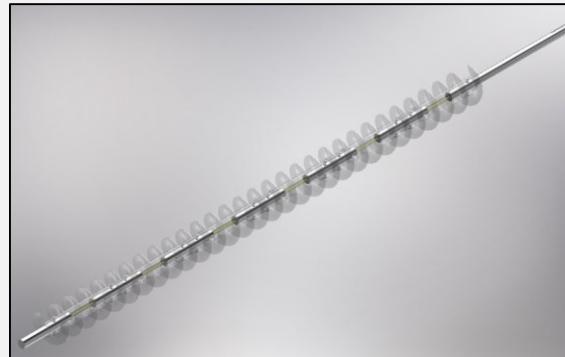
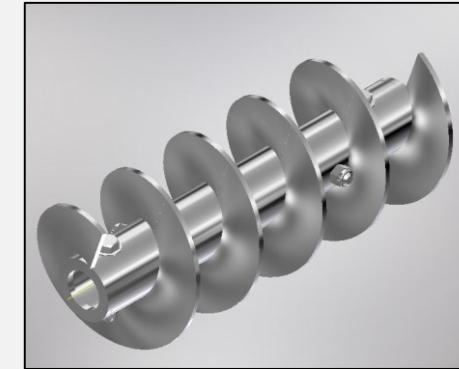
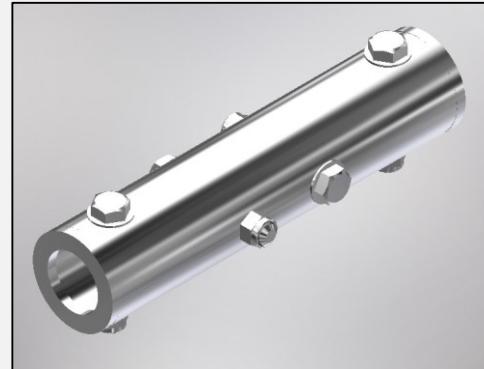
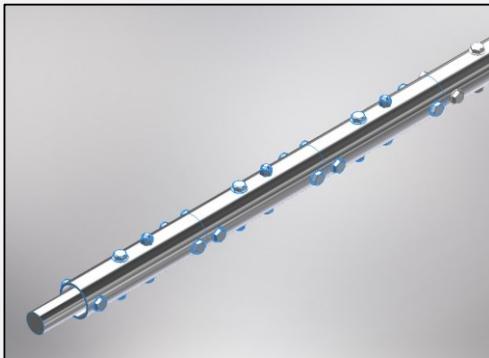
$$\Delta L = L \times (T_1 - T_2) \times C$$

$$\Delta L = 108 \times (104 - 32) \times (9.9 \times 10^{-6}) = 0.0077 \text{ [in]}$$

Este cambio de longitud en relación al sistema es despreciable, por tanto, se asume que la diferencia de temperaturas ambiente no afectara el funcionamiento del prototipo.

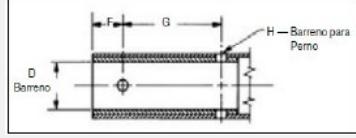
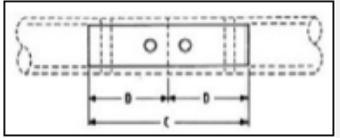
# Diseño y Modelado de Componentes

Dimensionamiento de Transportador Helicoidal



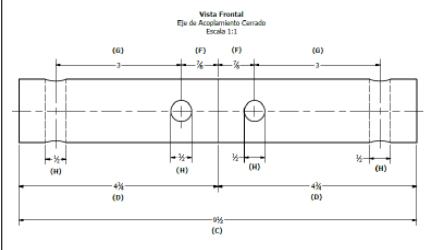
# Diseño y Modelado de Componentes

# Eje de Acoplé Cerrado

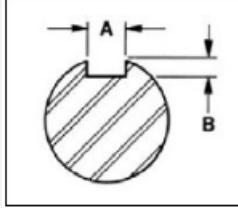
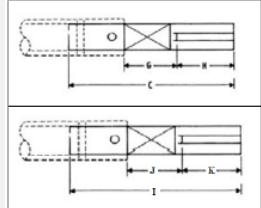


Diámetro Eje [in]	C [in]	D [in]
1 $\frac{1}{2}$	9 $\frac{1}{2}$	4 $\frac{3}{4}$

F	Distancia al 1º Barreno del Perno (pulgada)	7/8
G	Centros al 2º Barreno del Perno (pulgada)	3
H	Tamaño Nominal Perforación del Tornillo (pulgada)	1/2

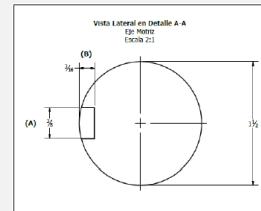
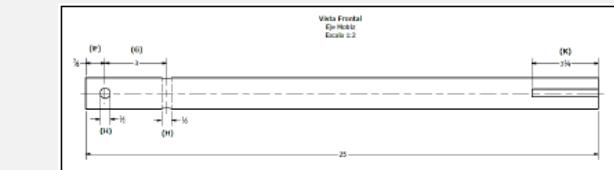


# Eje Motriz

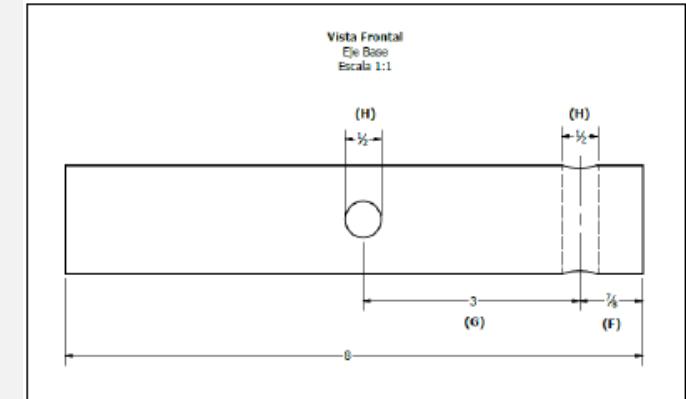


Diámetro de Eje	I [in]	J [in]	K
$1 \frac{1}{2}$	$13 \frac{1}{4}$	$5 \frac{1}{4}$	3

	Diámetro de Eje	A [in]	B [in]
4	1 $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$



# Eje Base



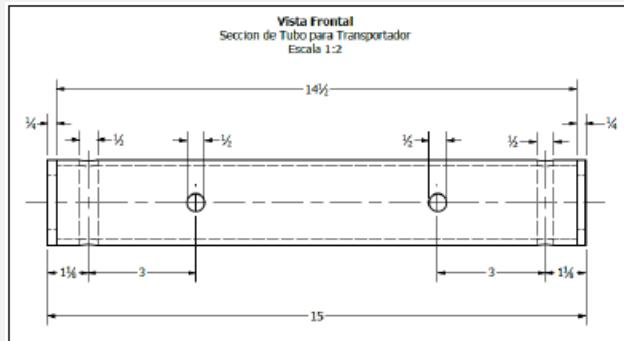
# Diseño y Modelado de Componentes

## Elementos de Fijación

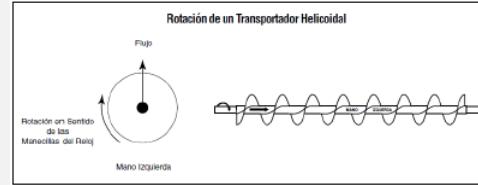
Elemento	Descripción
PERNO HEXAGONAL ACERO INOXIDABLE AISI-316 UNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda usar pernos de <math>\frac{1}{2}</math>" x 3".</li> <li>13 hilos por pulgada.</li> <li>En un caso alternativo pueden utilizarse pernos M12 de 80 [mm] de largo.</li> <li>En caso alternativo puede utilizarse perno hexagonal A-325 Galvanizado.</li> <li>Peso aproximado de 0.05 [kg]</li> </ul>
GOLILLA PRESIÓN ACERO INOXIDABLE AISI-316	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomienda utilizar arandelas de presión, debido a la constante vibración que sufrirá el sistema.</li> <li>En caso alternativo pueden utilizarse arandelas galvanizadas para abaratar costos.</li> <li>Pueden utilizarse arandelas normales, asegurando la sujeción.</li> <li>Peso aproximado de 0.005 [kg]</li> </ul>
A      B	
$\frac{1}{2}$ "      1.35"	
TUERCA HEXAGONAL ACERO INOXIDABLE 316 UNC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se recomiendan tuercas autoblocantes para asegurar el conjunto contra la vibración constante del sistema.</li> <li>En casos alternativos pueden utilizarse tuercas galvanizadas para abaratar costos.</li> <li>Peso aproximado de 0.01 [kg]</li> </ul>
D      F      H	
$\frac{1}{2}$ " $\frac{3}{4}$ "      0.45"	

## Tubo del Transportador

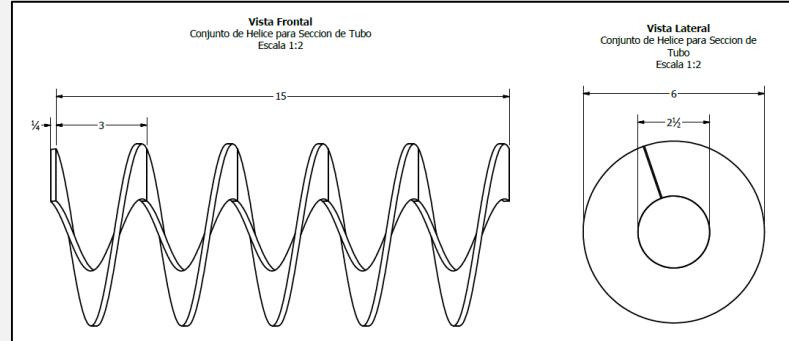
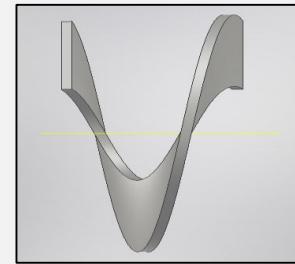
Tamaño Nominal de tubo Cédula 40 (pulgadas)	2
Diámetro Exterior de Tubo (Pulgadas)	2.375
Pared de Tubo (pulgadas)	0.154
Diámetro interior de Tubo (pulgadas)	2.067
Longitud estándar por sección (pulgadas)	10
Longitud calculada (8.2[ft]) (pulgadas)	98.4
Secciones de tubería	10



## Helicoide

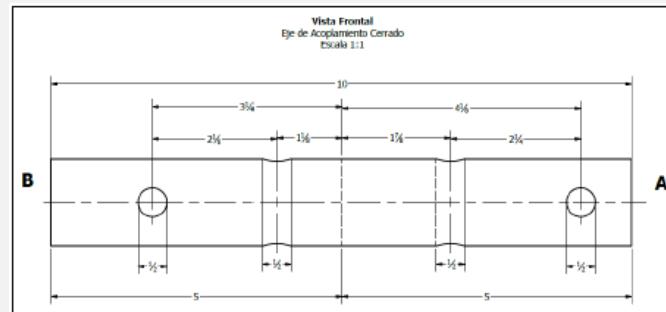
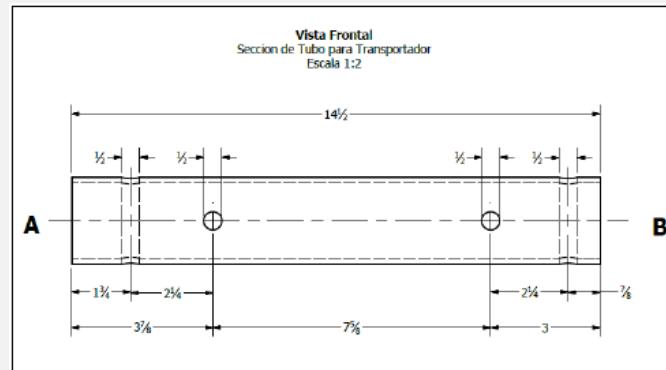
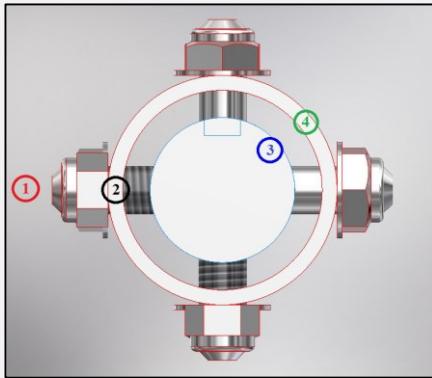


Parámetro	Valor
Espesor de Hélice	0.185 [in]
Diámetro Exterior	6 [in]
Diámetro Interior	2.375 [in]
Longitud sección de hélice (paso)	3 [in]
Peso promedio (unidades americanas)	0.625 [lb/in]
Peso promedio (unidades internacionales)	0.0072 [kg/m]
Peso promedio por sección de hélice	0.85 [kg]
Cantidad de secciones por sección de tubo	5
Peso promedio por conjunto de hélice para tubo	4.25 [kg]

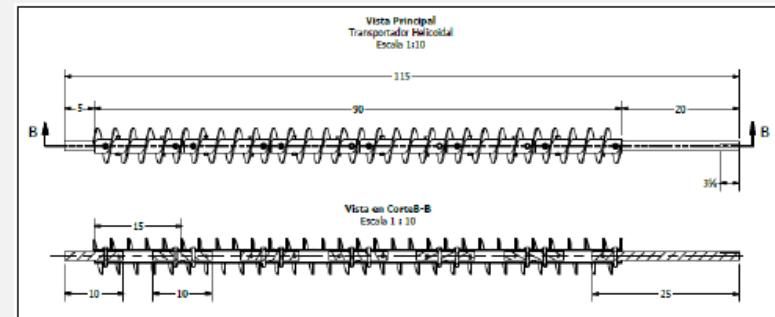


# Diseño y Modelado de Componentes

## Redimensionamiento de componentes

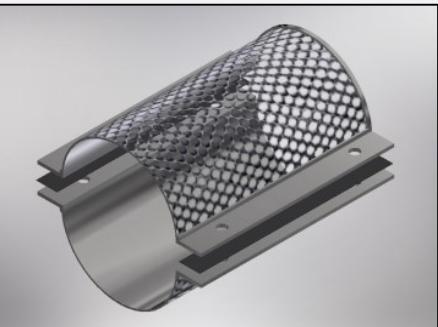
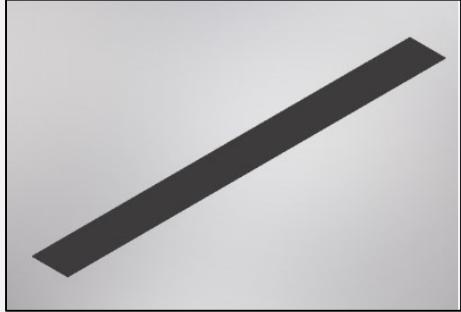


Conjunto	Elemento	Peso individual [kg]	Peso total [kg]
Eje	Eje de acople (5)	0.254	1.27
	Eje Motriz (1)	0.635	0.635
	Eje Base (1)	0.254	0.254
Tubo	Perno (24)	0.05	1.2
	Golilla (24)	0.005	0.12
	Tuerca (24)	0.01	0.24
	Sección de tubo (6)	2	12
	Anillos de fijación (12)	0.07	0.84
Hélice	Sección Helicoidal (30)	0.85	25.5
Peso Total del Transportador Helicoidal			42.059

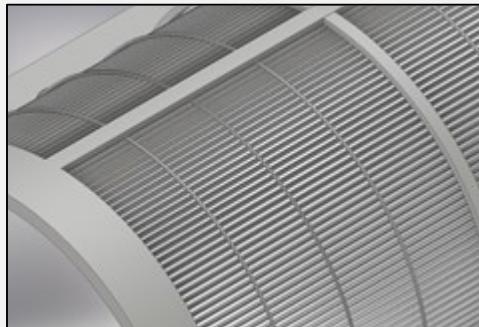
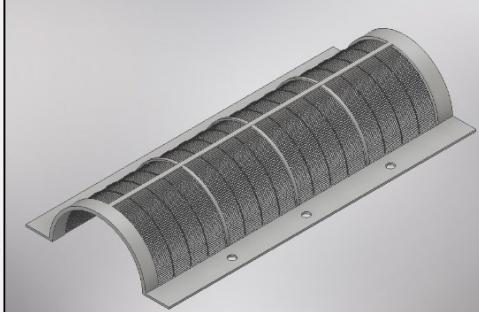


# Diseño y Modelado de Componentes

Empaquetadura

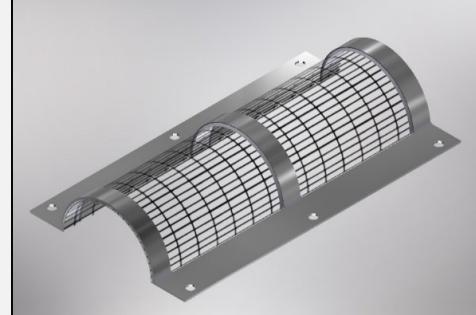
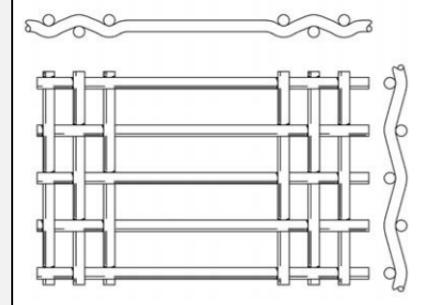


Filtro-Tamiz Johnson

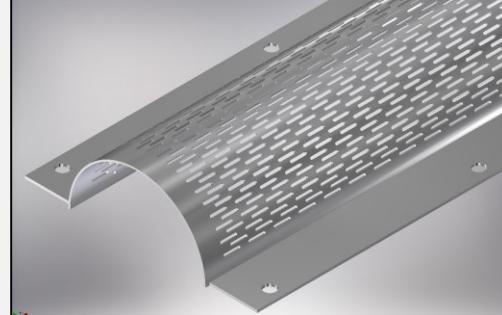
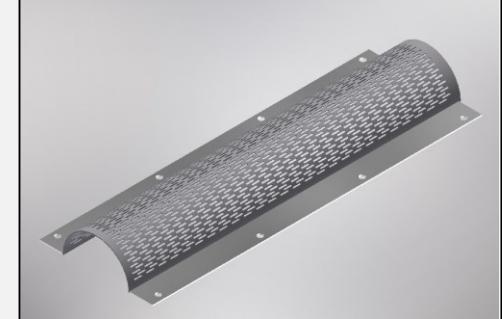


Malla

Malla RLL



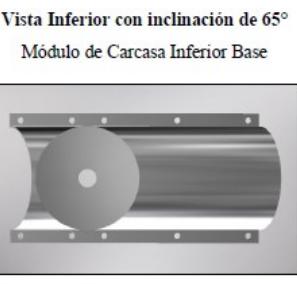
Plancha perforada



# Diseño y Modelado de Componentes

## Dimensionamiento de Carcasa

Modulo Inferior  
Carcasa Inferior Base



Modulo Inferior  
Sección inclinada izquierda

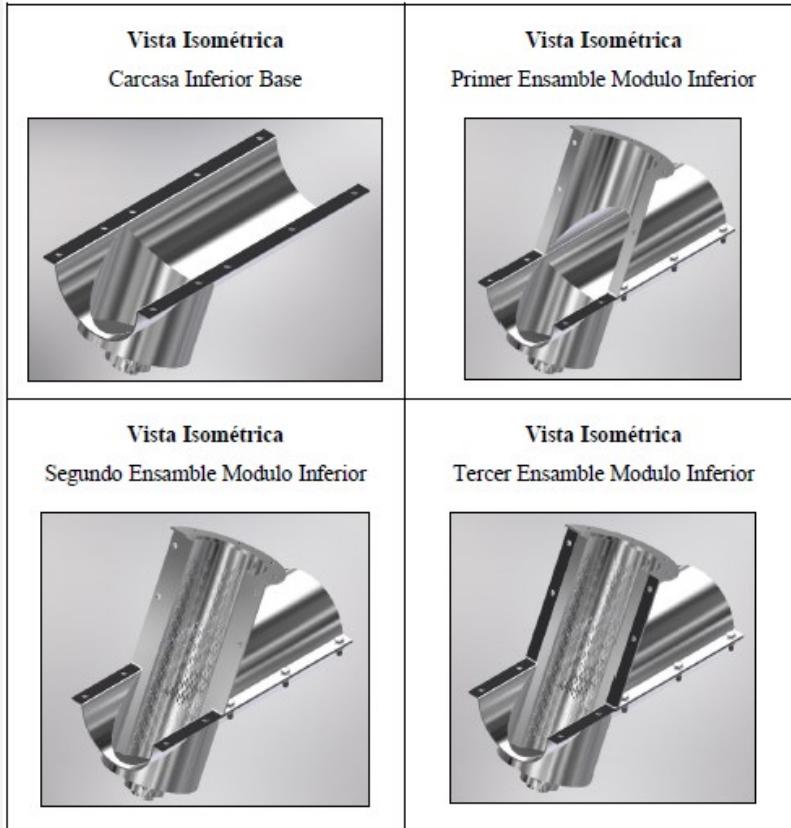


Modulo Inferior  
Sección inclinada derecha

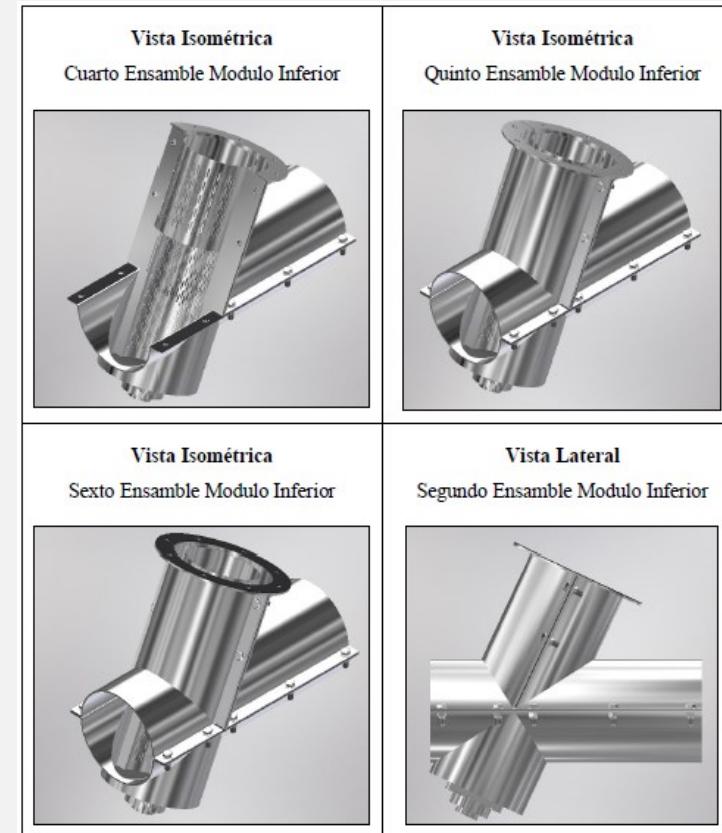


# Diseño y Modelado de Componentes

*Ensamble N°1 módulo inferior -modelo optimizado.*



*Ensamble N°2 módulo inferior -modelo optimizado.*

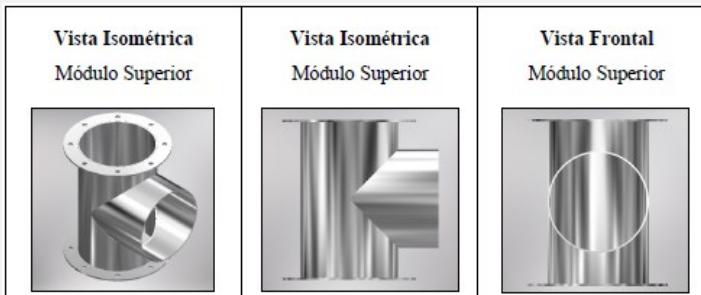


# Diseño y Modelado de Componentes

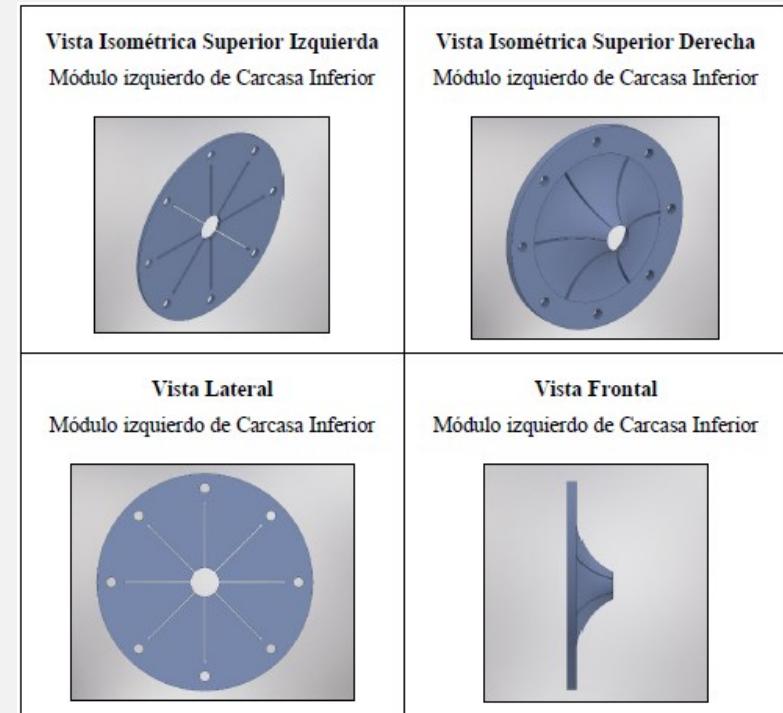
## Modulo Medio Carcasa media



## Modulo Superior Descarga del Sistema



## Modulo Superior Compactador Escurridor



# Diseño y Modelado de Componentes

Ensamble Modulo Carcasa Media



Ensamble Malla Media y Superior



Ensamble Transportador Helicoidal



Ensamble Modulo Inferior Izquierdo



Ensamble Malla Media y Superior

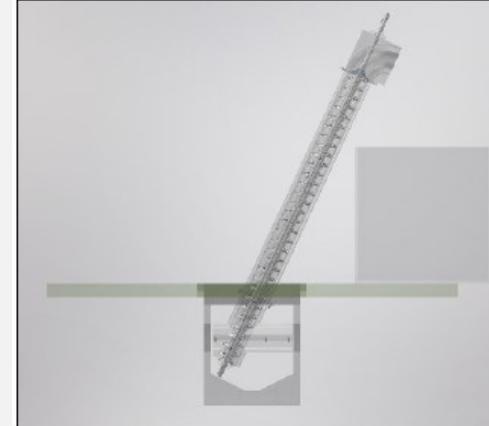
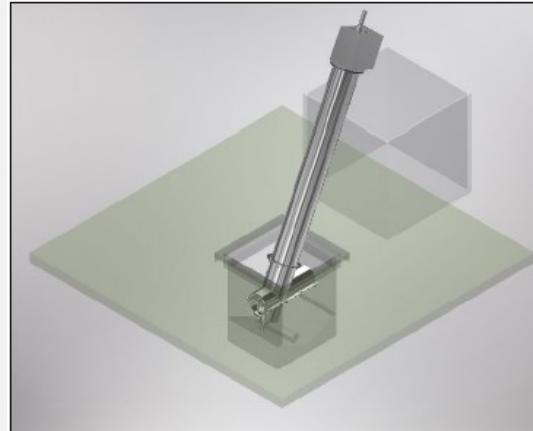


Ensamble Modulo Carcasa Media



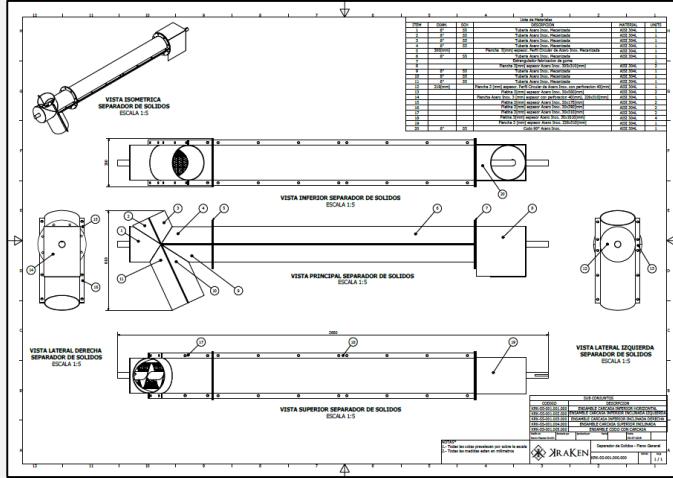
# Diseño y Modelado de Componentes

Ensamble final de prototipo optimizado



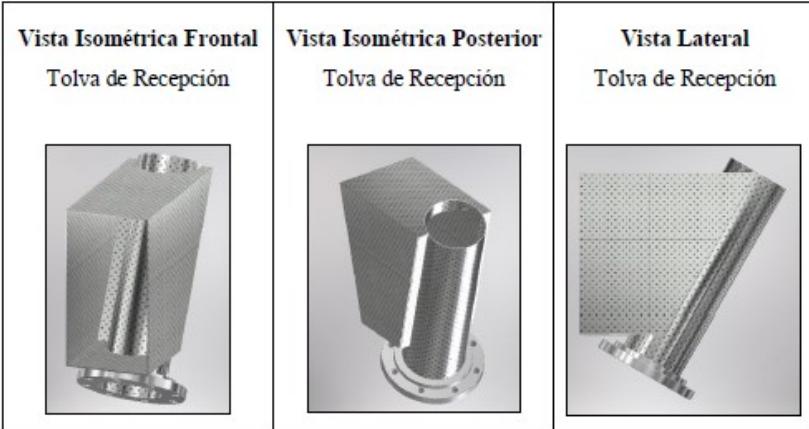
# Planos de fabricación - Modelo Optimizado

Plano de Fabricación - Prototipo Optimizado



# Modelo Alternativo - Económico

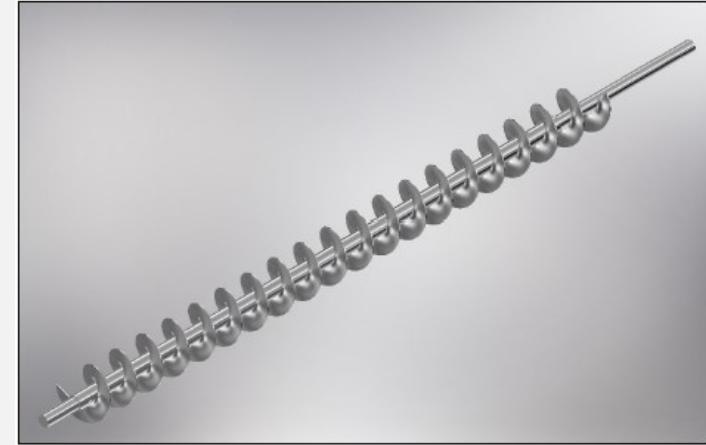
*Modelamiento 3D - Tolva de recepción.*



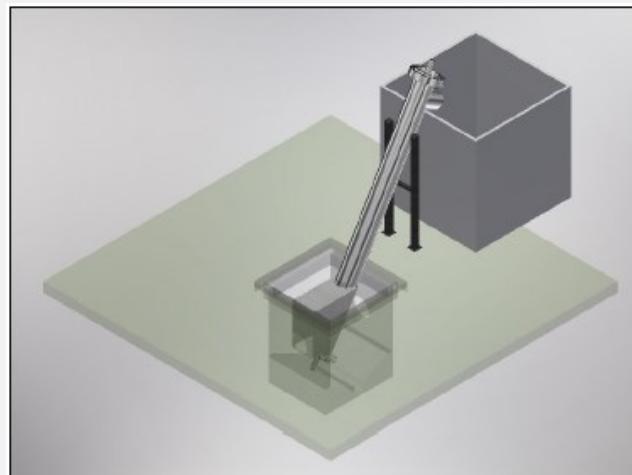
*Representación 3D- Artesa de transporte y descarga*



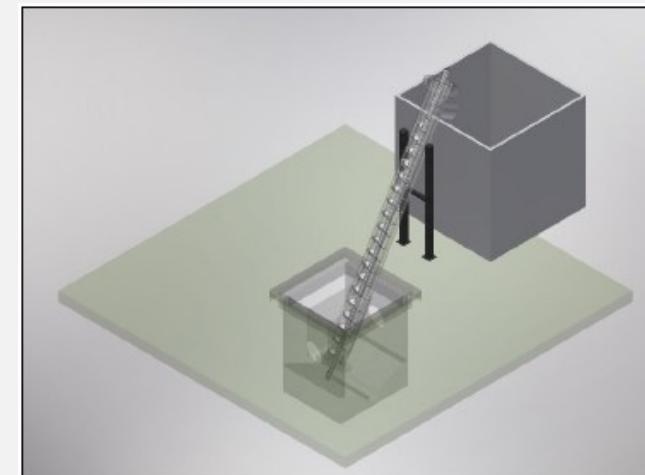
*Representación 3D para la fabricación de Transportador Helicoidal*



*Representación 3D – Conjunto Prototipo Alternativo*

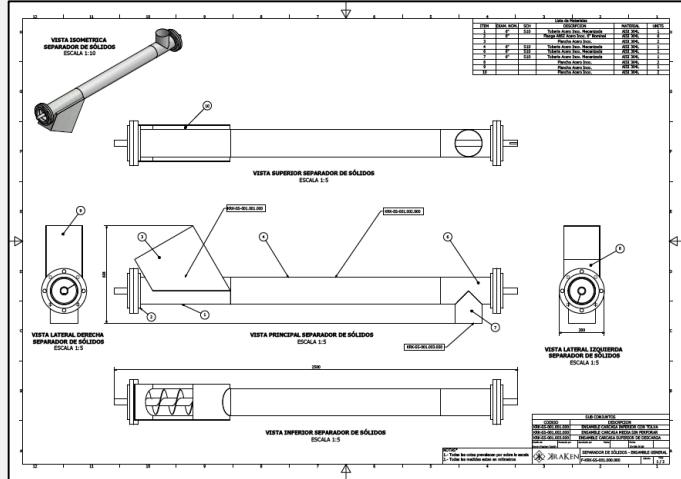


*Transparencia 3D – Conjunto Prototipo Alternativo*

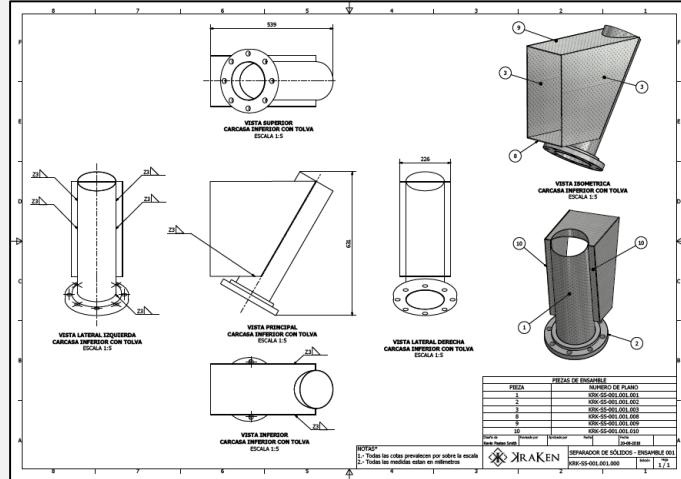


# Planos de Fabricación - Modelo Alternativo

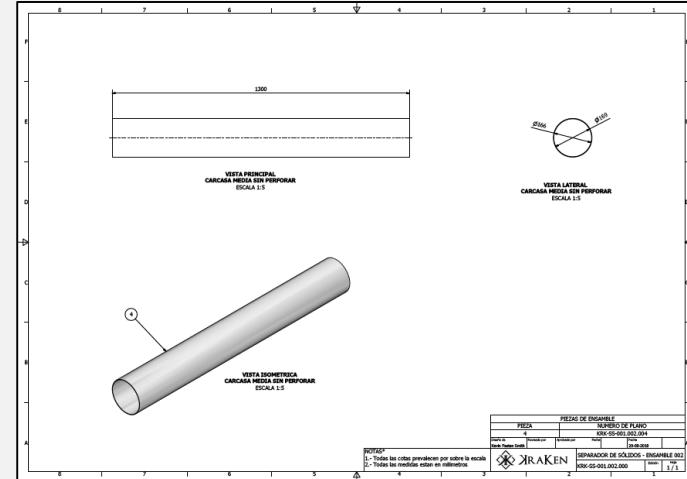
Plano de Fabricación - Conjunto Prototipo Alternativo



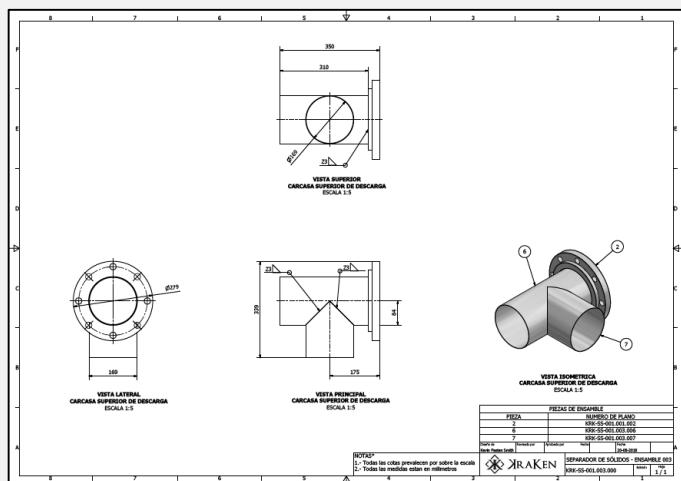
Plano de Fabricación - Modulo Inferior



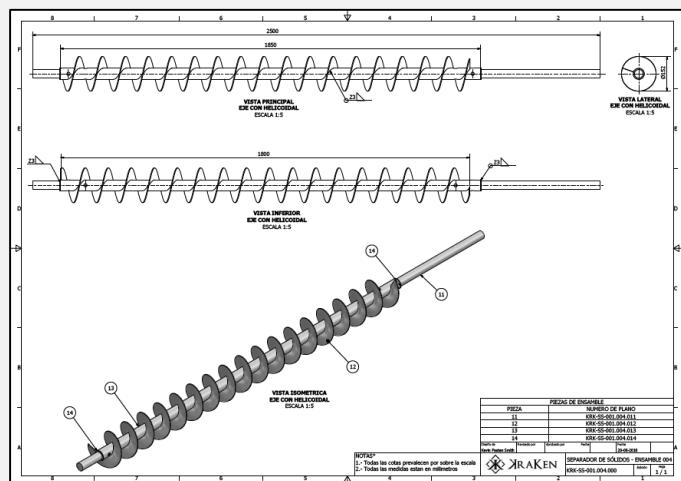
Plano de Fabricación - Modulo Medio



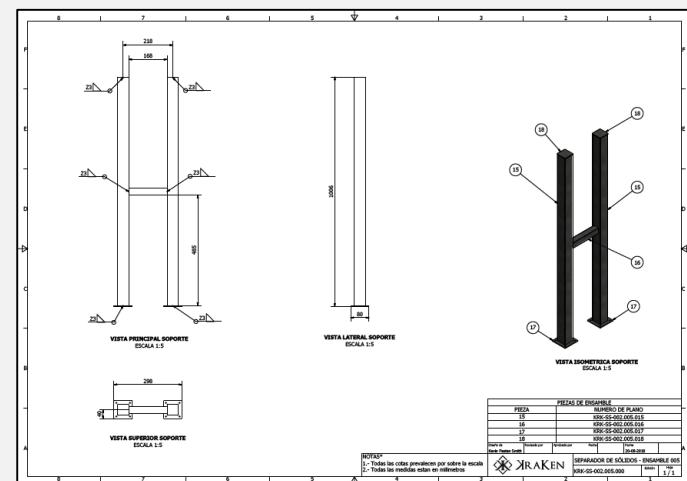
Plano de Fabricación – Boca de salida



Plano de Fabricación - Transportador Helicoidal



Plano de Fabricación - Soporte



# Resultados Preliminares



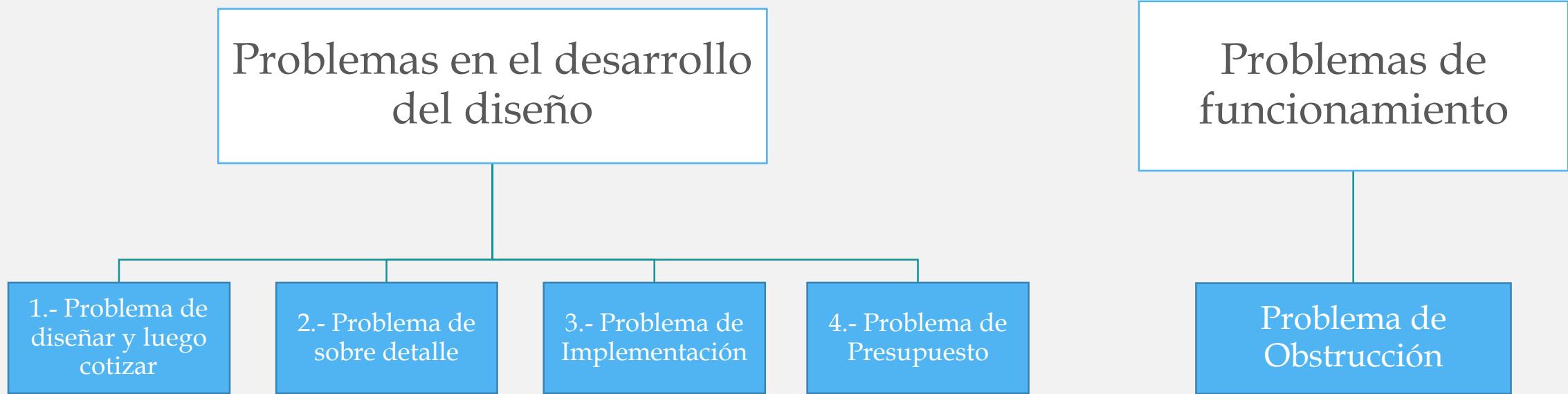
# Resultados Preliminares



# Resultados Preliminares



# Conclusiones y Recomendaciones



Gracias por su atención