

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN MEZCLADOR HORIZONTAL PARA UN  
TANQUE DE 20 TONELADAS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICO**

**EDGARDO, ROJAS LI**

**PROMOCION 1 992-II**

**LIMA-PERU**

**2 013**

## INDICE

### CAPITULO I

#### Prólogo

1.0 Introducción; 1.1 antecedentes.....	2
1.2 Objetivo general; 1.2.1 Objetivos específicos; 1.3 justificación; 1.3.1 Académica y 1.3.2 Tecnológica; .....	3
1.3.3 Productiva; 1.4 Alcances y 1.5 Recursos.....	4
1. 6 descripciones del producto .....	5

### CAPITULO 2

#### 2.- Marco teórico

##### 2.1 Impulsor axial para fluidos líquidos;

2.1.11 Fluido Incomprensible Sin fricción; 2.1.12 Movimiento coaxial; 2.1.13 Equilibrio radial.....	6
2.1.14 Triangulo de velocidades.....	9
2.1.15 Grado de reacción y forma de alabe.....	10
2.1.16 Para el caso, si la entrada $\alpha_1 = 90^\circ$ .....	13
2.1.17 Teoría del ala portante (o alerón).....	14
2.1.18 Perfiles circulares de espesor constante.....	15
2.1.19 Aplicación de la teoría del ala en un sistema de alabes axiales.....	16

##### 2.2.- Diseño de las transmisiones

##### 2.2.0 Transmision de fajas en V consideraciones;

2.2.1 Procedimientos de cálculo; Paso 1 Potencia de diseño;.....	19
Paso 2 selección del tipo de faja; Paso 3 Relación de transmisión; Paso 4 El tamaño de la polea Motriz.....	20
Paso 5 Selección de los tamaños alternativos de la polea de entrada; Paso 6 Determinar la	

Potencia nominal por banda.....	21
Paso 7 Especificar una distancia entre centros alternativa.....	22
Paso 8 Cálculo de la longitud de la banda; Paso 9 Selección de una longitud estándar.....	23
Paso 10 Calculo del ángulo de contacto; Paso 11 Determine los factores de corrección.....	24
Paso 12 Calculo de la potencia nominal y el # de bandas; 2.3.1 Selección de rodamientos	
2.3.11 Selección de tipo de rodamiento.....	25
2.3.12 Selección del tamaño del rodamiento.....	26
2.3.13 Duración.....	27
2.3.14 Calculo de cargas dinámicas; 2.3.14.1Calculo de carga dinámica equivalente.....	29
<b>CAPITULO N° 3</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	
3.1.1 Descripción del proceso productivo .....	31
TABLA 3.1-1 Proceso de llenado mezcla y descarga de aceite de pescado o Diagrama de proceso de llenado de los cristalizadores.....	33
3.1.2 Condiciones actuales; 3.1.22 Condiciones de mantenimiento.....	34
<b>CAPITULO N° 4</b>	
<b>4.1.- DISEÑO DEL IMPULSOR</b>	
4.1.1 Estimando la velocidad del flujo del impulsor.....	36
4.1.12 Calculo del radio de dobles de la plancha considerando la relación $f/L=0.1$ .....	37
4.1.13 Calculo de la proyección frontal de la cuerda L.....	38
Ilustración resultados para el diseño del alabe 4.1.1-4.....	39
Vista frontal del alabe Tabla 4.1.1-5.....	41
Proyección lateral figura 4.1.1-6.....	42
Tabla 4.1.1-2 Parámetros para el diseño del alabe.....	43
Perfil desglosado indicando los ángulos de los vectores de entrada y salida.....	44

Tabla N°2 resultado de $C_m$ .....	46
------------------------------------	----

## 4.2 CALCULO DE TORQUE Y FUERZAS AXIALES PRODUCIDOS POR EL IMPULSOR

4.2.0 Calculo del torque y fuerzas axiales producidos por el impulsor.....	47
--	----

4.2.1 Determinación $W_\infty$ .....	48
--------------------------------------	----

Tabla 4.2.1-1 resultados de los valores de $C_s$ .....	50
--	----

Tabla N°4 Calculo estimado de $W_{\infty 1}$ ; $F_{T1}$ ; $F_{A1}$ ; y $M_{T1}$ .....	52
---	----

Evaluación del sector no calculado del alabe fig 6, proyección frontal.....	53
---	----

Tablas de resultados de la evaluación del sector no calculo

Calculo estimado de $W_{\infty 2}$ ; $F_{T1}$ ; $F_{A2}$ ; y $M_{T2}$ ; Evaluación total estimado de $W_\infty$ ; $F_T$ ; $F_A$ ; y $M_T$ .....	55
---	----

Determinación de la potencia del motor.....	56
---	----

## CAPITULO N°5

### 5.- DISEÑO DE LAS TRANSMISIONES

#### 5.1 Calculo de la transmisión por fajas en V especiales;

Paso N°1 Calculo de la potencia de diseño; Paso N°2 Seleccione la Sección de la faja en V

Paso N°3 Calcule la relación de transmisión; Paso N°4 Calcule el tamaño de la polea motriz.....

Paso N°5 Selección de diámetros estándares de poleas,.....

Paso N°6 Determine la potencia nominal por banda; Paso N°7 especifique una distancia de

Centros alternativa.....

Paso N°8 Calcule la longitud de la banda; Paso N°9 Seleccione la longitud estándar.....

Paso N°10 Calcule el ángulo de contacto de la banda de la polea menor; Paso N°11 Determine

Los factores de corrección angular y de longitud; Paso N°12 Calculo de la potencia nominal y

El número de bandas.....

#### 5.2 CALCULO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

5.2 Calculo del diámetro del eje del mezclador.....

#### 5.3 CALCULO DE LA DURACION DE LOS RODAMIENTOS

5.3 Calculo de los rodamientos cónicos de rodillos.....	64
Tabla 5.3-1 Características generales de los rodamientos de rodillos cónicos.....	66
Tabla 5.3-2 Cargas axiales sobre rodamientos de bolas de contacto y sobre rodamientos de rodillos cónicos .....	67

## **CAPITULO N° 6**

### **6.0.- EVALUACION ECONIMICA.**

<b>6.1 DE LA PRODUCCION.....</b>	<b>68</b>
6.11Calculo para lograr con mayor precisión las toneladas producidas con los nuevos Mezcladores.....	69
<b>6.21Costo de los Equipos.....</b>	<b>71</b>
<b>6.3 Costo operativo del mezclador; 6.4 Costo de mantenimiento del mezclador.....</b>	<b>72</b>
<b>6.5 Costo total de los 4 equipos; 6.6 tiempo de la recuperación de la inversión;</b>	
<b>6.7 Costo del mantenimiento del equipo existente;6.8 y la ganancia con respecto al Mantenimiento con respecto al equipo nuevo .....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>74</b>
<b>Observaciones.....</b>	<b>75</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>76</b>

## **PLANOS**

### **Anexos**

## PROLOGO

El presente informe titulado el diseño de un mezclador horizontal para tanques de 20 toneladas tiene de contenido:

En la primera parte están los antecedentes y los objetivos generales y específicos, tanto productivas como de mantenimiento, los alcances, recursos y la descripción del producto, al implementar el diseño de un mezclador para el tanque stop de 20 toneladas.

Luego en el segundo capítulo está el marco teórico referente al diseño del impulsor axial, consideraciones teóricas para el diseño, flujo incompresible y sin fricción, movimiento coaxial, equilibrio radial, triangulo de velocidades, grado de reacción según la forma del alabe. Para el cálculo de las fuerzas a las que están sometidos los alabes se usaran la teoría del ala aportante, fuerza de sustentación y arrastre, coeficientes de sustentación y arrastre específicamente para alabes construidos con planchas de espesor constante. Aplicación de la teoría de ala en un sistema de alabes axiales. Adicionalmente también aremos referencia al cálculo de las transmisiones flexibles y calculo referente a la duración de los rodamientos escogidos para formar parte de la maquina

En el tercer capítulo se explica los procesos y condiciones situacionales tanto de producción y mantenimiento. Observando las condiciones que ofrezcan la opción para poder mejorar.

En el cuarto capítulo calculamos los parámetros principales estimando el flujo del mezclador según su geometría de diseño la velocidad del impulsor, para lo cual nos valdremos de las vistas proyectadas tanto laterales y frontales del impulsor, como segunda parte de este capítulo cuarto calculamos el torque y esfuerzos axiales producidos por el movimiento de los alabes del impulsor, haciendo uso de la teoría del ala aportante, para luego calcular la potencia del motor eléctrico.

En el capítulo cinco se calculara las bandas de transmisión, considerando poleas estándares según la potencia del motor eléctrico según las condiciones del proceso, Utilizando gráficos determinamos el

tipo de faja, también la potencia por faja los factores a la que está condicionada, por último el número de fajas que requerirá

Como segunda parte del capítulo cinco. Se calcula las fuerzas a la que está sometido el eje de transmisión principal para determinar el diámetro de eje mínimo considerando el canal chavetero y verificar si el diámetro del eje diseñado es el correcto.

Como tercera parte del capítulo cinco calcularemos la duración de los rodamientos según sus características que están dadas en tablas.

Capitulo seis están explicados usando gráficos del tiempo de llenado mezclado y descarga del tanque de stop antes y después de la implementación del diseño del mezclador para 20 toneladas, comparando ambas condiciones podemos estimar la ganancia, considerando los costos de la implementación, el costo operativo y de mantenimiento evaluaremos el tiempo de recuperación, ganancias referente a las condiciones de mantenimiento con implementación del diseño del mezclador para tanque de stop de 20 toneladas.

Finalmente conclusiones y observaciones del informe de suficiencia, dentro de las observaciones se ha actualizado el tipo de impulsor el cual se describe en el anexo III

Agradecemos a las empresas involucradas PALMAS DEL ESPINO, CIA INDUSTRIAL PERU PACIFICO y ERC INGENIEROS los cuales brindaron la información directa e indirectamente para poder lograr el informe de suficiencia.

El diseño y parte de la fabricación se desarrollo en la Empresa ERC ingenieros y la primera empresa que adquirió este tipo de mezcladores fue Palmas del espino fueron 2 prototipos de 12 hp de potencia de 350 RPM y un impulsor de 22 pulgadas de diámetro y el otro prototipo fue de 18 hp de potencia 350 RPM y de 28 pulgadas de diámetro de los cuales el primer prototipo tuvo mejor éxito.

## CAPITULO I

### 1.0 INTRODUCCION:

La máquina es una combinación de partes y elementos para ejecutar un trabajo dentro de un proceso, un dispositivo para aplicar potencia. En una maquina los términos fuerza momento de torsión, trabajo y potencia describen los conceptos predominantes. La ingeniería es la utilización de los recursos y las leyes de la naturaleza para beneficiar a la humanidad.

Se trata de la planta de perupacífico , sección fraccionamiento de pescado donde se tienen 16 cristalizadores de 10 toneladas c/u y un tanque de stop de 20 toneladas donde se almacenan los productos de aceite blanqueados y hidrogenados de varias empresas pesqueras, las calidades son diferentes donde necesariamente se tienen que mezclar en un tanque por 1 hora y media a 80° C

En el diseño del dispositivo en cuestión (Mezclador Horizontal para tanques de 20 toneladas) se logra dos ventajas reduce el tiempo del proceso de mezclado, y mejoran las condiciones de mantenimiento.

### 1.1 ANTECEDENTES

Debido al crecimiento de las ciudades en la actualidad, se incrementa la necesidad de atender la demanda de productos de consumo masivo tales como aceites comestibles, y atender la demanda de la producción avícola, el sector industrial tiene una amplia gama de productos que puede elaborar .Para poder atender esta demanda, se requiere procesar la materia prima para obtener los productos finales, se tienen que procesar subproductos como aceites de pescado blanqueado e hidrogenado que se puede obtener de las empresas pesqueras del medio,



## **1.2 OBJETIVO GENERAL**

Incrementar la producción en un 20.3% al mes, aproximadamente reduciendo los tiempos muertos de los cristalizadores de 4 horas a 1 hora 40 minutos al disminuyendo el tiempo en el proceso de mezclado en el tanque stop de 20 toneladas de 1.5 horas a 1.167 horas. y además mejorar las condiciones de mantenimiento reduciendo los tiempos de intervención incrementando los tiempos de producción en aproximadamente en el 0.15% al año.

### **1.2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Implementar un diseño de mezclador horizontal para un tanque de 20 toneladas, de mayor capacidad con la finalidad de reducir los tiempos del proceso de mezclado de 1 hora 30 minutos a 1 hora 10 minutos aproximadamente mejorando las condiciones de producción, además se mejora el mantenimiento porque se reducen los tiempos de intervención. Incrementando la producción.

## **1.3 JUSTIFICACION**

### **1.3.1 ACADEMICA**

Aplicando los conocimientos de mecánica de fluidos y mecánica de elementos de maquinas es posible mejorar las condiciones actuales para lograr un mejor desempeño del mezclador reduciendo los tiempos del proceso de mezclado al aumentar la potencia del mezclador adicionalmente se a mejorado el diseño del mezclador disminuyendo los tiempos de intervención por mantenimiento incrementando la producción y la vida útil del mezclador.

### **1.3.2 TECNOLOGICA**

Usando la tecnología Mecánica se puede lograr mejores condiciones de desempeño y eficiencia del mezclador,

### **1.3.3 PRODUCTIVA**

Al mejorar su desempeño y eficiencia reduciendo los tiempos del proceso de mezclado ganando en 20 minutos por cada lote de descarga del tanque de 20 toneladas se logra reducir los tiempos muertos entre la carga y descarga de cada dos cristalizadores desde 4 horas a 1 hora 40 minutos, logrando incrementar la producción en un 20.3% mensual aproximadamente, adicionalmente se reduce los tiempos de intervención de mantenimiento incrementando la producción y su vida útil esto tendrá como consecuencias incrementar las ganancias de producción en un 0.15% anualmente

### **1.4 ALCANCES**

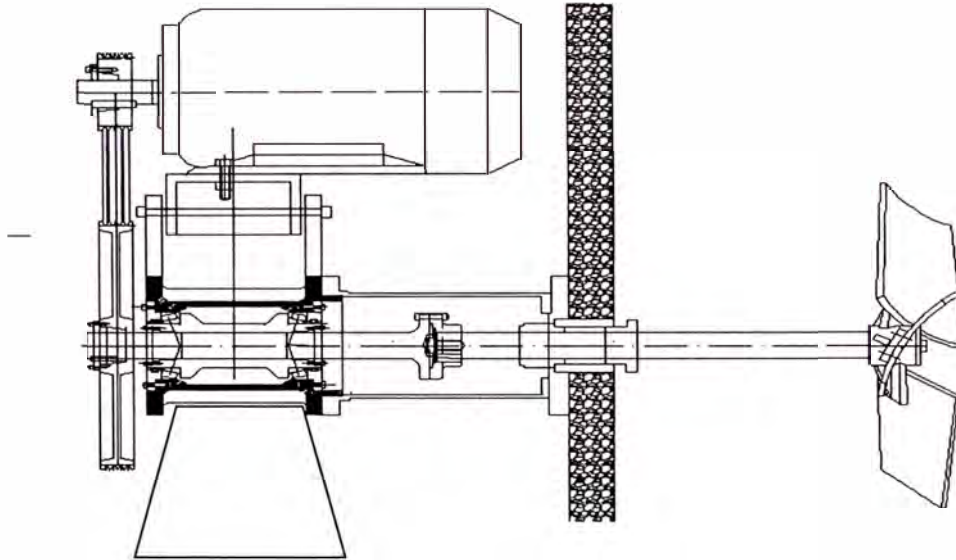
Solo referirá al diseño del mezclador horizontal, implica diseño del impulsor, diseño del eje, diseño de dispositivo de transmisión por fajas y diseño de los rodamientos de rodillos cónicos,

### **1.5 RECURSOS**

**La información tecnológica referente a los principios funcionales del producto, impulsores axiales tecnología sobre bombas axiales de alabes con perfiles de espesor constante, elección de fajas en V tablas para la potencia requerida, selección de los rodamientos cónicos de rodillo para cargas axiales y duración estimada usando tablas, Calculo de diámetro de ejes tablas, medios informáticos para la redacción y cálculos,**

## 1.6.-DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Ilustración 1.2-1 Un esquema de instalación y vista interior del producto



### DATOS TECNICOS:

- a).-Motor asincrónico trifásico de 12 HP Y 1155 RPM marca Siemens,
- b).-Transmisión por poleas estándar, polea motriz de 5.95", polea volante de 18.95", 4 fajas en V del tipo 3V y de 80 pulg
- c).- Impulsor axial de 247 litros por segundo, velocidad de rotación 364.22 RPM de acero inoxidable tres planchas de acero inoxidable arqueadas.
- c).- Mecanismos de transmisión para la adaptación de 2 rodamientos cónicos instalados en X caja de lubricación
- d).- Diseño de la cámara del sello mecánico del tipo 2C code B1
- f).- Estructura de hierro fundido nodular clase 65-45-12

## CAPITULO 2

### 2.- MARCO TEORICO

#### 2.1.- TEORIAS RELACIONADAS A LA MECANICA

##### 2.1.1) IMPULSOR AXIAL, PARA FLUIDOS LIQUIDOS

#### CONSIDERACIONES:

**2.1.11) FLUJO INCOMPRESIBLE SIN FRICCION.-** se considera flujo incompresible y sin fricción para cálculos y diseño.

**2.1.12) MOVIMIENTO COAXIAL.-** Las partículas diferenciales se mueven coaxialmente

$$dm = \rho(r d\theta) b dr$$

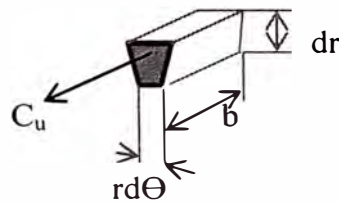


Figura 2.1.1-1  
partícula en  
desplazamiento  
frontal

**2.1.13) EQUILIBRIO RADIAL.-** Considerando que:

2.1.13.1.- La energía transferida en cada línea de corriente es la misma

$$P_{t(r)} = \text{cte} \implies \frac{dPt}{dr} = 0 \dots \dots \dots (a)$$

2.1.13.2.- La velocidad meridiana a lo largo del radio ( r ) tendría la misma altura en el diagrama

(mismo valor) :  $C_m(r) = \text{cte}$

$$F_{\text{centrifuga}} = dm \times A_{\text{celeración centrifuga}} = (\rho(r d\theta) b dr) \times \frac{Cu^2}{r} \dots \dots \dots (b).$$

$$\bar{c} = \bar{w} + \bar{u} \dots \dots \dots (d)$$

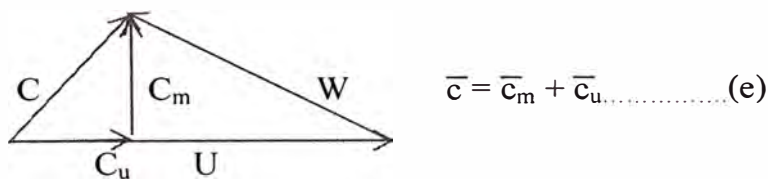
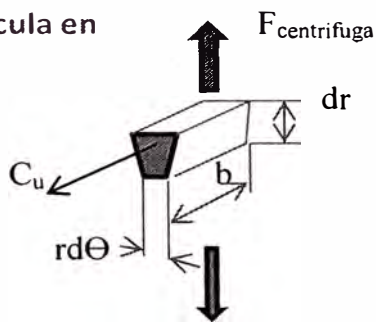


Figura 2.1.1-2 Partícula en equilibrio radial



$$dm = \rho(r d\theta) b dr F_{\text{presión}}$$

Fp: fuerza de presión  $\Rightarrow dF_{\text{presión}} = dp(r d\theta) b \dots \dots \dots (f)$

Igualando por equilibrio (f) igual a (b)

$$\Rightarrow dp(r d\theta) b = (\rho(r d\theta) b dr) \times \frac{C_u^2}{r}$$

$$\Rightarrow \frac{dP_t}{dr} = \frac{C_u^2}{r} \dots \dots \dots (g)$$

$$\frac{P_{\text{total}}}{\ddot{Y}} = \frac{P_{\text{est.}}}{\ddot{Y}} + \frac{C^2}{2g}$$

$$P_{\text{total}} = P + \rho \frac{C^2}{2} \dots \dots \dots (h)$$

De (e) se llega  $C^2 = C_m^2 + C_u^2 \dots \dots \dots (j)$

(j) en (h) y derivando la ecuación

$$\frac{dP_{\text{total}}}{d r} = \frac{dP_t}{d r} + \frac{\rho}{2} \frac{d}{d r} (C_m^2 + C_u^2)$$

Se llega a demostrar la ecuación de equilibrio

$$\frac{1}{\rho} * \frac{dP_t}{dr} = \frac{C_u^2}{r} + C_m * \frac{dC_m}{dr} + C_u * \frac{dC_u}{dr} \dots \dots (k)$$

Aplicando las consideraciones expuestas:

$$0 = \frac{Cu^2}{r} + Cu * \frac{dCu}{dr} \implies 0 = \frac{Cu}{r} + \frac{dCu}{dr} \implies \frac{dCu}{Cu} = - \frac{dr}{r}$$

$\ln Cu = - \ln r + cte$

$\implies Cu * r = cte \implies Cu = cte * \frac{1}{r} \dots \dots \dots (p)$

Ósea Cu varia inversamente con el radio r veamos en el esquema

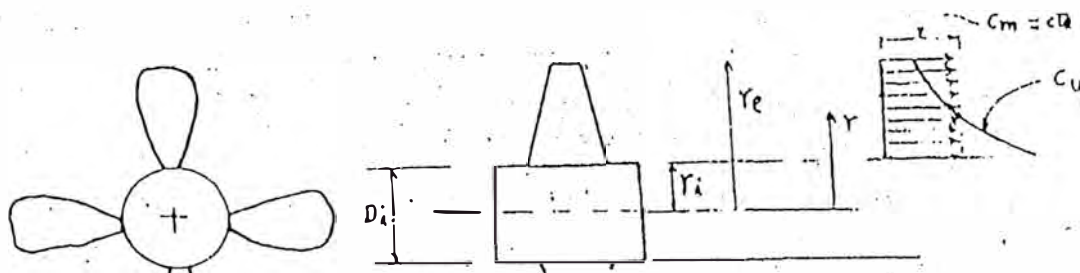


figura2.1.1-3 como se comporta Cm y Cu a lo largo del radio del alabe

En el esquema

tridimensional seria

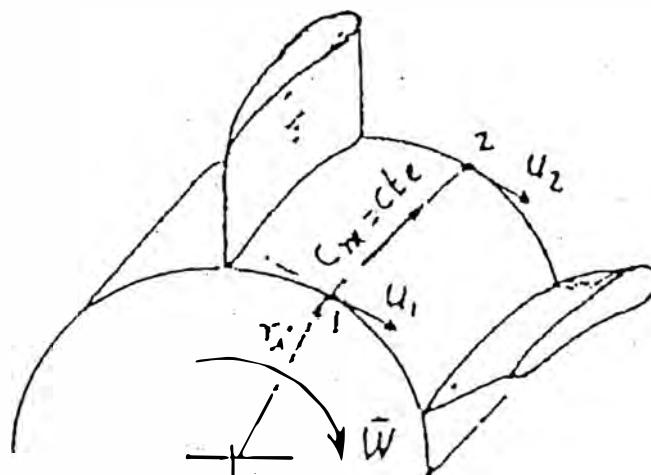


figura 2.1.1-4 U1 es igual a U2 en la entrada y salida del aire en un determinado radio

$U_1 = U_2 = W \times r \dots \dots \dots (q)$

W: velocidad angular de rotación

,r : radio ala cual fluye la línea d corriente en cuestión

Por otro lado siendo  $W = 2\pi N / 60$  cumple que

$$U_1 = U_2 = D\pi N/60 \dots \dots \dots (r)$$

Donde  $U_1$  y  $U_2$  en m/s ; D en m y N en RPM

**2.1.14 TRIANGULO DE VELOCIDADES**

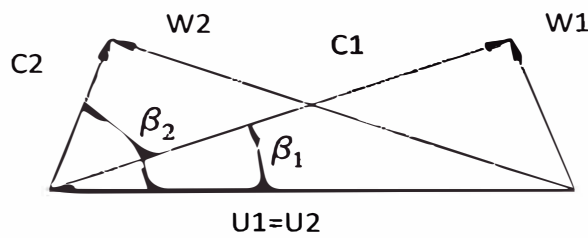
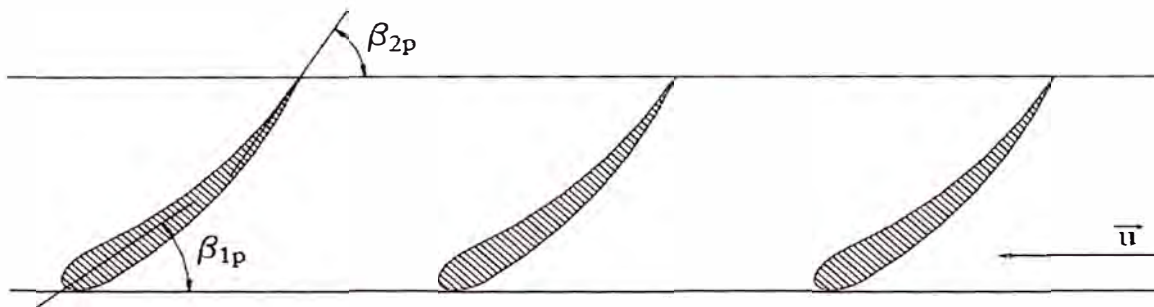


figura2.1.1-5 Desarrollando la capa a nivel de r sobre un plano obtenemos

Donde:

**Calculo de  $C_u * r = cte$ ;**

**Sabemos que :**

$$HR = \frac{U_2 * C_{2Uu}}{g} = \frac{H}{\eta * h}$$

$$U_2 C_{2U} = \frac{Hg}{\eta * h} ; U_1 = U_2 = \omega * r$$

$$C_{2u} * r = \frac{Hg}{\eta * h * \omega} = cte \dots \dots \dots (s)$$

**2.1.15 GRADO DE REACCION Y FORMA DEL ALABE**

Las diversas formas de alabe posibles se distinguen ventajosamente por el grado de reaccion R En el caso de un rodete axial admite una expresion sencilla a partir de la ecuacion fundamental y veamos la demostracion tomando el siguiente diagrama de velocidades del rodete axial.

Tomando en cuenta componentes meridianos "Cm" iguales en la entrada del alabe, lo que se tiene casi siempre tratandose de liquidos incompresibles.

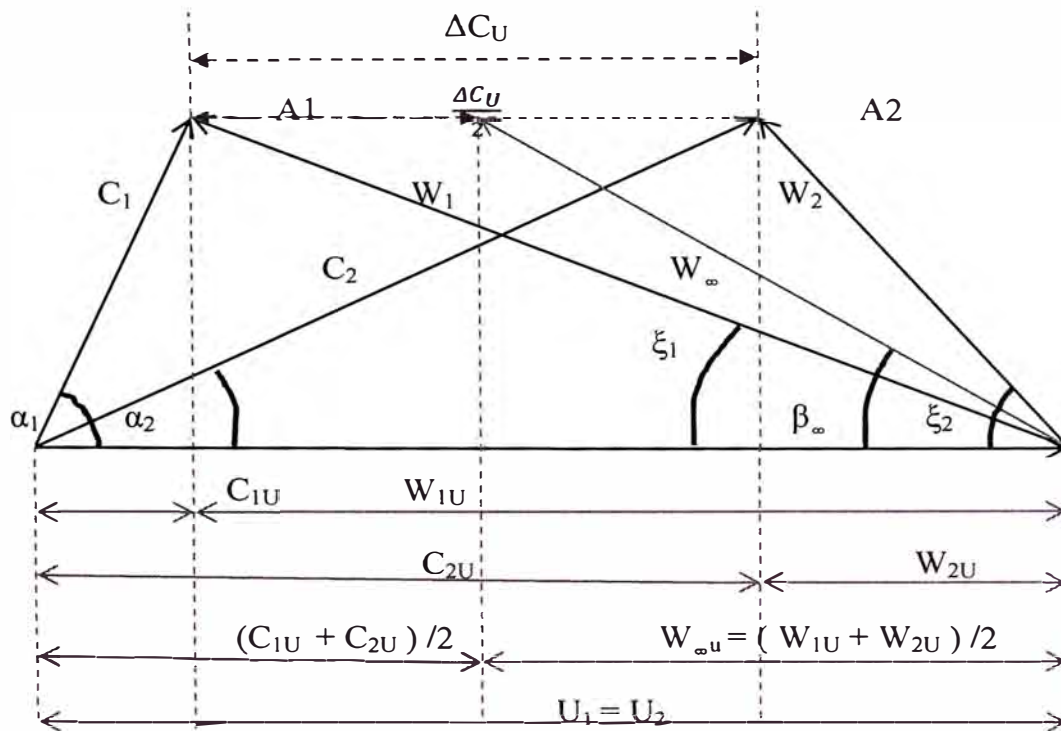


figura2.1.1-6 triangulo mostrando todos los parámetros utilizados

Aplicamos Pitágoras  $(W_{2U})^2 = W_2^2 - C_m^2 \dots \dots \dots (1)$

$(W_{1U})^2 = W_1^2 - C_m^2 \dots \dots \dots (2)$

$(2) - (1) \quad W_{1U}^2 - W_{2U}^2 = W_1^2 - W_2^2 \dots \dots \dots (3)$

Por efecto de vórtice:  $H_{R\infty} = \mu H_R$

Como  $\mu = 1 \implies H_{R\infty} = H_R \implies R_{\infty} = R = \frac{H_{est}}{H_R}$



$$R = \frac{H_{est}}{H_R} = \frac{\frac{U_2^2 - U_1^2}{2g} + \frac{W_1^2 - W_2^2}{2g}}{H_R} = \frac{W_1^2 - W_2^2}{2gH_R}$$

$$R = \frac{W_1^2 - W_2^2}{2gH_R} \dots\dots\dots(4)$$

Reemplazando (3) en (4)

$$R = \frac{W_1^2 U - W_2^2 U}{2gH_R} = \frac{(W_1 U + W_2 U)(W_1 U - W_2 U)}{2gH_R} \dots\dots\dots(5)$$

Además  $H_R = \frac{U_2 C_{2U} - U_1 C_{1U}}{g}$ , y como  $U_2 = U_1 = U$

$$H_R = \frac{U(C_{2U} - C_{1U})}{g} \dots\dots\dots(6)$$

También:  $A_1 A_2 = \Delta C_U = C_{2U} - C_{1U} = W_{1U} - W_{2U} \dots\dots\dots(7)$

$$(7) \text{ en } (6) : H_R = \frac{U(W_{1U} - W_{2U})}{g} \dots\dots\dots(8)$$

Finalmente (8) en (5) :

$$R = \frac{1}{2} \frac{(W_{1U} + W_{2U})}{U} \dots\dots\dots(9)$$

Fijándose bien en el diagrama observamos que:

$$\frac{1}{2}(W_{1U} + W_{2U}) = W_\infty \cos \beta_\infty = W_\infty U \dots\dots\dots(10)$$

(10) en (9) :

$$R = \frac{W_\infty U}{U}$$

Esta relación es apropiada para conseguir una visión global del grado de reacción, a partir de ella podemos visualizar el grado de reacción de cada forma del alabe y su disposición en el rodete.

1) Caso  $R=0$   $\alpha_1 < 90^\circ$  se utilizan para turbinas

II) Caso  $R =$

$\frac{1}{2}\alpha_1 < 90^\circ$  se utilizan para turbinas de vapor y de gas

III) Caso  $\frac{1}{2} < R < 1$   $\alpha_1 = 90^\circ$ , para ventiladores, sopladores,

Bombas axiales hidráulicas

Turbinas Kaplan ; Tienen altas eficiencias, flujo de salida sin vórtice

IV) Caso  $R = 1$   $\alpha_1 > 90^\circ$  El aire es desviado pero no varia su presión estática.

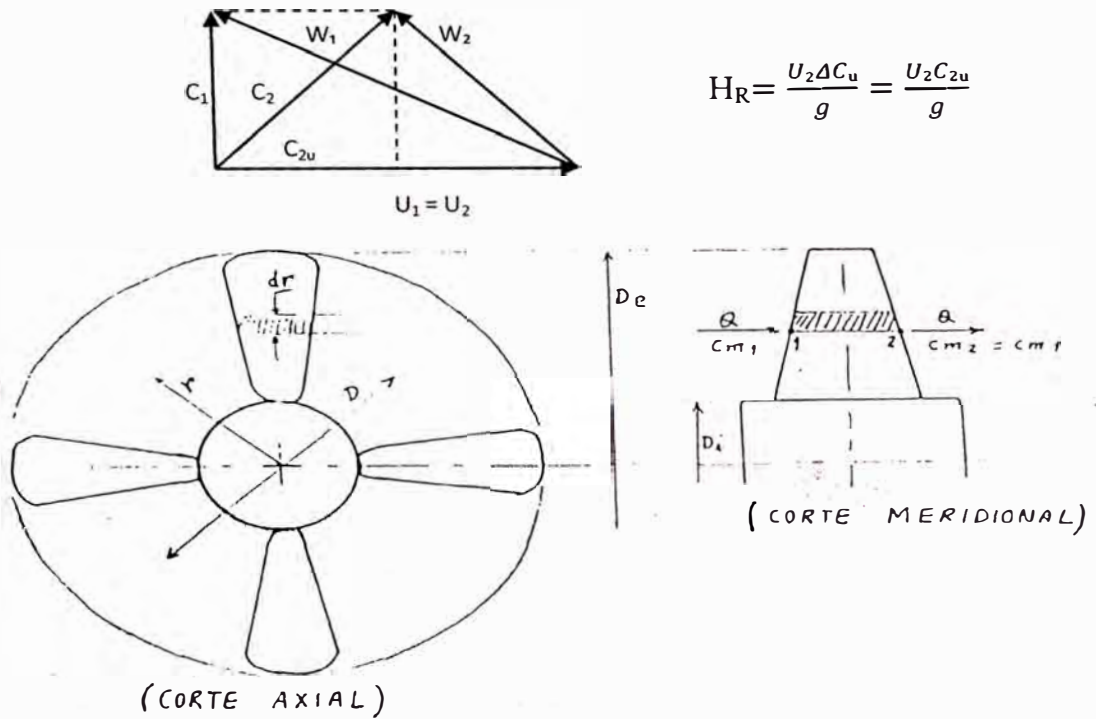
Su uso fundamentalmente es el compresor es el caso inverso del caso

V) Caso  $R > 1$   $\alpha_1 > 90^\circ$  Eventualmente en las turbinas de múltiples etapas

Molinos de viento, Existen las perdidas por fricción debido ala gran longitud de los alabes, comparado con los anteriores A si mismo, es prohibido usar el agua porque la caída de presión que ocurre en el estator puede originar cavitación

**2.1.16 .- Para el caso, si la entrada  $\alpha_1 = 90^\circ$**

Es usado para ventiladores, Bombas axiales, Turbinas con la finalidad de obtener la mayor eficiencia en el movimiento del fluido



$$H_R = \frac{U_2 \Delta C_u}{g} = \frac{U_2 C_{2u}}{g}$$

Figura 2.1.1-7 La velocidad de  $C_{m1} = C_{m2}$

Como  $C_{m1} = C_{m2} = Cte$

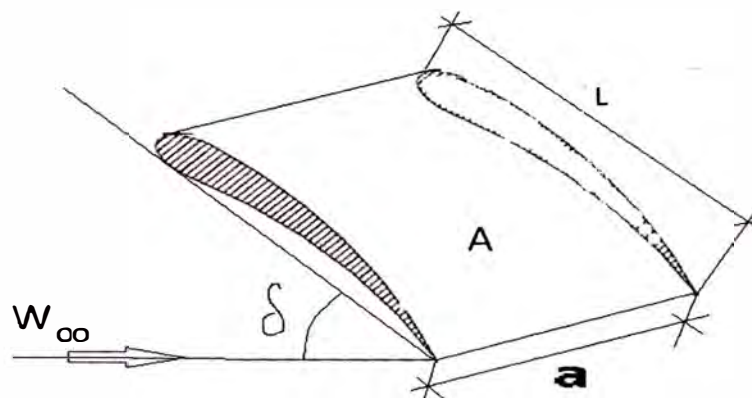
$$dQ = C_m \pi D dr \quad \text{donde} \quad D = 2r$$

$$dQ = C_m \pi 2r dr \quad \text{integrando} \quad Q = C_m \pi (r_e^2 - r_i^2)$$

$$Q = C_m \pi (D_e^2 - D_i^2) / 4 \dots\dots\dots(I')$$

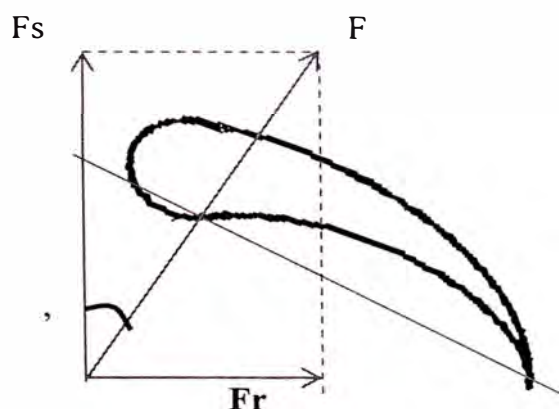
### 2.1.17 TEORIA DEL ALA PORTANTE ( O ALERON)

figura2.1.1-8 : La posición del ala referente a la del fluido



$\delta$ : es el ángulo de ataque

figura 2.1.1-9 : Las fuerzas de sustentación y arrastre



$F_s$  : Fuerza de sustentación

$F_r$  : Fuerza de arrastre

$\epsilon$  :Angulo de planeo

$$F_s = C_s \gamma \frac{W_{\infty}^2}{2g} L \cdot a \quad ; \quad F_r = C_r \gamma \frac{W_{\infty}^2}{2g} L \cdot a$$

$C_s$  :Coeficiente de sustentación

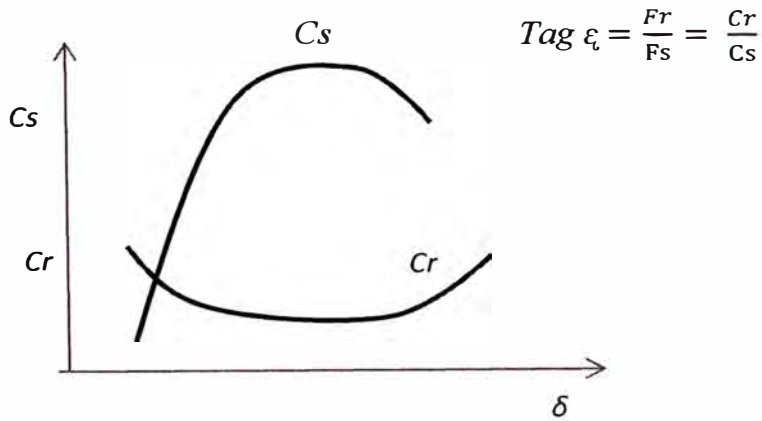
$C_r$  :Coeficiente de arrastre

$L$  : Longitud del ala

$a$  :Ancho del ala

$$C_s = \frac{F_s}{\rho D A} \quad ; \quad C_r = \frac{F_r}{\rho D A} \quad \text{Coeficiente de Planeo}$$

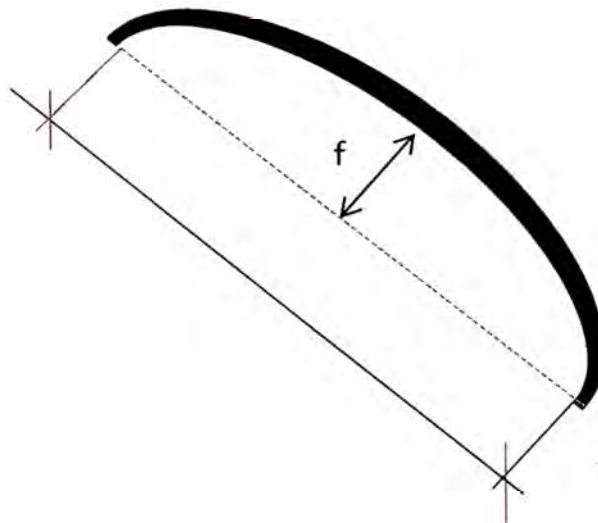
figura2.1.1-10: Comportamiento de los coeficientes  $C_s$  y  $C_r$  con respecto al ángulo de ataque



2.1.18.- Para perfiles curvos de espesor constante

figura2.1.1-11: Perfil con radio circular que indican la flecha  $f$  y la cuerda  $L$

$L$



Ejemplo:

➔ si  $\frac{f}{L} = 0.1$   $C_s = 0.876 + 0.1555\delta^\circ \dots\dots\dots(a'')$

Para diseño de ventiladores axiales o impulsores de flujo abierto

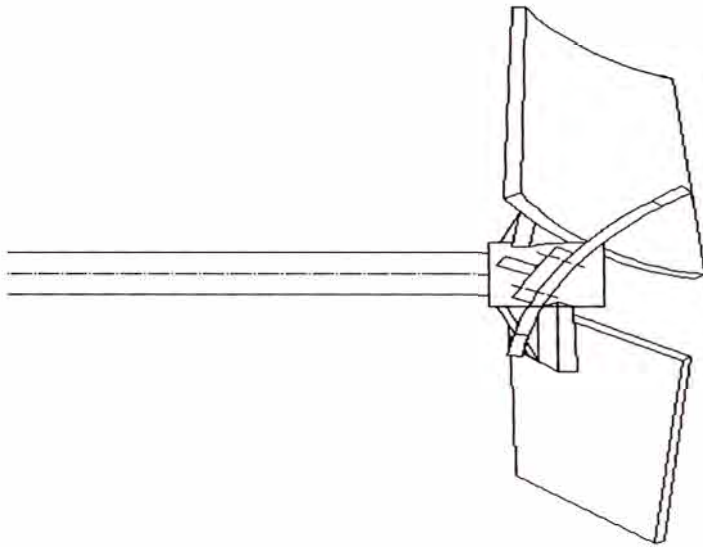


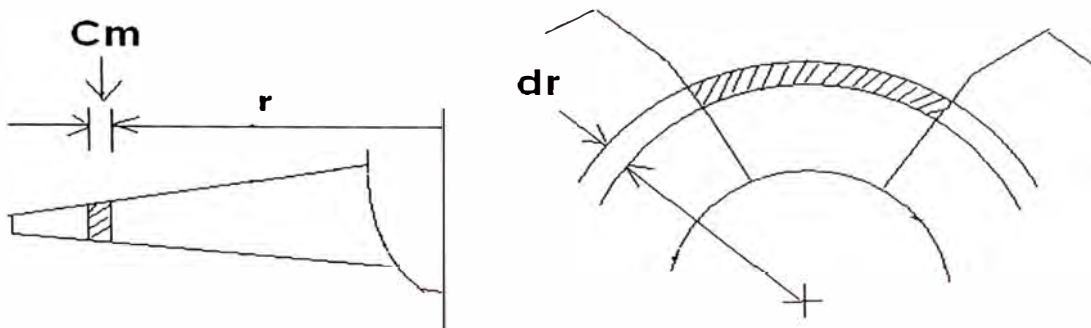
figura2.1.1-12 planchas curvadas de espesor constante emperradas al cubo

### 2.1.19.-APLICACIÓN DE LA TEORIA DEL ALA EN UN SISTEMA DE ALABES AXIALES

Las leyes de flujo obtenidos para el ala aportante pueden ser aplicados al sistema de alabes de un rotor axial si se considera lo siguiente :

- 1) 
$$W_{\infty} = \frac{W_1 + W_2}{2}$$
- 2) Que las condiciones de flujo se realizan dentro de una posición de rejilla (de alabes) de ancho "dr" y de paso t

figura2.1.1-13: La aplicación es diferente para cada punto de un radio del alabe



Para un radio "r" : donde:

$$t = \frac{2\pi r}{Z} \text{ donde } Z: \text{Numero de alabes}$$

figura2.1.1-14: el valor de t dependen del radio y el N° de alabes

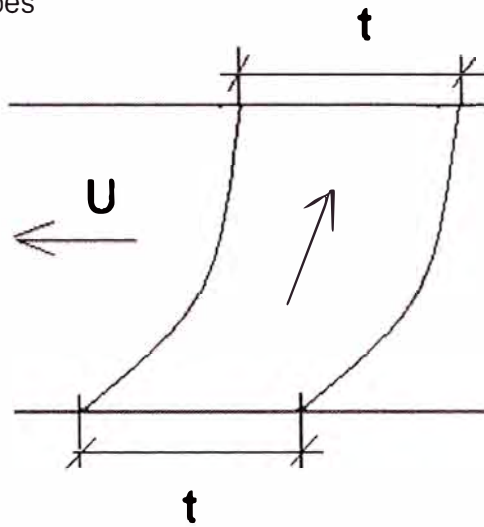
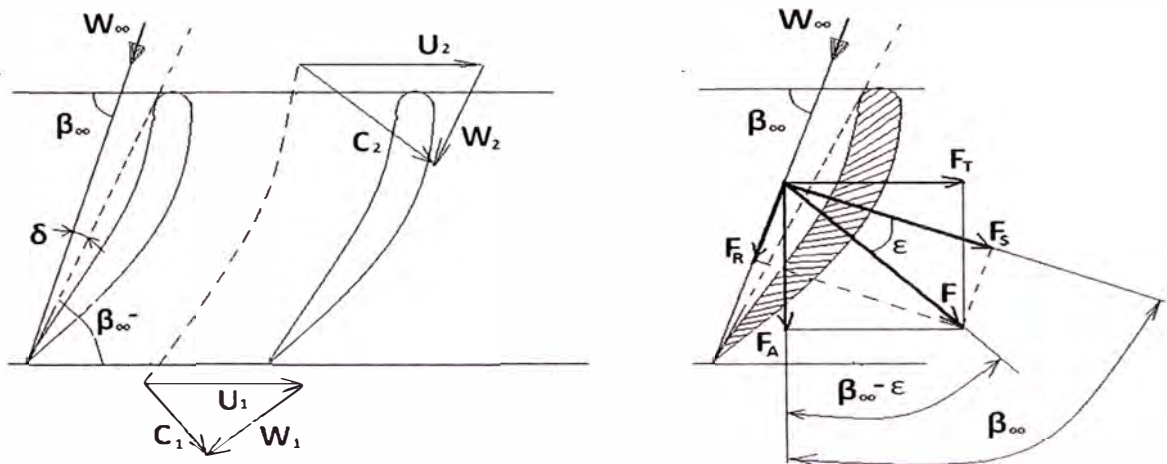


figura2.1.1-15 : Sea el siguiente perfil de alabes axiales



$$F_T = F \sin(\beta_{\infty} - \epsilon)$$

Por otro lado :  $F_T = F \sin(\beta_{\infty} \pm \epsilon)$  .....(1)

(+) cuando es Bomba y (-) cuando es turbina

$F_A$  : fuerza axial

- Sin perdidas  $\epsilon = 0$

$$C_s \left( \frac{L}{Z} \right) = 2 \left( \frac{\Delta C_u}{W_{\infty}} \right) \dots \dots \dots (a)$$

Se asume  $\varepsilon = 0$  solo para cálculos iniciales.

- Sabemos

$$Fs = Cs \gamma \frac{W_{\infty}^2}{2g} L \cdot \Delta r \dots\dots\dots(2)$$

- $F = \frac{Fs}{\cos \varepsilon} \dots\dots\dots(3)$

De (1) , (2) y (3) Para el sistema de "Z" alabes se tiene

- $Ft = ZCs \gamma \frac{W_{\infty}^2 \text{sen}(\beta_{\infty} \pm \varepsilon)}{2g \cos \varepsilon} L \cdot \Delta r \dots\dots(4)$

Se sabe:

De las condiciones de sustentación y dependen indirectamente de la circulación a través del alabe, esta fuerza tangencial puede ser obtenida por la variación del momentos que se le imprime al flujo del alabe.

- $Hr = \frac{U}{g} (C2u - C1u) \dots\dots\dots(5)$

- $P = Ft \cdot U = \gamma \cdot Q \cdot Hr \dots\dots\dots(6)$

- (5) en (6)

- $Ft = \frac{\gamma Q (C2u - C1u)}{g} \dots\dots\dots(7)$

- $Q = Z \cdot Cm \cdot \Delta r \cdot t$



- $Q = Z \cdot W_{\infty} \cdot \Delta r \cdot t \text{ sen} \beta_{\infty} \dots\dots\dots(8)$



- $Fr = \frac{\gamma}{g} W_{\infty} Z \Delta r. t(C2u - C1u) \text{sen}\beta_{\infty} \dots (9)$

- $Cs \frac{L}{t} = \frac{2(C2u - C1u) \text{sen}\beta_{\infty} \cos \epsilon}{W_{\infty} \text{sen}(\beta_{\infty} \pm \epsilon)}$

- $Cs \frac{L}{t} = \frac{2\Delta Cu \text{sen}\beta_{\infty} \cos \epsilon}{W_{\infty} \text{sen}(\beta_{\infty} \pm \epsilon)} \dots \dots \dots (10)$

Se espera que  $\epsilon = 0 \text{ cos}\epsilon = 1$

$$Cs \left(\frac{L}{t}\right) = 2 \left(\frac{\Delta Cu}{W_{\infty}}\right) \dots \dots \dots (11)$$

**2.2.- TRANSMICION POR FAJAS EN V CONSIDERACIONES:**

**2.2.1 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO**

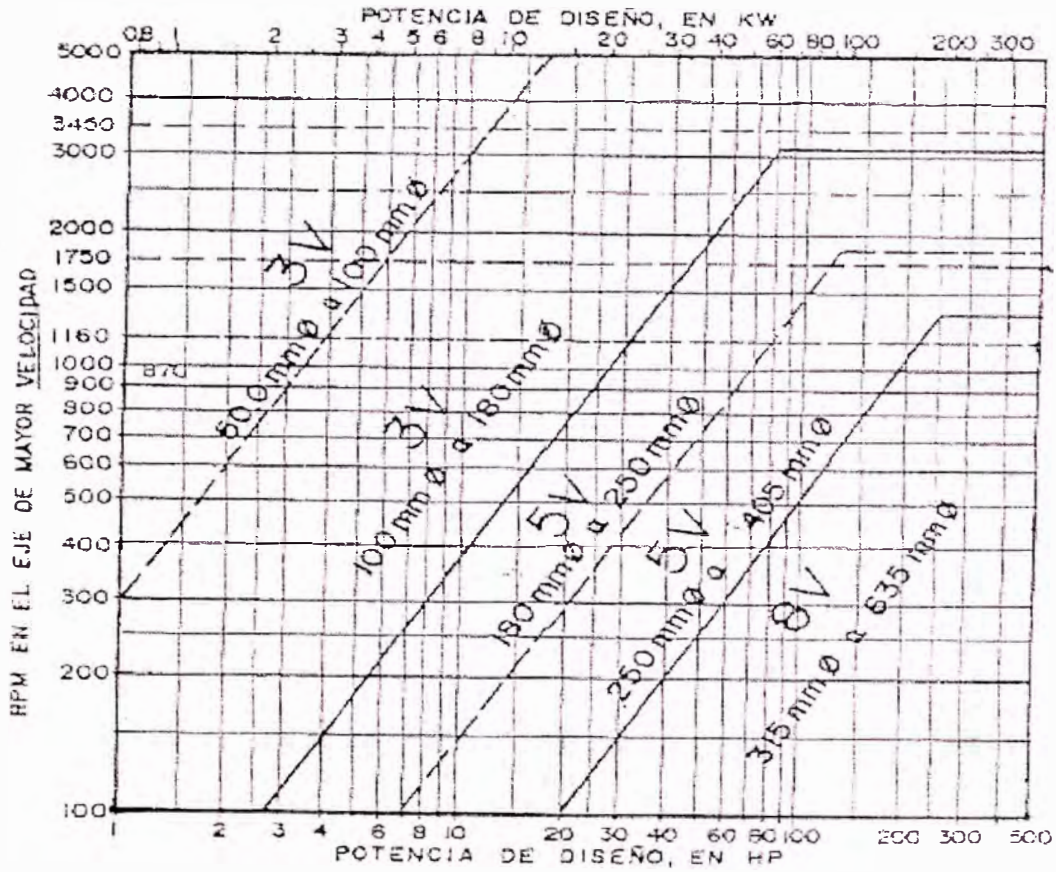
**Paso N°1**

Calcule la potencia de Diseño según la tabla 2.2-1

Tipo de máquina impulsada	Motores de CA: par torsional normal* Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros		
	<6 h por día	6-15 h por día	>15 h por día
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrifugas, transportadores ligeros	1.0	1.1	1.2
Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3
Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule	1.3	1.4	1.5
Toda máquina que se pueda ahogar	2.0	2.0	2.0

### Paso N°2

Seleccione la sección de la banda según la figura 2.2-2



### Paso N°3

Calcule la relación de velocidades nominales

$$\text{Relación de velocidades} = \frac{\text{velocidad de entrada}}{\text{velocidad de salida}}$$

### Paso N°4

Calcule el tamaño de la polea motriz que produzca una velocidad de banda de 4000 pies/minuto, como guía para seleccionar una polea de tamaño normal:

$$\text{Velocidad de banda} = V_b = \frac{\pi D_1 n_1}{12} \text{ pies/min}$$

Entonces el diámetro necesario para que  $V_b=4000$ pies/min es

$$D_1 = \frac{12V_b}{\pi n_1}$$

### Paso N°5

Seleccione tamaños tentativos de la polea de entrada y calcule el tamaño adecuado de la polea de salida. Seleccione un tamaño estándar para la polea de salida, y calcule la relación y la velocidad de salida reales armando un cuadro de varias posibilidades que tenga esta configuración:

Polea motriz estándar	Polea de transmisión	Polea de transmisión	Velocidad con la Polea de
$D_1$	calculada $D_2$	estándar $D_2$	transmisión estándar

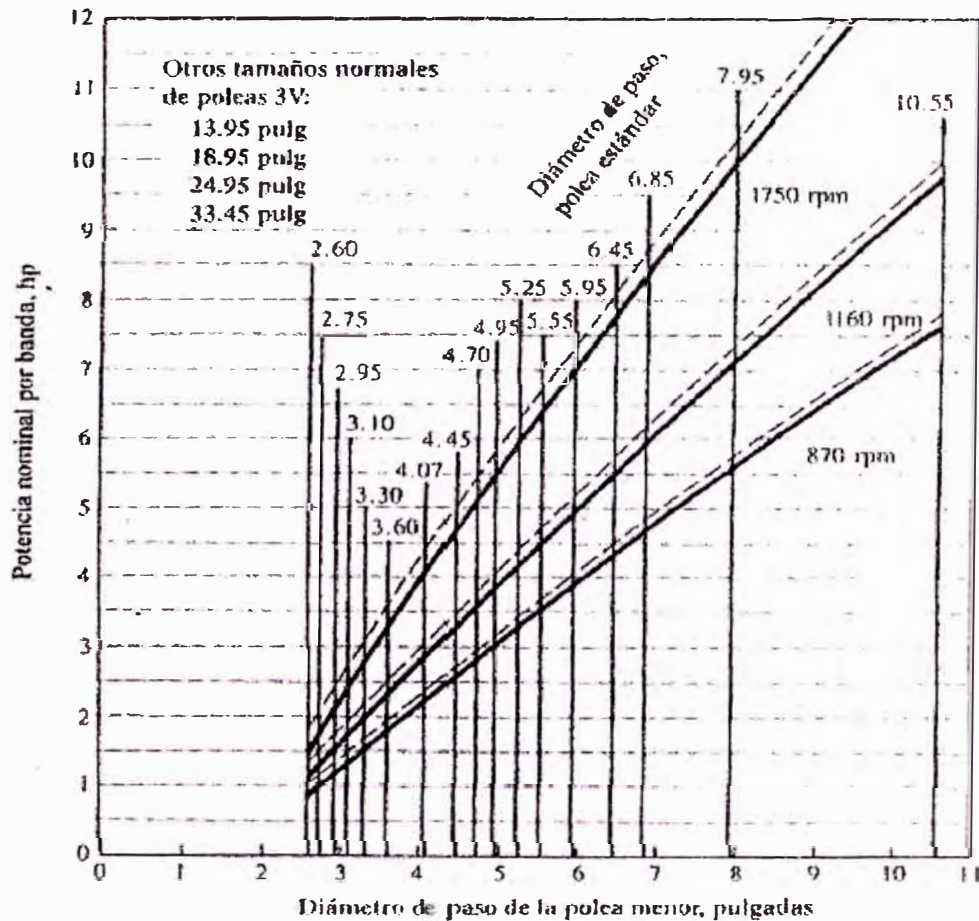
### Paso N°6

Determine la potencia a partir de las figuras 2.2-3, que proporcionan la potencia nominal por banda para las secciones transversales 3V, en función del diámetro de paso y la velocidad de rotación de la polea menor. Las líneas verticales identificadas en cada figura dan los diámetros de paso de poleas normalizadas disponibles.

La capacidad básica de potencia para una relación de velocidades de 1.00 se indica con una curva sólida. Una banda determinada puede manejar mayor potencia, a medida que aumenta la relación de velocidades, hasta una relación de 3.38. Los incrementos mayores tienen poco efecto, y también pueden causar problemas en el ángulo de contacto en la polea menor. La potencia máxima agregada para relaciones mayores a 3.38 fue la que se usó para trazar las

curvas punteadas en las figuras 2.2-3. En la mayoría de los casos, resulta satisfactoria una interpolación aproximada entre las 2 curvas.

Figura 2.23 Capacidad de bandas 3V



### Paso N°7

Especificar una distancia entre centros tentativa, se puede emplear la siguiente ecuación

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

**Paso N°8**

Calcule la longitud de la banda necesaria, con la ecuación:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

**Paso N°9**

Seleccione una longitud estándar de la tabla 2.2- 4, y calcule la distancia entre centros real que resulta de las siguientes ecuaciones:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} \quad \text{donde } B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$$

Tabla 2.2- 4 Longitudes de bandas estándar 3V, 5V y 8V

Sólo 3V	3V y 5V	3V, 5V y 8V	5V y 8V	Sólo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	
			335	

### Paso N°10

Calcule el ángulo de contacto de la banda en la polea menor con la ecuación :

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1}\left(\frac{D_2 - D_1}{2C}\right)$$

### Paso N°11

Determine los factores de corrección con las figuras 2.2-5 y 2.2-6

Figura 2.2-5 Factor de corrección por ángulo de contacto  $C_e$

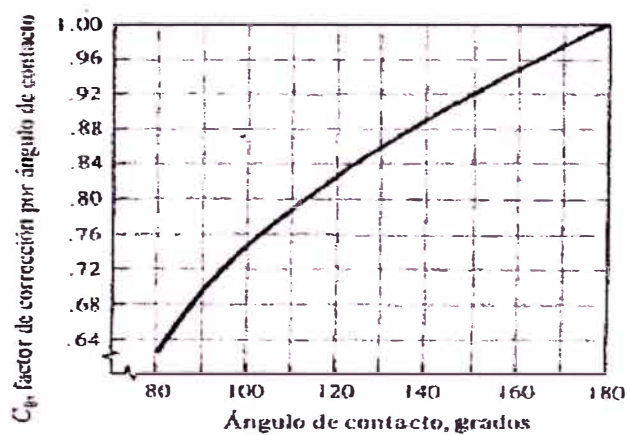
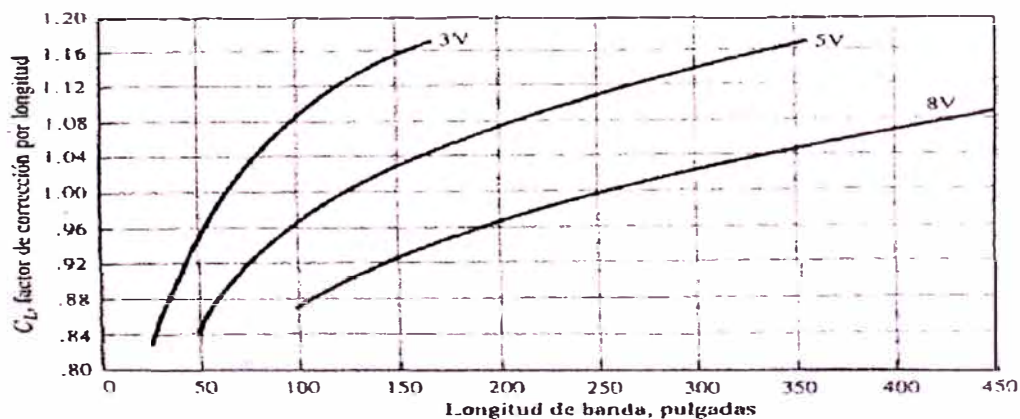


Figura 2.2-6 Factor de corrección por longitud de banda  $C_L$



**Paso N°12**

Calcule la potencia nominal corregida por banda y la cantidad de bandas necesarias para manejar la potencia de diseño:

$$\text{Potencia corregida} = C_p C_L P$$

$$\text{N° de bandas} = \text{Potencia de diseño} / \text{Potencia corregida}$$

**2.3.1.- SELECCIÓN DE RODAMIENTOS CONSIDERACIONES****2.3.11.- SELECCIÓN DE TIPO DE RODAMIENTO**

Cada tipo de rodamiento tiene propiedades características que lo hacen particularmente adecuado para ciertas aplicaciones.

Los factores que influyen en la selección del tipo de rodamiento son numerosos, por lo que no es posible establecer reglas para su selección. No obstante, puede ser de utilidad las recomendaciones que se dan a continuación:

En muchos casos el agujero del rodamiento viene determinado por las características de diseño de la máquina a la que va destinado.

Normalmente se seleccionan rodamientos rígidos de bolas para los ejes de diámetro pequeño mientras que para diámetros grandes, se puede considerar los rodamientos rígidos de bolas, los de rodillos cilíndricos y los de rodillos a rotula.



- Los rodamientos de rodillos son en muchas ocasiones la única elección posible para cargas pesadas y ejes de diámetros grandes
- Los rodamientos axiales de rodillos cilíndricos y los axiales de agujas, pueden soportar cargas axiales elevadas en un sentido.
- La característica mas importante que afecta la capacidad de un rodamiento para soportar carga axial es su ángulo de contacto "a", tanto mayor sea tanto mas adecuado es el rodamiento para soportar la carga axial.
- Para soportar cargas combinadas (radial y axial) se usan principalmente los rodamientos de bolas con contacto angular de una hilera o de dos hileras y los rodamientos de rodillos cónicos.

### **2.3.12.- SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL RODAMIENTO**

El tamaño del rodamiento para una determinada aplicación, se selecciona en base a su capacidad de carga respecto a las cargas que ha de soportar, d duración y fiabilidad.

**CAPACIDAD DE CARGA.**-En las tablas de rodamientos, se indican los valores de las capacidades de carga dinámica y estática.

Cuando los rodamientos están sometidos a esfuerzos dinámicos, se usa la capacidad de carga dinámica. Que expresa la carga que puede soportar el rodamiento alcanzando una duración nominal de 1000000 de revoluciones.

Cuando los rodamientos giran a velocidades bajas, están sometidos a movimientos lentos de oscilación, están estacionarios bajo carga durante cierto periodos o cuando sobre un rodamiento giratorio sometido a esfuerzos dinámicos actúan elevadas cargas de choque de corta duración, se usa la capacidad de carga estática, que expresa la carga que produce una deformación permanente total



del elemento rodante y del camino de rodadura, en el punto de contacto mas cargado, igual a 0.0001 del diámetro del elemento rodante

**2.3.13.- DURACION.-** La duración de un rodamiento define como numero de revoluciones o de horas a una velocidad constante determinada que el rodamiento puede dar antes de que se manifieste el primer signo de fatiga en uno de sus aros o de sus elementos rodantes.

La capacidad de carga dinámica están basadas en la duración alcanzada o sobrepasada por el 90% de los rodamientos aparentemente idénticos de un grupo suficientemente grande. A esta duración se le denomina duración nominal.

La relación existente entre la duración nominal, la capacidad de carga dinámica y la carga aplicada al rodamiento, viene expresada por la ecuación :

$$C/P = L^{1/p}$$

Siendo :

L: Duración nominal en millones de revoluciones

C: Capacidad de carga dinámica

P: Carga dinámica equivalente sobre el rodamiento.

.p: Exponente

P=3, para rodamiento de bolas

P=10/3, para rodamiento de rodillos.

La duración puede ser expresada, también en horas de servicio mediante la

expresión :

$$L_h = \frac{1000000 L}{60 n}$$

Siendo :

$L_h$  = Duración nominal en horas de servicio

$n$  = Velocidad de rotación, en RPM

Para determinar el tamaño del rodamiento, es esencial conocer la duración requerida. Tal duración depende generalmente del tipo de máquina, de las exigencias del servicio y de la confiabilidad. En caso de no disponer de experiencias anteriores, se pueden usar, como guía los valores dados en la tabla N° 2.3 - 1

**TABLA N° 2.3-1 DURACION EN HORAS DE SERVICIO PARA DIFERENTES TIPOS DE MAQUINAS**

CLASE DE MÁQUINA	HORAS
- Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos técnicos para uso médico	300 a 3 000
- Máquinas de uso intermitente o por periodos cortos; máquinas herramientas portátiles aparatos elevadores en talleres, máquinas para la construcción	3 000 a 8 000
- Máquinas para trabajar con alta confiabilidad de funcionamiento durante periodos cortos o intermitentes: ascensores, grúas para mercancías embaladas	8 000 a 12 000
- Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no utilizadas totalmente: transmisiones por engranaje para uso general, motores eléctricos para uso industrial, chancadoras giratorias	10 000 a 25 000
- Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: máquinas herramientas, máquinas para trabajar madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, transportadores de faja, equipos de impresión, centrifugas y separadoras	20 000 a 30 000
- Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: caja de engranajes para laminadoras, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresoras, winches de extracción para minas, bombas, maquinaria textil	40 000 a 50 000
- Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria propulsora para transatlánticos	60 000 a 100 000
- Maquinaria para fabricación de papel y pasta de papel, máquinas eléctricas de gran tamaño, centrales eléctricas, bombas y ventiladores para minas, rodamientos para la línea de ejes de transatlánticos	= 100 000

### 2.3.14.-CALCULO DE LAS CARGAS DINAMICAS

La carga resultante debido a las tensión de una faja, se puede calcular, multiplicando la carga tangencial (tensión efectiva) por un factor "f" que depende del tipo de faja y de la tensión inicial de la misma tabla N° 2.3 - 2,dan valores de los factores. En caso de distancias entre centros relativamente cortas, de velocidades tangenciales bajas o de condiciones severas de funcionamiento se tomaran valores más altos.

**TABLA 2.3-2 FACTORES f**

TIPO DE FAJA	f
- Fajas en V	2.0 - 2.5
- Fajas planas de cuero con polea tensora.	2.5 - 3.0
- Fajas planas de cuero, de balata o de caucho.	4.0 - 5.0

#### 2.3.14.1.- CALCULO DE CARGA DINAMICA EQUIVALENTE

La carga dinámica equivalente se define como una carga radial o axial hipotética constante en magnitud y dirección que producirían sobre la duración del rodamiento giratorio el mismo efecto que las cargas reales.

**Rodamientos radiales.-** están sometidos con frecuencia a cargas radiales y axiales simultáneamente. Cuando la magnitud y la dirección de la carga resultante son constantes, la carga dinámica equivalente se obtiene de la ecuación siguiente:

$$P = X.F_r + Y.F_a$$

Siendo: P :Carga dinámica equivalente

$F_r$  : Cargaradial real

$F_a$  : Carga axial real

X : Factor radial

Y: Factor axial

La tabla N° 2.3 - 3, dan los valores de los factores X e Y para

Rodamientos de rodillos cónicos.

**TABLA N° 2.3-3 COEFICIENTES X,Y,  $X_0$  ,  $Y_0$**

RODAMIENTOS DE RODILLOS CÓNICOS							
SERIE	e	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$		$X_0$	$Y_0$
		X	Y	X	Y		
	0.27	1,0	0,0	0,4	2,2	0,5	1,1
	0.28	1,0	0,0	0,4	2,1	0,5	1,1
	0.30	1,0	0,0	0,4	2,0	0,5	1,1
	0.31	1,0	0,0	0,4	1,9	0,5	1,1
	0.35	1,0	0,0	0,4	1,7	0,5	0,9
	0.37	1,0	0,0	0,4	1,6	0,5	0,9
	0.40	1,0	0,0	0,4	1,5	0,5	0,8
	0.43	1,0	0,0	0,4	1,4	0,5	0,8
	0.44	1,0	0,0	0,4	1,35	0,5	0,8
	0.46	1,0	0,0	0,4	1,3	0,5	0,7
	0.48	1,0	0,0	0,4	1,25	0,5	0,7
	0.83	1,0	0,0	0,4	0,72	0,5	0,4

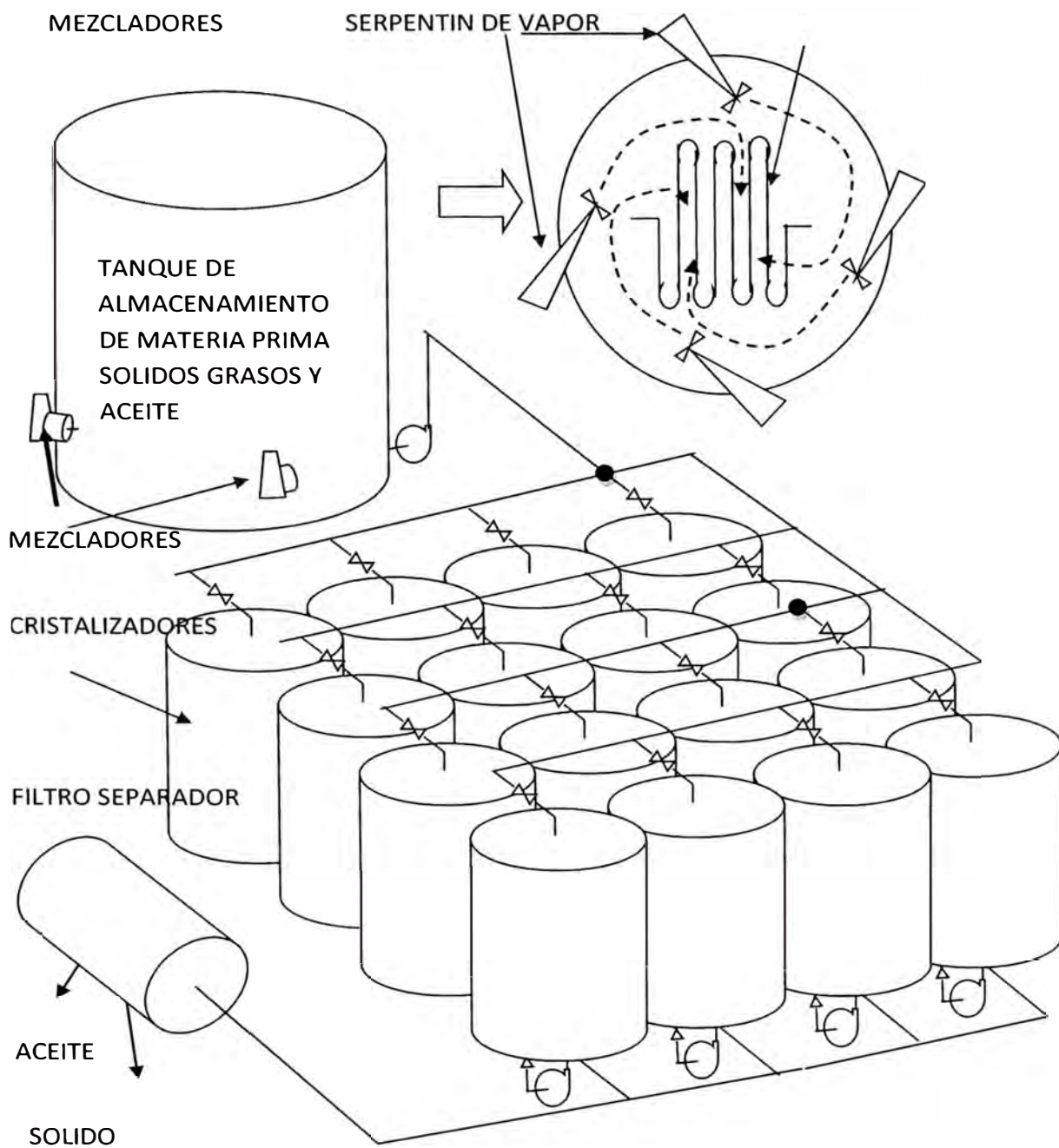
En los rodamientos de una hilera de bolas o de rodillos, una carga axial adicional no influye en la carga equivalente P para " $F_a/F_r \leq e$ ", pero en los rodamientos de dos hileras pequeñas cargas axiales influyen considerablemente.

## CAPITULO III

### 3.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### . 3.1.1DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

Ilustración 3.1.1-1: BOSQUEJO DE LA PLATA DE FRACCIONAMIENTO DE PESCADO PERU PACIFICO  
VISTA DE PLANTA



### 3.1.1.-DESCRIPCION DEL PROCESO PRODUCTIVO

Planta de fraccionamiento de Pescado industria Perú Pacífico, la planta procesa 7040 toneladas de pescado mensuales, Primeramente se almacena la materia prima aceite refinado blanqueado y hidrogenado en un tanque de 20 toneladas aislado térmicamente, el producto que es traído de diferentes empresas es aceite de pescado y luego descargado en el tanque de 20 toneladas desde camiones cisterna de 10 toneladas luego se calienta por medio de un serpentín de vapor a 80°C grados centígrados y mezclado durante 1.5 horas para homogeneizar la mezcla en este tiempo los **4 mezcladores** van moviendo la masa para homogeneizar la temperatura y la consistencia del producto, luego se procede a descargar el tanque de 20 toneladas sobre 2 cristalizadores (Tanques de 10 toneladas de capacidad cada uno aislados térmicamente) los tiempos de carga proceso de mezcla y calentamiento y descarga demora 2 horas, estos cristalizadores tienen una chaqueta de agua fría (5 grados centígrados) que recircula mediante una bomba, adicionalmente tiene un homogeneizador que gira lentamente, cuando la masa comienza a enfriarse lentamente se separan los sólidos grasos con el aceite que van depositándose en la parte inferior, luego la mezcla es transportada mediante una bomba de diafragma hacia el filtro de vacío, en el filtro de vacío la mezcla es separada la parte líquida de la sólida, los tiempos que demoran en cristalizar cada tanque es de 12 horas, luego de descargar las primeras 20 toneladas se repite el proceso hasta llenar los 16 cristalizadores



## Proceso de llanado, mezcla y descarga de aceite de pescado

TIEMPO ACUMULADO	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44
TIEMPO	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas	2 horas
PROCESO	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton	calentado y mezclado 20 ton
tanque 1	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 2	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 3	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 4	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 5	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 6	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 7	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 8	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 9	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 10	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 11	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 12	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 13	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 14	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 15	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											
tanque 16	CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO										CRITALIZACION DE 20 TON DE ACEITE DE PESCADO HIDROGENADO											

**TABLA 3.1-1** LA RECEPCION MEZCLADO Y DESCARGA PARA 2 TANQUES DE 1 TONELADA C/U DURAN 2 HORAS, LA CRISTALIZACION ES DE 12 HORAS OBSERVAR LOS TIEMPOS MUERTOS ENTRE LA DESCARGA Y CARGA DE 2 CRISTALIZADORES DE 1v 2 ES DE 4HORAS

### **3.1.2.-CONDICIONES ACTUALES (ANALISIS SITUACIONAL – CONDICIONES EN LA QUE SE ENCUENTRA)**

#### **3.1.21.-CONDICIONES DE PRODUCCION**

La planta de fraccionamiento de pescado recibe en un tanque stop de 20 toneladas diferentes calidades de aceite de pescado refinado, blanqueado y hidrogenado procesado en otras empresas es llenado por camiones cisternas luego es calentado a 80°C y mezclado para luego ser descargado a 2 cristalizadores de 10 toneladas c/uel tiempo que tarda entre la carga mezclado y descarga es de 2 horas, luego se procede a llenar nuevamente repitiendo el mismo proceso calentado y mezclado descarga sobre otros 2 tanques de cristalizado y así sucesivamente hasta llenar los 16 tanques, el tiempo de cristalizado es de 12horas luego es descargado sobre los filtros para la separación de sólidos y líquidos procesando 32 toneladas cada 30 horas 1.06666 Ton por hora

**Si observamos la Tabla 3.1.1-1 diagrama del llenado de aceite en los cristalizadores observamos que la capacidad instalada no se está aprovechando completamente los tanques no se utilizan durante 2horas después de terminar el proceso y empezar el próximo, se mejoraría las condiciones de tiempo en la carga mezcla y descarga al reducir cualquiera de los tres procesos el más factible por la demora sería la de la **mezcla aumentando la potencia del mezclador.****

#### **3.1.22.-CONDICIONES DE MANTENIMIENTO**

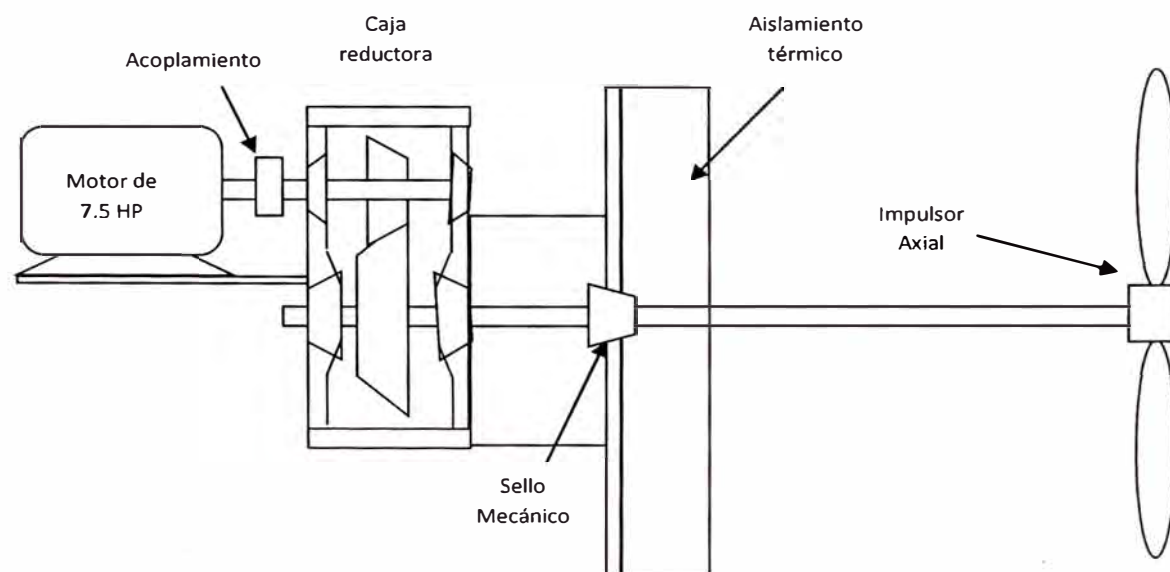
Actualmente el tanque de 20 toneladas cuenta con 4 mezcladores horizontales de 7.5 HP de potencia, la transmisión de potencia es mediante una caja reductora con 2 engranajes cónicos rectos, 4 rodamientos cónicos para adsorber la carga axial producida por el impulsor, los mantenimientos preventivos se realizan con mucha frecuencia por



ejemplo. Los cambios de rodamientos y sello mecánico son cada 3 meses, alineamiento, cambio de empaquetaduras y aceite del Carter del reductor cada 6 meses, las intervenciones duran entre 4 y 5 horas aproximadamente, Y la intervención por mantenimiento correctivo es de un a dos eventos cada trimestre.

Calculando los tiempos de intervención por mantenimiento preventivo al año 4.5 horas por 4 trimestres nos resulta 18.0 horas más las horas por mantenimiento correctivo si son 2 eventos sería 9 horas más que sumado las 18 será 27 horas aproximadamente

Mezclador usado en los tanques de 20 toneladas



Datos técnicos

- Motor de 7.5 HP y 1155 RPM
- Velocidad del impulsor 323 RPM
- Diámetro del impulsor de 22 pulg

## CAPITULO IV

### 4.1.- DISEÑO DEL IMPULSOR

#### 4.1.1.- ESTIMANDO LA VELOCIDAD DE FLUJO DEL IMPULSOR

Para efecto cálculo de la velocidad del fluido usaremos el perfil medio del impulsor según la figura considerando los datos de diseño del alabe: Se trabajara sobre la vista lateral o de perfil

Se trabaja sobre con una plancha cortada como un trapecoide de 230mm base mayor y 187 base menor de largo 223mmy espesor de 3/8" o 9.5mm arqueada con una flecha al 10% de la longitud de la cuerda  $L = 224$ ,  $f = 22$  en la parte superior determinando el radio de curvatura del doblado en la vista lateral

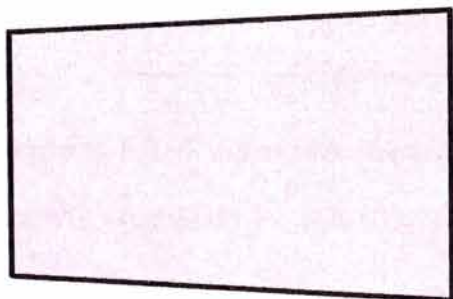


Ilustración 4.1.1-1 Plancha curvada para empinar en el cubo



Ilustración 4.1.1-2 vista de perfil de la plancha

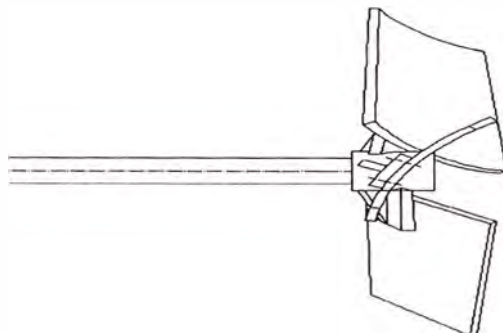


Ilustración 4.1.1-3disposición de los alabes o planchas curvadas sobre el cubo



Elevando al cuadrado y ordenando la ecuación (3):

$$\left(1 + 4 \frac{f^2}{L^2}\right) \cos^2 \frac{\theta}{2} - 2 \cos \frac{\theta}{2} - 4 \frac{f^2}{L^2} = 0$$

Resolviendo la ecuación cuadrática  $\cos \frac{\theta}{2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

$$\cos \frac{\theta}{2} = 0.92307692 \Rightarrow \frac{\theta}{2} = 22.619^\circ \text{ por tanto } \theta \text{ aproximadamente } 45^\circ$$

Reemplazando determinamos el **radio**

$$R = 291 \text{ mm} \dots \dots \dots (4)$$

Vista lateral (perfil): figura 4.1.1.-3

La cuerda del alabe tiene una inclinación de  $30^\circ$  en la vista lateral. Las proyecciones frontales del sector de los filos del alabe según la figura

#### 4.1.13.- CALCULO DE LA PROYECCION FRONTAL DE LA CUERDA DE "L"

##### DE LA VISTA LATERAL DE ALABE (figura 4.1.1-3)

Proyección de los bordes laterales del alabe

$$13 = (2 \times 291 \times \text{SENO}(4^\circ/2)) \text{COS}(50)$$

$$20 = (2 \times 291 \times \text{SENO}(4^\circ/2)) \text{SENO}(81)$$

Proyección frontal del alabe figura 4.1.1-4

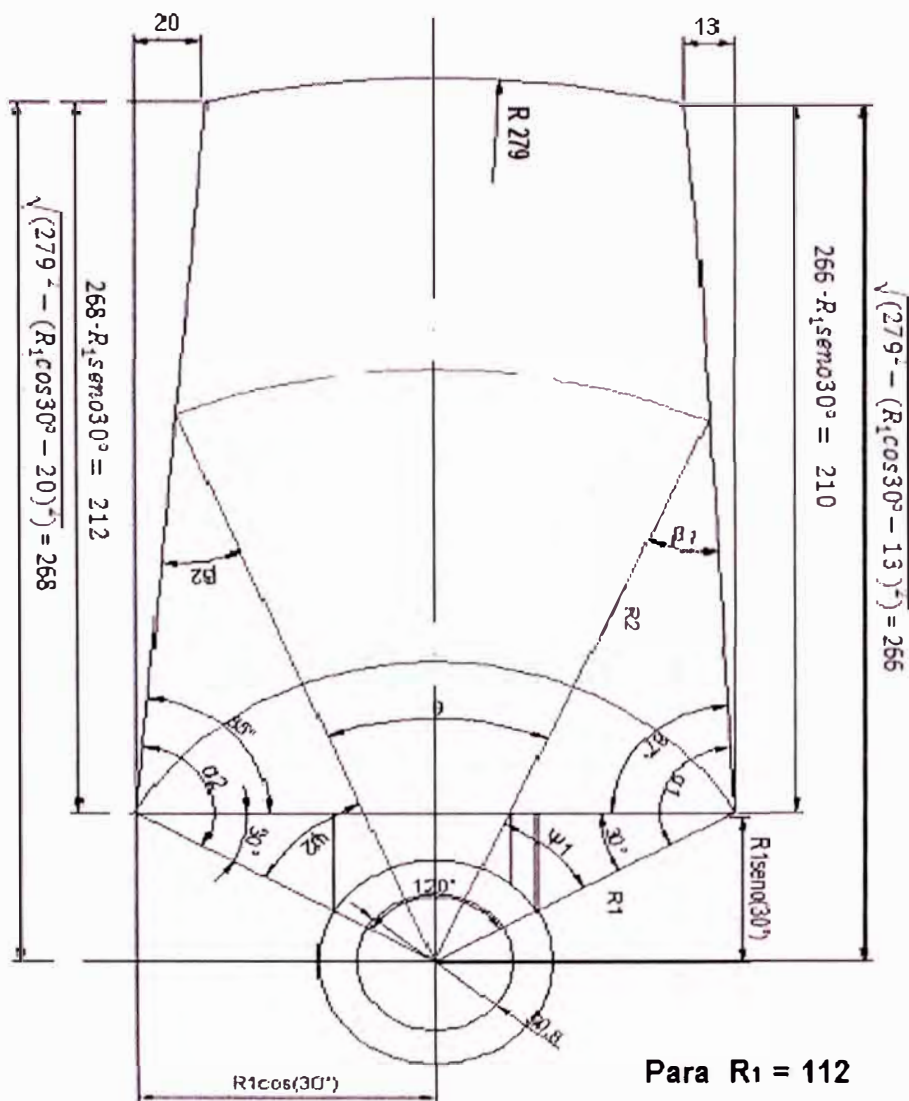


Ilustración 4.1.1-4VISTA FRONTAL DEL ALABE

$$\Theta = 120 - \psi_1 - \psi_2 \dots\dots\dots I$$

Angulo de proyección

$$SENO\beta = \frac{R_1}{R_2} x SENO\alpha \dots\dots\dots III$$

DE LA VISTA FRONTAL DEL ALABE (figura 4.1.1-4)

$$\tan(\alpha_1 - 30^\circ) = \frac{210}{13} = 16$$

$$(\alpha_1 - 30^\circ) = \text{Atan}(16) = 86.5^\circ$$

$$(\alpha_1) = 116^\circ \dots\dots\dots IV$$

IV en II  $\Psi_1 = 180^\circ - 116^\circ - \beta_1$

$$\Psi_1 = 64^\circ - \beta_1, \dots\dots\dots V$$

III en V  $\psi_1 = 64^\circ - \text{ASENO}(\text{seno}\beta_1)$

$$\Psi_1 = 64^\circ - \text{Aseno} \left( \frac{R_1}{R_2} \times \text{SENO}116^\circ \right) \dots\dots VI$$

El otro lado

$$\text{Tan}(\alpha_2 - 30^\circ) = \frac{212}{20} = 11$$

$$(\alpha_2 - 30^\circ) = \text{Atan}(11) = 85^\circ$$

$$(\alpha_2) = 115^\circ \dots\dots\dots VII$$

VII en II  $\Psi_2 = 180^\circ - 115^\circ - \beta_2$

$$\Psi_2 = 65^\circ - \beta_2, \dots\dots\dots VIII$$

III en V  $\psi_2 = 65^\circ - \text{ASENO}(\text{seno}\beta_2)$

$$\Psi_2 = 65^\circ - \text{Aseno} \left( \frac{R_1}{R_2} \times \text{SENO}115^\circ \right) \dots\dots IX$$

IX y VI se puede calcular el ángulo  $\Theta = 120 - \psi_1 - \Psi_2$ ,  $R_1 = 112$  mm por tanto se puede calcular arco proyectado frontalmente

$$L_{\text{proy}} = \Theta \times R_2 \dots\dots\dots X$$

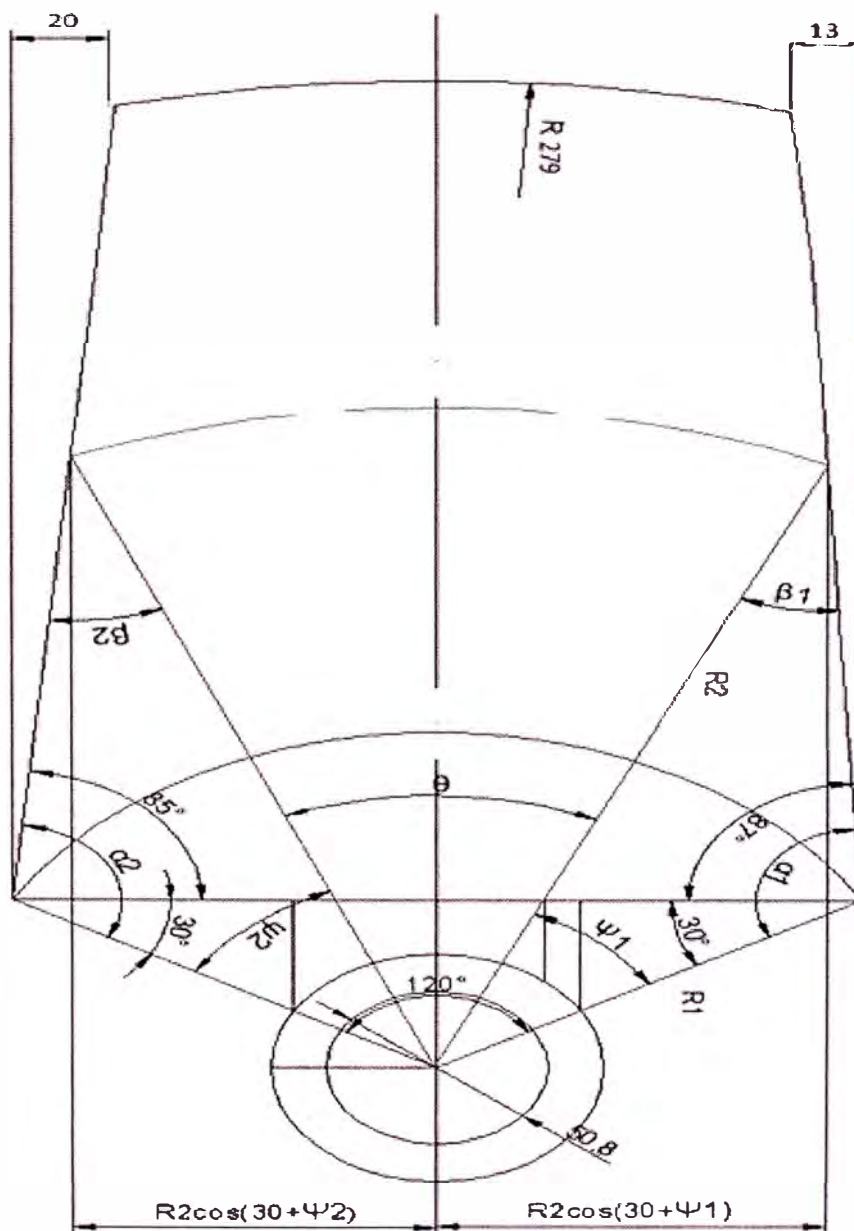
La longitud total del alabe en cada radio proyectado será

$$L = \sqrt{(L_{\text{proy}})^2 + (\text{Proyla})^2} \dots\dots\dots XI$$

Donde: Proyección frontal será

$Proyfr = R2(\cos(30^\circ + \Psi1) + \cos(30^\circ + \Psi2)) \dots \dots \dots XII$

DE LA PROYECCION FRONTAL (figura 4.1.1-5)



$Proyla = proyfr \times \tan 30^\circ$

PROYECCION LATERAL (figura 4.1.1-6)

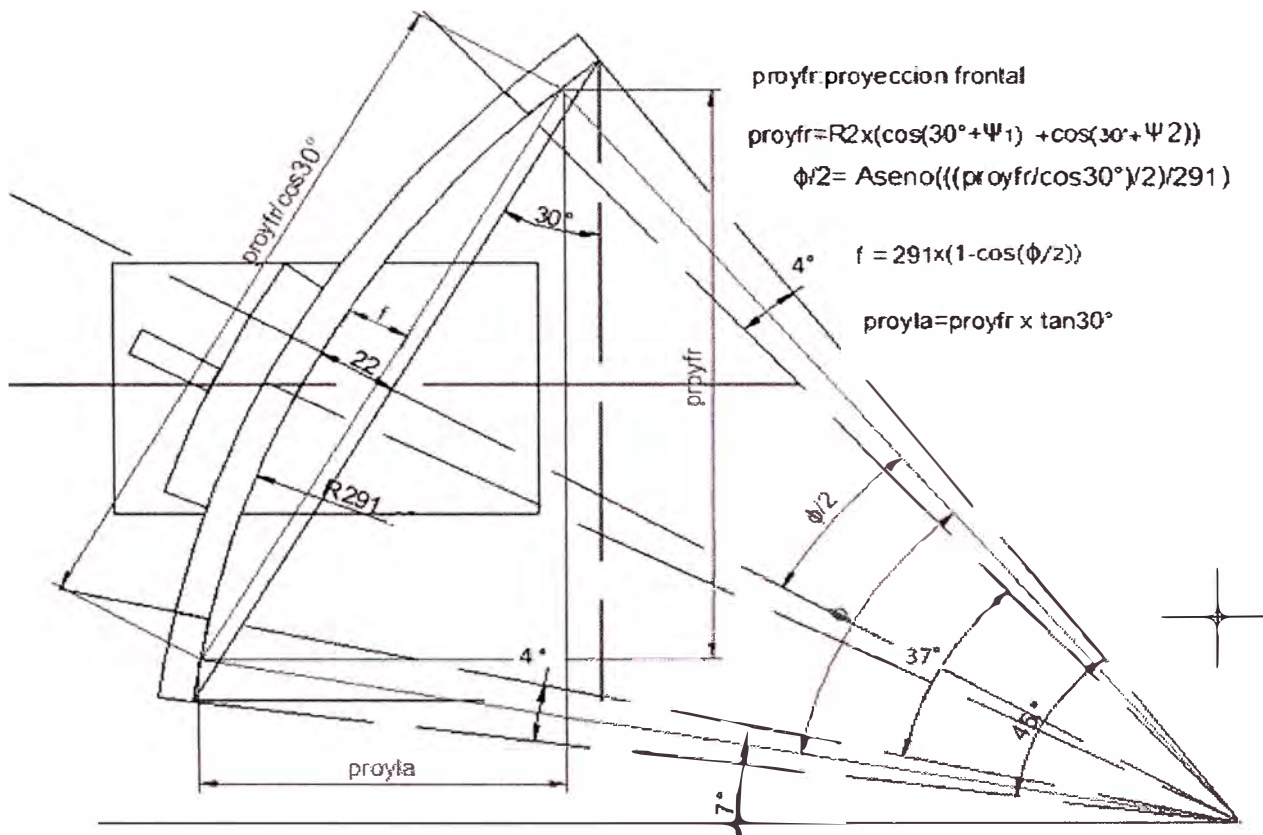




Tabla 4.1.1-2 de valores para cada punto desde la base del alabe por cada ½ pulgada asta el borde exterior de 12.91" (TABLA N° 4.1.1-I PARAMETROS PARA EL DISEÑO DEL ALABE)

R2		Ψ1	Ψ2	Θ	R2x Cos(30+Ψ1)	R2x Cos(30+Ψ2)	proyfr COS30°	φ/2	F	L
(mm)	Pulg									
112	4.410	10	11	120	97	97	224	23	22	260
125	4.910	17	17	99	95	95	220	22	21	242
137	5.410	22	22	86	94	93	216	22	21	232
150	5.910	26	26	76	93	91	213	21	20	225
163	6.410	29	30	68	92	90	210	21	20	219
176	6.910	32	32	61	90	89	207	21	19	214
188	7.410	34	35	56	89	87	204	21	18	210
201	7.910	36	37	51	88	86	201	20	18	207
214	8.410	38	38	47	87	85	199	20	17	203
226	8.910	39	40	44	86	84	196	20	17	200
239	9.410	40	41	41	85	82	194	19	17	197
252	9.910	42	42	38	84	81	191	19	16	194
264	10.410	43	44	36	83	80	188	19	16	191
277	10.910	43	44	34	82	79	186	19	15	188
279	11.000	44	45	33	82	78	186	19	15	188

Con los valores de L y f que se han calculado y la proyección del arco frontal se pueden construir los perfiles para cada velocidad descrita en un determinado radio desglosados en un plano

Angulo del arco del alabe :  $\delta = A \cdot \cos(R_2 \cdot \Theta / L) \dots \dots \dots (XIII)$

$$R \cdot (1 - \cos \frac{\varphi}{2}) = f \dots \dots \dots (XIV)$$

$$R \cdot \text{SENO} \frac{\varphi}{2} = \frac{L}{2} \dots \dots \dots (XV)$$

(XV) en (XIV)

$$1 - \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{2f}{L} \text{SENO} \frac{\varphi}{2}$$

Elevando al cuadrado y ordenando la ecuación:

$$\left(1 + 4 \frac{f^2}{L^2}\right) \cos^2 \frac{\varphi}{2} - 2 \cos \frac{\varphi}{2} - 4 \frac{f^2}{L^2} = 0$$

Resolviendo la ecuación cuadrática  $\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots\dots \text{XVI}$

Los Radios Rx para cada circulo de evaluación del fluido

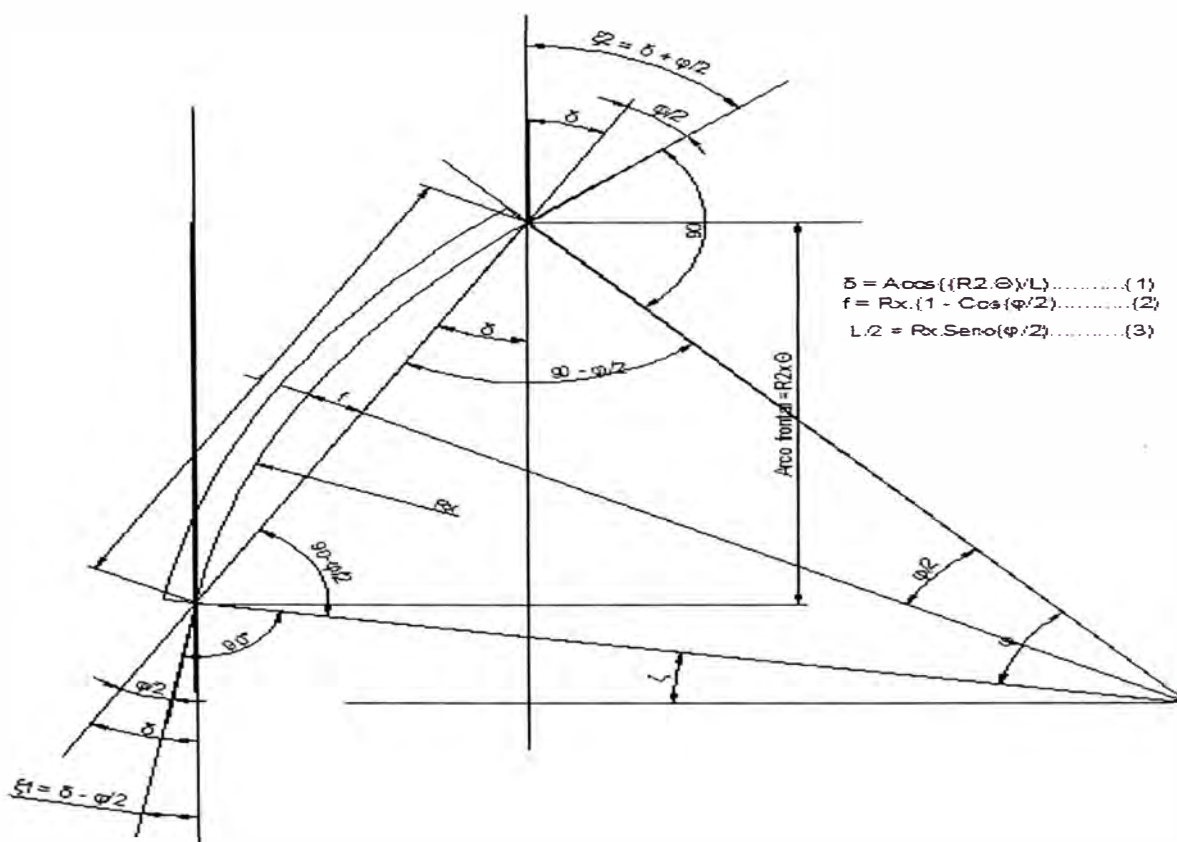
$$R_x = \frac{f}{1 - \cos \frac{\varphi}{2}} \dots\dots \text{XVII}$$

El ángulo de entrada al alabe  $\xi_1 = \delta - \frac{\varphi}{2} \dots\dots \text{XVIII}$

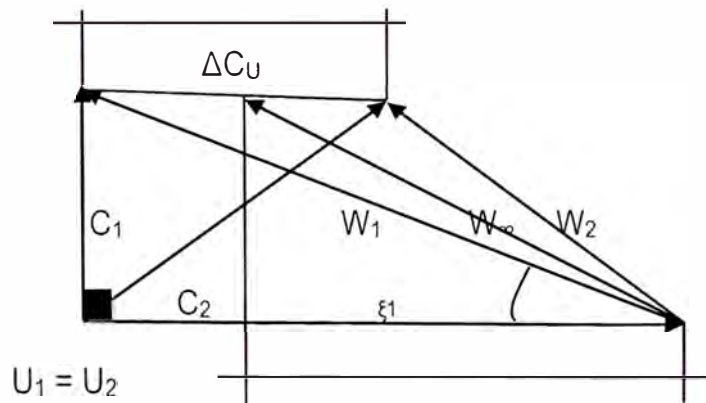
El ángulo de salida del alabe  $\xi_2 = \delta + \frac{\varphi}{2} \dots\dots \text{XIX}$

PERFIL DESGLOZADO INDICANDO LOS ANGULOS DE LOS VECTORES DE ENTRADA Y SALIDA

(Figura N°5)



Para este homogeneizador de fluido o mezclador usaremos el triángulo de velocidades descrita en 2.1.14 y según su naturaleza el grado de reacción descrita en el punto 2.1.15 para bombas axiales o ventiladores debe estar  $\frac{1}{2} < R < 1$  el ángulo entre U y C1  $\alpha_1 = 90^\circ$  caso III para ventiladores, bombas axiales de altas eficiencias, flujo de salida sin vórtice



$$\frac{U}{2} < W_{\infty U} < U$$

$$U = R_2 \cdot 364.22 \cdot \frac{2\pi}{60} \text{ m/s} \dots \dots \dots (XX)$$

$$C_m = C_1 = U \cdot \tan \xi_1 \dots \dots \dots (XXI)$$

TABLA N° 2 RESULTADOS PARA DETERMINAR  $C_m$ 

R2		$\delta$	$\cos(\varphi/2)$	$\varphi/2$	Rx	$\xi_1$	$\xi_2$	U m	Cm m
(mm)	pulg								
112	4.410	26	0.9423	20	388	6	45	4.2723	0.4464
125	4.910	27	0.9390	20	353	7	47	4.7567	0.5662
137	5.410	28	0.9378	20	336	7	48	5.2411	0.6781
150	5.910	28	0.9376	20	325	8	49	5.7255	0.7889
163	6.410	29	0.9380	20	318	8	49	6.2099	0.9006
176	6.910	29	0.9386	20	313	9	49	6.6943	1.0144
188	7.410	29	0.9394	20	309	9	49	7.1787	1.1309
201	7.910	29	0.9404	20	306	9	49	7.6631	1.2503
214	8.410	29	0.9414	20	304	10	49	8.1475	1.3729
226	8.910	29	0.9425	20	302	10	49	8.6318	1.4988
239	9.410	29	0.9436	19	301	10	49	9.1162	1.6282
252	9.910	30	0.9448	19	300	10	49	9.6006	1.7612
264	10.410	30	0.9460	19	299	11	48	10.0850	1.8977
277	10.910	30	0.9471	19	298	11	48	10.5694	2.0379
279	11.000	30	0.9474	19	298	11	48	10.6566	2.0635

De acuerdo al punto 2.1.13 donde la velocidad axial es constante en cualquier valor del radio, por tal condición tomaremos el valor de  $C_m$  medio de la tabla que estará en el radio medio

$$R_m = \frac{R_i + R_e}{2} = \frac{112 \text{ mm} + 279 \text{ mm}}{2} = 195 \text{ mm}$$

En la tabla N° 2 el valor medio está entre 188.214 y 200.914 los valores para  $C_m$  estarán entre 1.0867 m/s y 1.2015 m/s interpolando para hallar el valor en el punto medio de 195.707

$$\frac{C_m - 1.1309}{1.2503 - 1.1309} = \frac{195 - 188}{201 - 188}$$

$$\text{RESULTADO: } C_m = 1.2 \frac{m}{s}$$

$$Q = C_m (D_e^2 - D_i^2) \frac{\pi}{4} = 1.2 \times (0.5588^2 - 0.22403^2) \frac{\pi}{4} = 0.247 \frac{m^3}{seg} = 14.83 \frac{m^3}{min}$$

## 4.2.- CALCULO DE EL TORQUE Y ESFUERZOS AXIALES PRODUCIDOS POR EL IMPULSOR

Para el cálculo de del torque y fuerzas axiales que producirá el impulsor en operación usaremos las formulas de la teoría del ala en los sistemas de alabes axiales

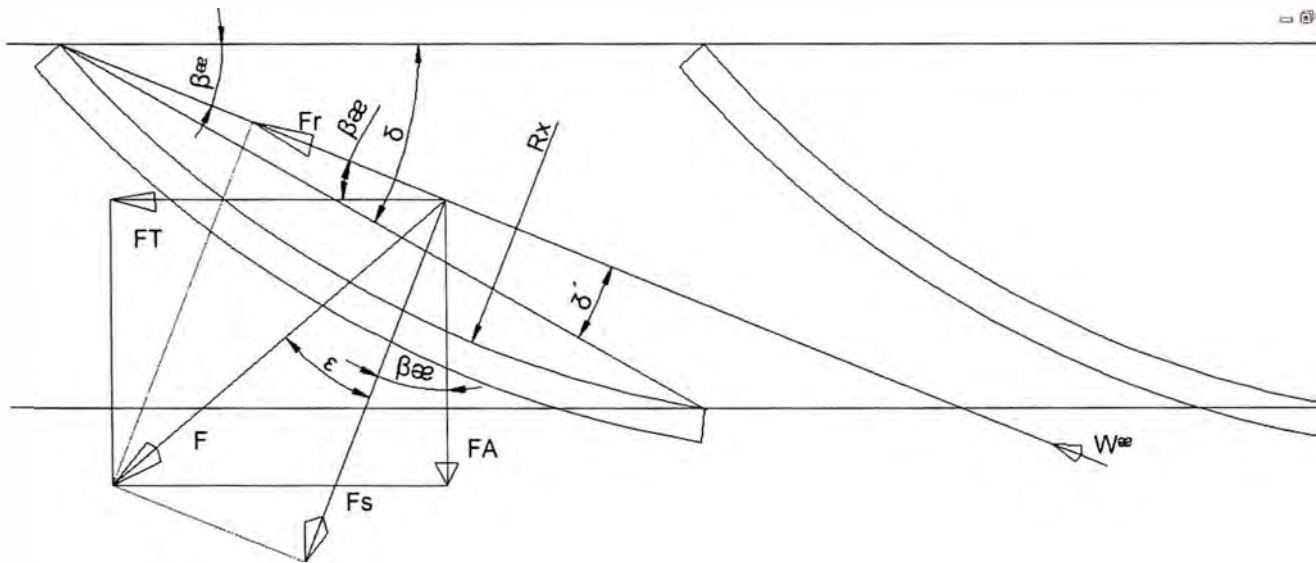


Ilustración (4.2-1) PERFIL FUERZAS ACTUANTES

$$F_t = Z C_s \gamma \frac{W_\infty^2 \operatorname{sen}(\beta_\infty \pm \epsilon)}{2g \cos \epsilon} L \cdot \Delta r \dots\dots\dots (&)$$

$$F_A = Z C_s \gamma \frac{W_\infty^2 \cos(\beta_\infty \pm \epsilon)}{2g \cos \epsilon} L \cdot \Delta r \dots\dots\dots (@)$$

Formulas del punto 2.1.19 la N° de la formula (4)

Donde :

Ft : Fuerza tangencial en Newton

FA: Fuerza axial en Newton

Z : N° de alabes es 3

.γ : Peso específico del fluido 8000 N/m<sup>3</sup>

$W_\infty$  : vector resultante de las velocidades en Newton

$C_s$  : coeficiente de sustentación para perfiles circulares de espesor constante

$$C_s = 8.76 \frac{f}{L} + 0.1555\delta'$$

$f$  : Longitud de la flecha del arco del alabe

$L$  : Longitud de la cuerda del arco del alabe

$$\delta' = \delta - \beta_\infty$$

$\Delta r$  : Diferencial del radio del impulsor

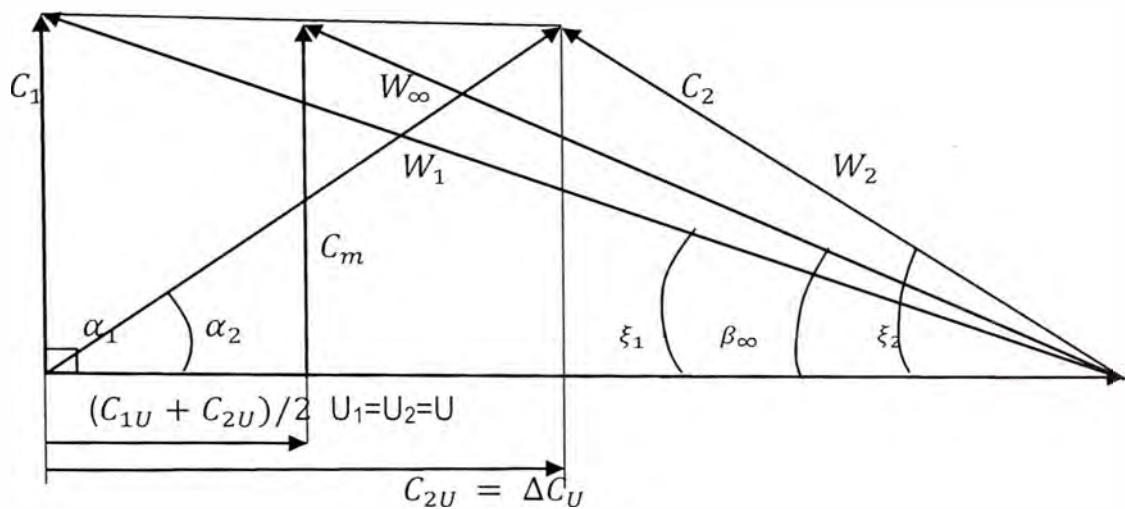
$g$  : gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$

**4.2.1.- Determinando  $W_\infty$**  Para poder usar estas formulas y determinar las fuerzas tangencial y axial tenemos que encontrar  $W_\infty$  para ello usaremos dos expresiones

$$C_s \left( \frac{L}{t} \right) = 2 \left( \frac{\Delta C_u}{W_\infty} \right) \dots\dots\dots \text{expresión (11) del 2.1.19}$$

$$W_\infty^2 = C_m^2 + \left( U - \frac{C_1 U + C_2 U}{2} \right)^2 \dots\dots\dots (\S)$$

Expresión que sale de la figura siguiente



Del esquema vectorial de velocidades podemos observar que la proyección de C1 sobre U es nula así que podemos decir que  $C_{2U} = \Delta C_U$  por tanto la expresión (§) puede ser :

$$W_\infty^2 = C_m^2 + (U - \frac{\Delta C_U}{2})^2 \dots\dots\dots (q)$$

$$Cs \left(\frac{L}{t}\right) = 2 \left(\frac{\Delta C_U}{W_\infty}\right) \dots\dots\dots (m)$$

$$\Delta C_U = Cs \left(\frac{L}{t}\right) \frac{W_\infty}{2} \dots\dots\dots (n)$$

(n) en (q)

$$W_\infty^2 = C_m^2 + \left(U - \frac{C_s L W_\infty}{4t}\right)^2$$

$$\left(1 - \frac{C_s^2 L^2}{16t^2}\right) W_\infty^2 + \frac{U C_s L}{2t} W_\infty - (C_m^2 + U^2) = 0 \dots\dots\dots (s)$$

Resolviendo la ecuación cuadrática

$$W_\infty = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Dónde :  $a = \left(1 - \frac{C_s^2 L^2}{16t^2}\right)$  ;  $b = \frac{U C_s L}{2t}$  y  $c = -(C_m^2 + U^2)$

Los valores de L, U de la tabla 1 . Los de  $t = \frac{2\pi R_2}{3}$ ,  $C_m = 1.203 \text{m/s}$  y los valores de  $C_s$  coeficiente de sustentación para perfiles circulares de espesor constante

$$C_s = 8.76 \frac{f}{L} + 0.1555\delta'$$

.f : Longitud de la flecha del arco del alabe tabla 1

L: Longitud de la cuerda del arco del alabe tabla 1

. $\delta'$  =  $\delta - \beta_\infty$ , los valores; los valores de  $\delta$  están en la tabla 2 pero los de  $\beta_\infty$  para efectos de diseño esta diferencia asumimos de  $15^\circ$

Por lo cual obtendremos la TABLA N° 4.2.1-I que nos da los valores de Cs desde los 112 mm hasta 282 mm de  $\frac{1}{2}$  en  $\frac{1}{2}$  cm:

R2		U	f	L	Cs	t (mm)	Cs L/t
(mm)	pulg						
112	4.41	4.2723	22	260	0.7956	235	0.8816
117	4.61	4.4630	22	252	0.8071	245	0.8293
122	4.80	4.6537	22	246	0.8147	256	0.7833
127	5.00	4.8444	21	241	0.8197	266	0.7421
132	5.20	5.0351	21	237	0.8230	276	0.7048
137	5.39	5.2259	21	233	0.8250	287	0.6708
142	5.59	5.4166	21	230	0.8262	297	0.6396
147	5.79	5.6073	20	228	0.8265	308	0.6109
152	5.98	5.7980	20	225	0.8263	318	0.5843
157	6.18	5.9887	20	223	0.8256	329	0.5596
162	6.38	6.1794	20	221	0.8245	339	0.5367
167	6.58	6.3701	20	219	0.8232	350	0.5152
172	6.77	6.5608	19	217	0.8215	360	0.4952
177	6.97	6.7515	19	215	0.8196	371	0.4764
182	7.17	6.9422	19	214	0.8176	381	0.4587
187	7.36	7.1329	19	212	0.8153	392	0.4420
192	7.56	7.3236	19	211	0.8130	402	0.4263
197	7.76	7.5143	18	209	0.8105	413	0.4114
202	7.95	7.7050	18	208	0.8079	423	0.3974
207	8.15	7.8957	18	207	0.8052	434	0.3840
212	8.35	8.0864	18	206	0.8025	444	0.3714
217	8.54	8.2771	18	204	0.7996	455	0.3594
222	8.74	8.4678	18	203	0.7967	465	0.3479
227	8.94	8.6585	17	202	0.7938	475	0.3370
232	9.13	8.8493	17	201	0.7908	486	0.3266
237	9.33	9.0400	17	200	0.7878	496	0.3167
242	9.53	9.2307	17	198	0.7847	507	0.3072
247	9.72	9.4214	17	197	0.7816	517	0.2982
252	9.92	9.6121	17	196	0.7785	528	0.2895
257	10.12	9.8028	16	195	0.7753	538	0.2812
262	10.32	9.9935	16	194	0.7721	549	0.2732
267	10.51	10.1842	16	193	0.7689	559	0.2655
272	10.71	10.3749	16	192	0.7657	570	0.2582
277	10.91	10.5656	16	191	0.7624	580	0.2511
282	11.10	10.7563	16	190	0.7592	591	0.2443



Con estos resultados podremos calcular  $W_\infty$  con la ecuación (S) y también la fuerza tangencial, axial el momento o Par producido por el impulsor, Las fuerzas tangencial y axial será con las ecuaciones (&) y (@) el diferencial del radio será por media pulgada ( $\Delta r = 1/2 \text{ cm} = 5 \text{ mm}$ ) los valores de  $W_\infty$ , L, Cs,  $\beta_\infty$ , se tomara el promedio de los extremos de ese medio cm por evaluar por ejemplo si se está evaluando el valor de Cs entre los valores del radio de 222 y 227 será Cs

$$= \frac{0.7967 + 0.7938}{2} = 0.79525 \text{ así también } W_\infty \text{ y } \beta_\infty \text{ que son previamente calculados}$$

$$(\beta_\infty = \text{Aseno}\left(\frac{C_m}{W_\infty}\right))$$

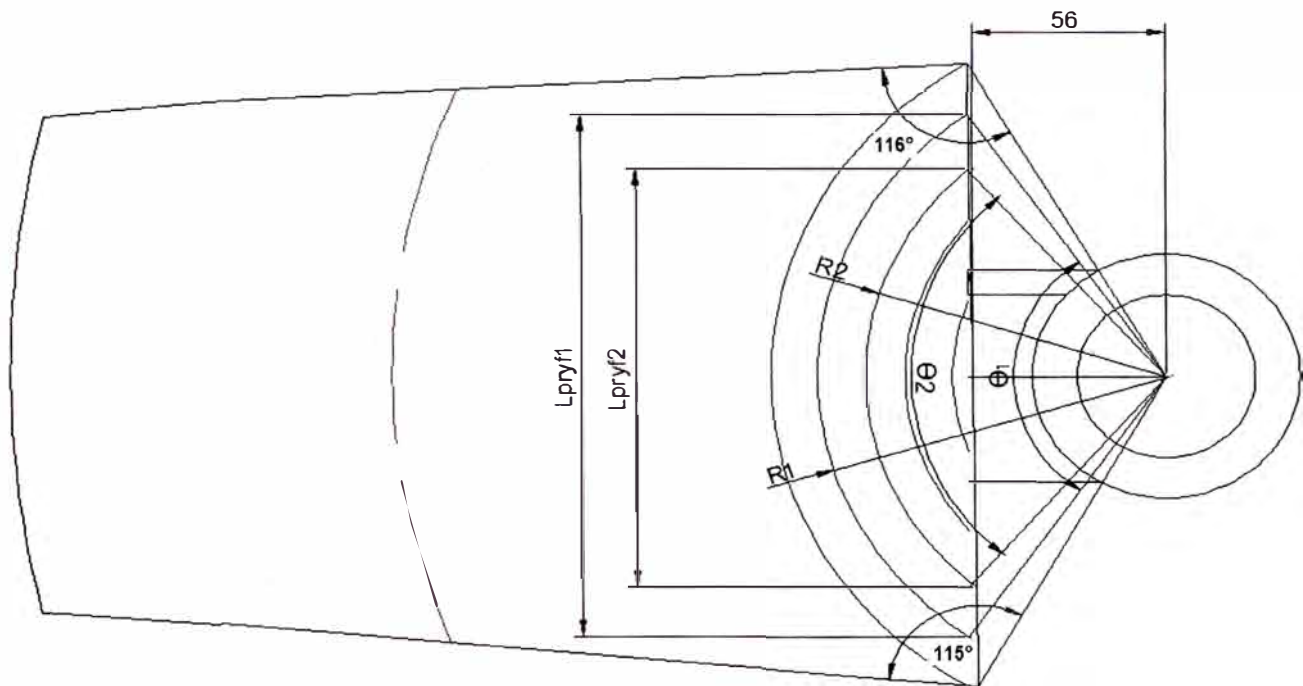
TABLA N° 4.2.1-2 CALCULO ESTIMADO DE  $W_{\infty}$ ,  $F_T$ ,  $F_A$   $M_T$ 

R2		a	b	c	$W_{\infty}$ m/s	$\beta_{\infty}$	Ft(N)	Mt(Nm)	Fa(N)
(mm)	pulg								
112	4.41	0.8057	3.7666	-19.6928	3.1311	23	6.0439	0.6921	11.5931
117	4.61	0.8280	3.7014	-21.3587	3.3138	21	6.3473	0.7586	12.8820
122	4.80	0.8466	3.6453	-23.0973	3.4966	20	6.6595	0.8292	14.2352
127	5.00	0.8623	3.5950	-24.9086	3.6801	19	6.9782	0.9038	15.6507
132	5.20	0.8758	3.5487	-26.7927	3.8644	18	7.3021	0.9822	17.1270
137	5.39	0.8875	3.5054	-28.7496	4.0496	17	7.6302	1.0645	18.6626
142	5.59	0.8977	3.4645	-30.7791	4.2356	16	7.9620	1.1506	20.2562
147	5.79	0.9067	3.4254	-32.8814	4.4224	16	8.2970	1.2405	21.9061
152	5.98	0.9146	3.3878	-35.0565	4.6100	15	8.6347	1.3342	23.6109
157	6.18	0.9217	3.3515	-37.3042	4.7984	14	8.9748	1.4316	25.3690
162	6.38	0.9280	3.3164	-39.6247	4.9875	14	9.3171	1.5328	27.1789
167	6.58	0.9336	3.2822	-42.0180	5.1773	13	9.6611	1.6377	29.0390
172	6.77	0.9387	3.2488	-44.4840	5.3677	13	10.0067	1.7463	30.9477
177	6.97	0.9433	3.2162	-47.0227	5.5586	12	10.3537	1.8586	32.9033
182	7.17	0.9474	3.1842	-49.6342	5.7501	12	10.7018	1.9746	34.9043
187	7.36	0.9512	3.1528	-52.3184	5.9421	12	11.0508	2.0943	36.9490
192	7.56	0.9546	3.1220	-55.0753	6.1346	11	11.4005	2.2176	39.0358
197	7.76	0.9577	3.0917	-57.9050	6.3275	11	11.7507	2.3444	41.1631
202	7.95	0.9605	3.0618	-60.8074	6.5208	11	12.1013	2.4749	43.3292
207	8.15	0.9631	3.0324	-63.7825	6.7145	10	12.4521	2.6089	45.5325
212	8.35	0.9655	3.0033	-66.8304	6.9085	10	12.8029	2.7464	47.7713
217	8.54	0.9677	2.9746	-69.9510	7.1029	10	13.1535	2.8874	50.0441
222	8.74	0.9697	2.9463	-73.1444	7.2976	9	13.5039	3.0318	52.3492
227	8.94	0.9716	2.9183	-76.4104	7.4926	9	13.8537	3.1796	54.6850
232	9.13	0.9733	2.8906	-79.7493	7.6879	9	14.2030	3.3308	57.0499
237	9.33	0.9749	2.8632	-83.1608	7.8834	9	14.5515	3.4853	59.4424
242	9.53	0.9764	2.8361	-86.6451	8.0791	9	14.8992	3.6431	61.8608
247	9.72	0.9778	2.8092	-90.2022	8.2751	8	15.2458	3.8040	64.3036
252	9.92	0.9790	2.7826	-93.8320	8.4713	8	15.5913	3.9682	66.7693
257	10.12	0.9802	2.7563	-97.5345	8.6677	8	15.9354	4.1355	69.2562
262	10.32	0.9813	2.7301	-101.3097	8.8643	8	16.2782	4.3058	71.7629
267	10.51	0.9824	2.7043	-105.1577	9.0610	8	16.6194	4.4792	74.2878
272	10.71	0.9833	2.6786	-109.0784	9.2579	7	16.9590	4.6555	76.8295
277	10.91	0.9842	2.6531	-113.0719	9.4549	7	17.2967	4.8347	79.3864
282	11.10	0.9851	2.6279	-117.1381	9.6521	7			

$$F_{t1} = \sum F_t = 394.82 \text{ N}; \quad F_{A1} = 1428.08; \quad M_{t1} = \sum M_T = 83.427 \text{ Nm}$$

Existe un sector del alabe que no se está evaluado, al utilizar una plancha emperrada en el cubo del impulsor donde los radios menores de 112.014mm no sean evaluado,

SECTOR POR EVALUAR (ilustración 4.2-2)



este sector si consideramos evaluando de 1/2 en 1/2 pulgada, formulas previas para el calculo de los parámetros principales Ft, Mt, Fa

$$\theta_i = 2 \text{Acos}(56/R_i) \dots \dots \dots (1)$$

Proyección frontal de las cuerdas

$$L_{pryli} = 2 * \sqrt{R_i^2 - 56^2} \dots \dots \dots (2)$$

Proyección lateral del alabe

$$Proylati = L_{pryli} * \tan 30^\circ \dots \dots \dots (3)$$

proyección frontal del arco descrito por cada radio

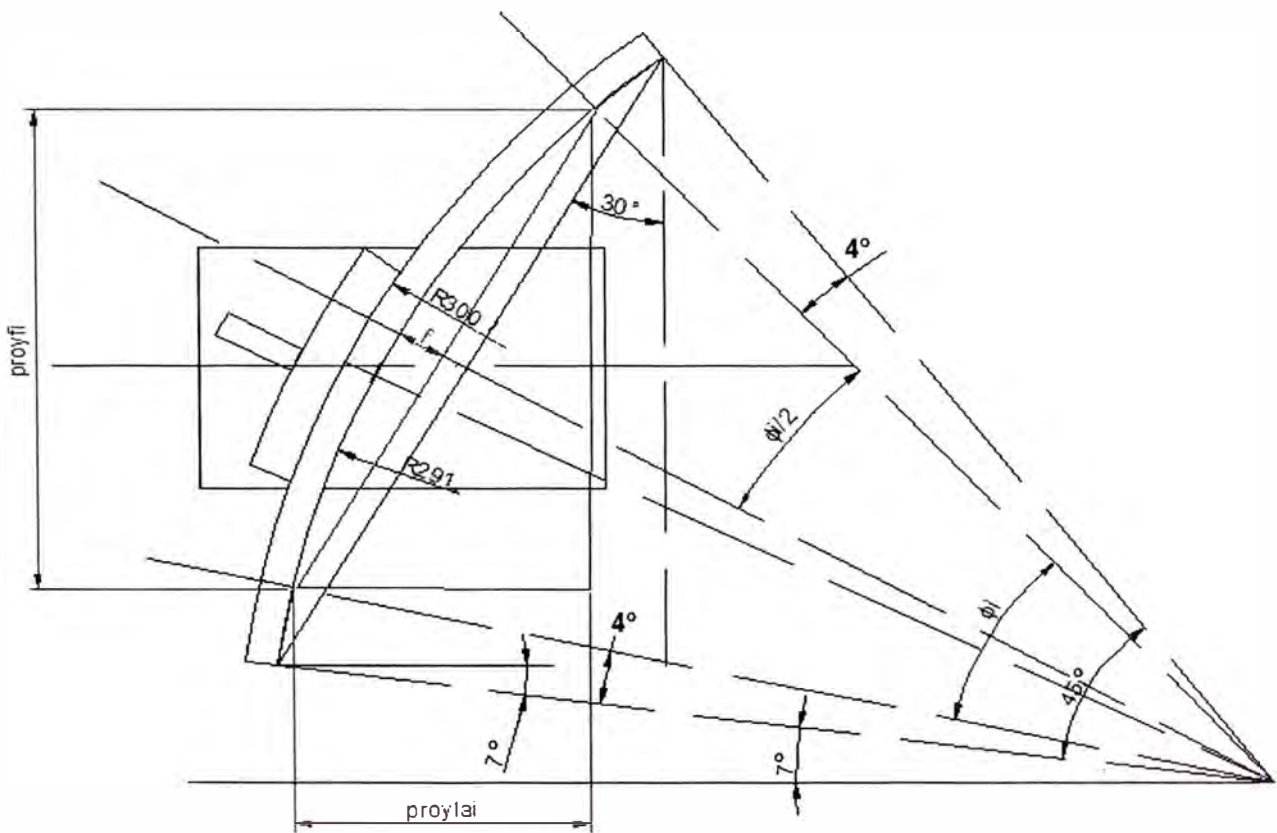
$$L_{proyfi} = \theta_i * R_i \dots \dots \dots (4)$$

Calculo de  $L_i$  para c/d radio

$$L_i = \sqrt{(Prolat_i)^2 + (L_{proyfi})^2} \dots \dots \dots (5)$$

PROYECCION LATERAL (Figura N°4.2-3) ayudara ha entender las siguientes

Expresiones



$$\Phi_i = 2 * \text{Aseno} \left( \frac{Proyfi / (2 * \text{Cos} 30^\circ)}{291 \text{mm}} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$.f_i = 291 * (1 - \text{cos}(\frac{\Phi_i}{2})) \dots \dots \dots (7)$$

$$.t_i = \frac{2 * \pi * R_i}{3} \dots \dots \dots (8)$$

TABLA 4.2-3 PARAMETROS PARA CALCULAR SECTOR NO EVALUADO

Ri		θi	Proyfi	Proylai	Lproyfi	Li	φi	f	t
(mm)	pulg								
56	2.205	0	0	0	0	0	0	0	117
61	2.41	48	49	29	51	58	11	1	128
74	2.91	81	96	56	105	119	22	5	155
87	3.41	99	132	76	150	169	30	10	181
99	3.91	111	164	95	193	215	38	16	208

Asumiendo la misma eficiencia con  $\alpha_1 = 90^\circ$  con el grado de reacción  $1/2 < R_\infty < 1$  determinamos las mismas fórmulas para calcular  $C_s W_\infty$ ,  $\beta_\infty$ ,  $F_t$ ,  $M_t$  y con  $C_m = 1.2 \text{ m/s}$

TABLA 4.2-4 RESULTADOS

Ri		U(m/s)	Cs	Cs*L/t	W $\infty$	β $\infty$	Ft(N)	Mt(Nm)	Fa(N)
(mm)	pulg								
56	2.205	0	0	0	0	0	0	0	0
61	2.41	2.3348	0.2456	0.1117	2.5023	28.6911	1.6879	0.1140	2.6244
74	2.91	2.8192	0.4311	0.3312	2.6642	26.8023	4.3290	0.3475	7.2159
87	3.41	3.3035	0.5638	0.5238	2.8299	25.1188	7.7318	0.7188	13.7178
99	3.91	3.7879	0.6802	0.7030	2.9892	23.6956	9.2108	0.9732	17.2309

$$F_{l2} = \sum F_t = 22.96 \text{ N} \quad F_{A2} = 40.79$$

$$M_{l2} = \sum M_T = 2.153 \text{ Nm}$$

Por lo tanto la fuerza total que produce el torque

$$F_t = F_{t1} + F_{l2} = 394.8213 \text{ N} + 22.96 \text{ N} = 417.78 \text{ N}$$

El torque total

$$M_T = M_{T1} + M_{T2} = 83.427 \text{ Nm} + 2.153 \text{ Nm} = 85.58 \text{ Nm}$$

La fuerza total axial

$$F_A = F_{A1} + F_{A2} = 1428.08\text{N} + 40.79\text{N} = 1468.87\text{N}$$

### 4.2.3 DETERMINACION DE LA POTENCIA DEL MOTOR

#### Consideraciones

- Los cálculos realizados son para un fluido ideal sin viscosidad; Considerando la eficiencia del mezclador un 60% para fluidos reales que tienen viscosidad y pérdidas por rozamiento  
eficiencia del mezclador  $n_m = 0.6$
- Eficiencia volumétrica del impulsor  $\eta_v = 0.8$
- Eficiencia de la transmisión del eje  $n_e = 0.97$
- Eficiencia de la transmisión de la faja  $n_f = 0.9$
- Eficiencia total  $n_t = n_m \cdot n_e \cdot \eta_v = 0.58 * 0.97 * 0.9 * 0.9 = 0.4557$

Por tanto la potencia del motor es

$$P = \frac{M_t n \cdot 2\pi}{n_t \cdot 60}$$

Donde:

P: potencia en w

$M_t$ : *Momento torsor* en Nm

$n$  : *velocidad del mezclador revoluciones x minuto*

$n_t$  : **Eficiencia total**

$$P = \frac{85.58 \cdot 364.22 \cdot 2\pi}{0.4557 \cdot 60 \cdot 746} = 9.6\text{hp}$$

P = 9.6 hp para un motor de 10hp pero en el mercado nacional existente del año 1993 solo existía de 12hp delcrosa.

## CAPITULO V

### DISEÑO DE LAS TRANSMISIONES

#### 5.1.- CALCULO DE LA TRANSMISION POR FAJAS EN V ESPECIALES

Calculo de transmisión de fajas especiales Procedimiento de calculo

##### **Paso N°1**

Calcule la potencia de Diseño según la tabla 2.2-1, para un motor eléctrico de par torsional normal que trabaje más de 15 horas, que impulse una mezcladora, el factor de servicio es de 1.3 entonces la potencia de diseño es  $1.3 \times 12.0\text{hp} = 15.6 \text{ hp}$

##### **Paso N°2**

Seleccione la sección de la banda según la figura 2.2-2

Según el grafico se recomienda una banda 3V para 15.6 hp y 1155 RPM

##### **Paso N°3**

Calcule la relación de velocidades nominales: Relación =  $1160/350 = 3.31$

##### **Paso N°4**

Calcule el tamaño de la polea motriz que produzca una velocidad de banda de 4000 pies/minuto, como guía para seleccionar una polea de tamaño normal:

$$\text{Velocidad de banda} = V_b = \frac{\pi D_1 n_1}{12} \text{ pies/min}$$

Entonces el diámetro necesario para que  $V_b=4000$ pies/min es

$$D_1 = \frac{12V_b}{\pi n_1} = \frac{12(4000)}{\pi 1160} = 13.17 \text{ pulg}$$

### Paso N°5

Seleccione tamaños tentativos de la polea de entrada y calcule el tamaño adecuado de la polea de salida. Seleccione un tamaño estándar para la polea de salida, y calcule la relación y la velocidad de salida reales.

TABLA 5.1-1 Tamaños tentativos de poleas

Tamaño estándar De la Polea motriz	Tamaño aproximado de la polea conducida ( $3.31D_1$ )	Poleas estándar mas cercana, $D_2$	Velocidad real de salida (rpm)
10.55	34.96	33.45	365.86
7.95	26.35	24.95	369.62
6.85	22.70	24.95	318.48
<b>5.95</b>	19.72	<b>18.95</b>	<b>364.22</b>
5.55	18.39	18.95	339.74

Velocidad de salida 364.22 rpm, diámetro de la polea motriz 5.95 pulg, y diámetro de la polea  $D_2$  18.95 pulg relación de transmisión 3.185



**Paso N°6**

Determine la potencia nominal a partir de las figuras 2.2-3. Para una polea de 5.95 pulgadas a 1160 rpm, la potencia nominal básica es de 4.8 hp. Se necesitan varias bandas. La relación es relativamente alta, lo cual indica que se puede emplear cierta potencia nominal agregada. Ese valor se puede estimar a partir de la figura 2.2-3 para relaciones 3.38 se determina de la curvas punteadas que en nuestro caso sería 5.2hp tendríamos que interpolar para la relación 3.185

Potencia por faja	relación de velocidades	potencia adicional
4.8hp	1	0hp
	3.185	x
5.2	3.38	0.4hp

$$\frac{x}{3.185-1} = \frac{0.4-0}{3.38-1} = 0.1681 \rightarrow x = 0.367\text{hp}$$

La nueva potencia nominal por faja será = 4.8hp + 0.367= 5.167hp

**Paso N°7**

Especificar una distancia entre centros tentativa, se puede emplear la siguiente ecuación

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

$$18.95 < C < 3(18.95 + 5.95)$$

$$18.95 < C < 74.7$$

Con la intención de conservar espacio  $C = 20$  pulgadas

### Paso N°8

Calcule la longitud de la banda necesaria, con la ecuación :

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 2 \times 20 + \frac{\pi}{2} (18.95 + 5.95) + \frac{(18.95 - 5.95)^2}{4 \times 20} = 81.22 \text{ pulg}$$

### Paso N°9

Seleccione una longitud estándar de la tabla 2.2-4, y calcule la distancia entre centros real que resulta de las siguientes ecuaciones:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} \quad \text{donde } B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$$

La longitud estándar será de 80 pulgadas de la tabla 2.2-6 y calculando la distancia entre centros:

$$B = 4 \times 80 - 6.28(18.95 + 5.95) = 163.628$$

$$C = \frac{163.628 + \sqrt{163.628^2 - 32(18.95 - 5.95)^2}}{16} = 19.36 \text{ pulg}$$

**Paso N°10**

Calcule el ángulo de contacto de la banda en la polea menor con la ecuación :

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \left( \frac{D_2 - D_1}{2C} \right)$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{sen}^{-1} \left( \frac{18.95 - 5.95}{2 \times 19.36} \right) = 140.76^\circ$$

**Paso N°11**

Determine los factores de corrección con las figuras 2.2-5 y 2.2-6 para  $140.76^\circ C_\theta = 0.89$  para  $L = 80$  para  $C_L = 1.04$

**Paso N°12**

Calcule la potencia nominal corregida por banda y la cantidad de bandas necesarias para manejar la potencia de diseño:

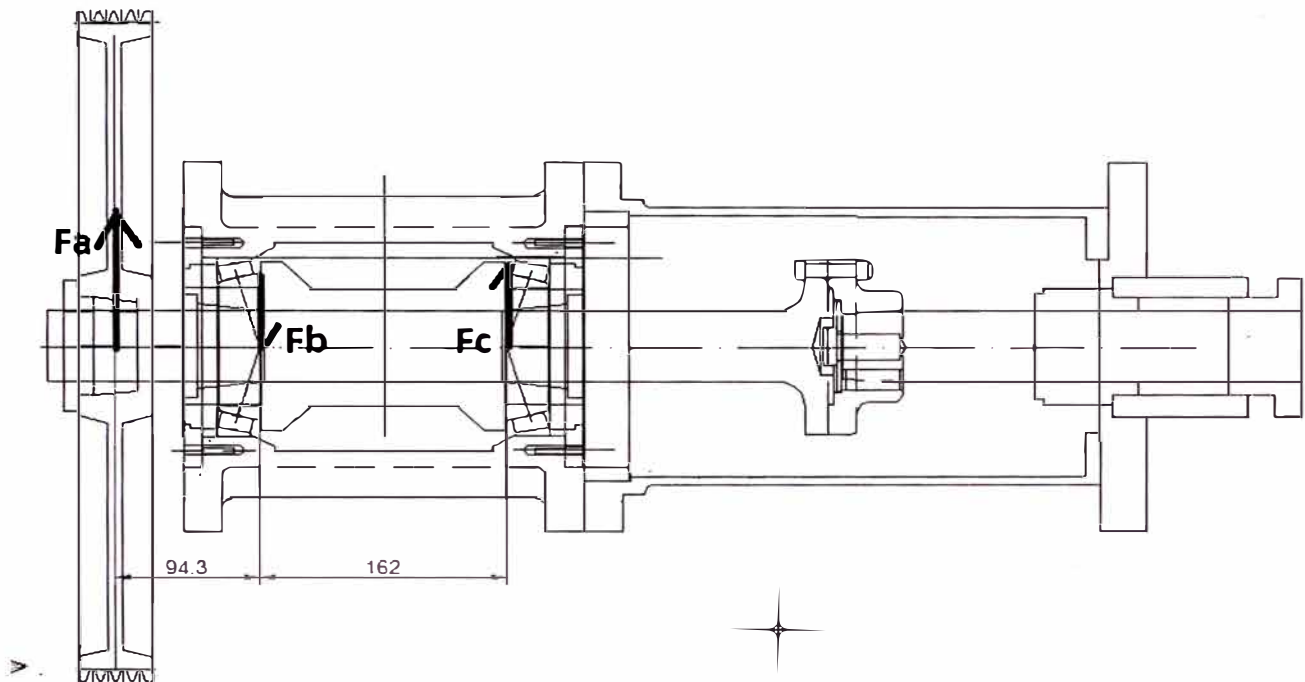
$$\text{Potencia corregida} = C_\theta C_L P = 0.89 \times 1.04 \times 5.167 \text{hp} = 4.78 \text{hp}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de bandas} = \text{Potencia de diseño} / \text{Potencia corregida}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de bandas} = 15.6 \text{hp} / 4.78 \text{hp} = 3.262 \text{ bandas por tanto se usaran 4 bandas}$$

## 5.2.- CALCULO DEL DIAMETRO DEL EJE DE TRANSMISION

Figura donde se aplican las fuerzas más considerables sobre el eje



Calculo de la fuerza en el punto "a" si la potencia transmitida es de 12 hp y la velocidad del eje es de 364.22 RPM la fuerza  $F_a$  será

$$F_1 = \frac{12 \text{ hp} \cdot \frac{746 \text{ w}}{\text{hp}}}{364.22 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{2\pi}{\text{rev}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{18.95 \text{ pulg}}{2} \cdot \frac{0.0254 \text{ m}}{\text{pulg}}} = 975.25 \text{ N}$$

Fuerza resultante de las tensiones  $F_a = 2.5 \cdot F_1 = 2438.11 \text{ N}$

Determinando la fuerza en el punto "b" sumatoria de momentos en el punto "c"

$$F_a \cdot (94.3 \text{ mm} + 162 \text{ mm}) - F_b \cdot 162 \text{ mm} = 0$$

$$F_b = 3857.34 \text{ N}$$

Determinando la fuerza en el punto "c" sumatoria de momentos en el punto "b"

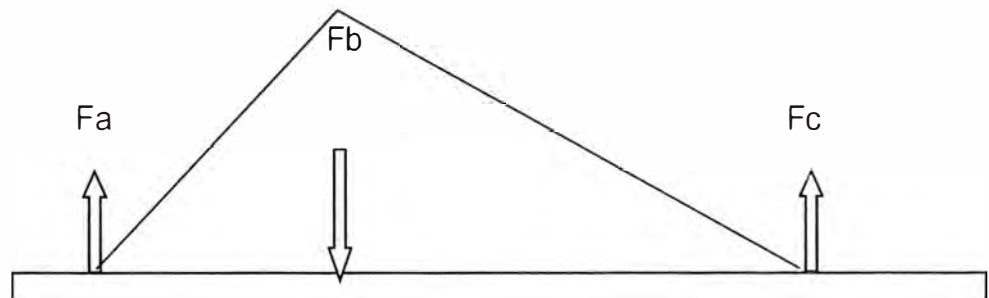
$$F_a \cdot 94.3 \text{ mm} - F_c \cdot 162 \text{ mm} = 0$$

$$F_c = 1419.2 \text{ N}$$

Determinando el torque transmisión

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{12 \text{ hp} * \frac{746 \text{ W}}{\text{hp}}}{364.22 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi}{\text{rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 234.71 \text{ N} \cdot \text{m} = 2074.39 \text{ lb-pulg}$$

Momento flector en el plano vertical el mayor valor está en el punto b



$$M_b = F_a * 0.0943 = 229.91 \text{ N-m} \quad \text{o} \quad M_b = F_c * 0.162 = 229.91 \text{ N-m}$$

**Expresado en lb-pulg  $M_b = 2031.99 \text{ lb-pulg}$**

$$\text{Esfuerzo de diseño } S_{sd} = 0.18 * 55000 = 9900 \text{ PSI}$$

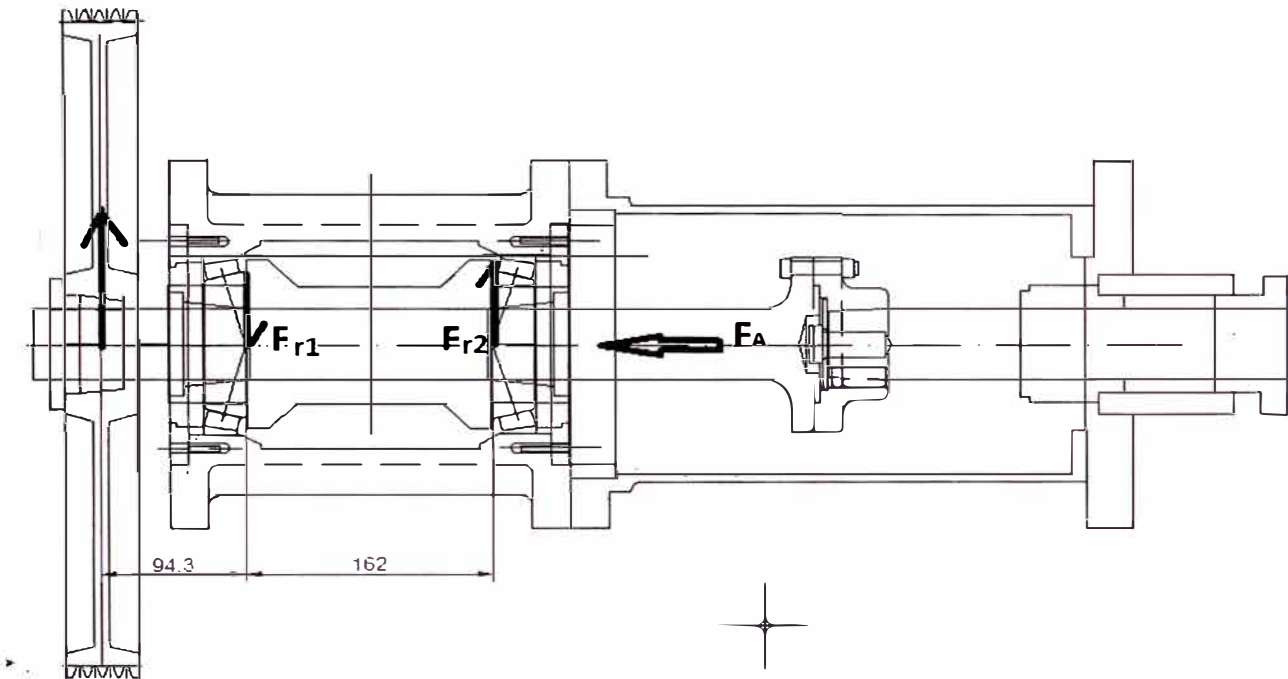
$$S_{sd} = 0.30 * 30000 = 9000 \text{ PSI}$$

$$\text{Con el canal chavetero : } S_{sd} = 0.75 * 9000 = 6750 \text{ PSI}$$

$$D^3 = \frac{16}{\pi * (6750)} \sqrt{(2 * 2031.99)^2 + (1.5 * 2074.39)^2}$$

$$D = 1.5689'' \text{ OK si el eje es de } 2''$$

5.3 - Calculo de la duración de dos rodamientos de rodillos cónicos 32017X conectados en x  $F_{r1}=3857.34\text{N}$  ;  $F_{r2}=1419.2\text{N}$  hallados en el capítulo anterior y la fuerza axial  $F_A=1356.373\text{N}$  determinado en el capítulo 4.2



De la tabla 5.3-1 de rodamientos de rodillos cónicos según el código 32017X ;  $e=0.44$ ;

$C=118.0$ ;  $D=130\text{mm}$ ;  $d=85\text{mm}$  de la tabla 2.3 – 3 en los rodamientos de rodillos cónicos

De la tabla 2.3-3  $e=0.44$  por tanto  $X=0.4$  y  $Y=1.35$   $X_1=X_2=X$  y  $Y_1=Y_2=Y$

$$\frac{F_{r1}}{Y_1} = \frac{3.857\text{KN}}{1.35} = 2.857 \quad \frac{F_{r2}}{Y_2} = \frac{1.419\text{KN}}{1.35} = 1.05$$

$$\frac{F_{r1}}{Y_1} \geq \frac{F_{r2}}{Y_2} \text{ y } k_a \geq 0 \text{ segun la tabla N}^\circ 5.3 - 2$$

$$F_{a1} = \frac{0.5 * F_{r1}}{Y_1} = \frac{0.5 * 3.857\text{KN}}{1.35} = 1.43\text{KN}$$

$$F_{a2} = F_{a1} + K_a = 1.43\text{KN} + 1.356\text{KN} = 2.785\text{KN}$$

$$\frac{F_{a1}}{F_{r1}} = \frac{1.43KN}{3.857KN} = 0.37 < e=0.44$$

$X=1.0$  ;  $Y=0.0$  según tabla 2.3 - 3

$$P_1 = X_1 F_{r1} + Y_1 F_{a1} = 1 \cdot 3.857KN + 0.0 \cdot 1.43KN$$

$$P_1 = 3.857KN \dots \dots \dots (I)$$

$$\frac{F_{a2}}{F_{r2}} = \frac{2.785KN}{1.419KN} = 1.963 > e=0.44$$

$X_2=0.4$  ;  $Y_2=1.35$  según tabla 2.3-3

$$P_2 = X_2 F_{r2} + Y_2 F_{a2} = 0.4 \cdot 1.419KN + 1.35 \cdot 2.785KN$$

$$P_2 = 4.327KN \dots \dots \dots (II)$$

$$L_1 = \frac{60 \cdot n \cdot L_{h1}}{10^6} = \frac{60 \cdot 350 \cdot L_{h1}}{10^6} = 0.021 \cdot L_{h1} \dots \dots \dots (III)$$

$$C_1 = P_1 \cdot L_1^{0.3} \rightarrow C_1 = 118KN \text{ segun tabla } N^\circ 5.3 - 1$$

$$118KN = 3.857KN \cdot (0.021 \cdot L_{h1})^{0.3}$$

$$L_{h1} = 4264701 \text{ horas } \gg 365 \cdot 24 \quad OK$$

$$L_2 = \frac{60 \cdot n \cdot L_{h2}}{10^6} = \frac{60 \cdot 350 \cdot L_{h2}}{10^6} = 0.021 \cdot L_{h2} \dots \dots \dots (IV)$$

$$C_2 = P_2 \cdot L_2^{0.3} \rightarrow C_2 = 118KN \text{ segun tabla } N^\circ 5.3 - 1$$

$$118KN = 4.327KN \cdot (0.021 \cdot L_{h1})^{0.3}$$

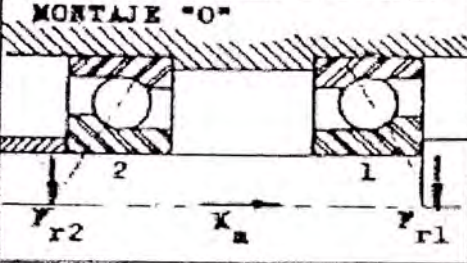
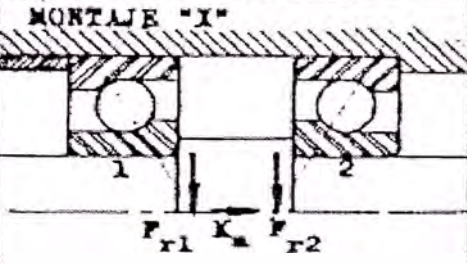
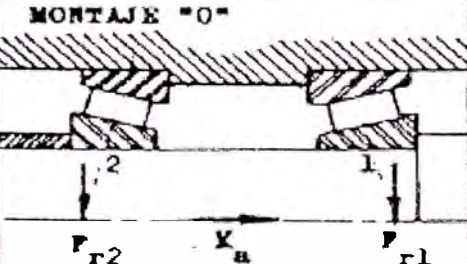
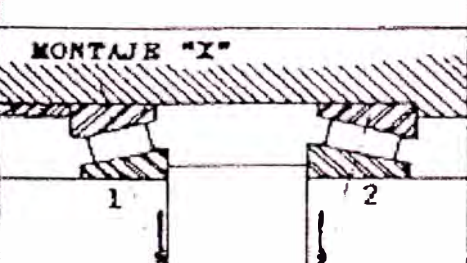
$$L_{h1} = 2906906 \text{ horas } \gg 365 \cdot 24 \quad OK$$

TABLA 5.3 – 1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS RODAMIENTOS DE RODILLOS CONICOS.

RODAM. Nº	d mm	D <sub>1</sub> mm	T mm	d <sub>2</sub> mm	D mm	C mm	r mm	r <sub>1</sub> mm	h mm	D <sub>2</sub> mm	D <sub>3</sub> mm	D <sub>4</sub> mm	e	CAPACIDAD Kg		RPM máx.		
														C	C <sub>0</sub>	Grasa	Aceite	
32934	170	230	38	200	38	50	5.0	1.0	42	185	213	232	0.37	245.0	305.0	1400	1900	
	36	180	250	45	216	45	3.4	1.0	53	195	225	241	0.48	305.0	308.0	1200	1700	
	38	190	260	45	227	45	3.4	1.0	55	204	233	251	0.48	310.0	405.0	1100	1600	
	40	200	280	51	240	51	3.9	1.2	58	216	257	271	0.40	405.0	500.0	1000	1500	
SERIE 329 X																		
33004 X	20	42	15	31.1	15	12	1.0	0.3	10	35	36	39	0.37	29.8	15.6	8500	12000	
	18 X	25	47	15	36.5	15	1.0	0.3	11	30	40	44	0.43	25.2	18.3	8000	11000	
	08 X	30	55	17	48	17	1.5	0.5	13	35	48	52	0.43	30.3	24.5	6700	9000	
	07 X	35	62	18	49.2	18	1.4	0.5	13	40	54	59	0.46	36.1	30.5	6000	8000	
33000 X	40 X	40	68	19	54.2	19	1.5	0.5	15	46	60	65	0.37	45.0	40.5	5700	7000	
	45	75	20	60.4	20	18.5	1.5	0.5	16	51	67	72	0.40	50.0	44.0	4800	6300	
	50	80	20	65.6	20	15.4	1.5	0.5	18	56	72	77	0.45	52.0	48.0	4500	6000	
	11 X	55	98	23	73.2	23	17.5	2.0	0.8	20	63	81	86	0.46	69.5	64.0	4000	5500
33014 X	60 X	60	95	23	77.8	23	17.5	2.0	0.8	21	67	85	91	0.43	71.0	67.0	3800	5000
	11 X	65	100	23	83.3	23	17.5	2.0	0.8	22	72	90	97	0.46	71.0	66.0	3400	4500
	70	110	25	89.8	25	19	2.0	0.8	23	78	98	105	0.43	86.5	83.0	3200	4300	
	15 X	75	115	23	95.1	25	19	2.0	0.8	25	83	103	110	0.45	90.0	88.0	3000	4000
33019 X	16 X	80	125	29	105	29	2.2	2.0	0.8	27	89	110	120	0.43	116.0	116.0	2600	3600
	17 X	85	130	29	108	29	2.2	2.0	0.8	28	94	117	125	0.44	118.0	120.0	2400	3400
	18 X	90	140	32	115	32	2.4	2.5	0.8	30	100	125	134	0.43	143.0	146.0	2200	3200
	20 X	95	145	32	120	32	2.4	2.5	0.8	31	105	130	140	0.44	143.0	145.0	2200	3200
33019 X	20 X	100	150	32	125	32	2.4	2.5	0.8	32	109	134	144	0.46	146.0	150.0	2000	3000
	21 X	105	160	35	133	35	2.6	3.0	1.0	34	116	143	154	0.44	173.0	180.0	1900	2800
	22 X	110	170	38	140	38	2.9	3.0	1.0	36	122	152	163	0.43	200.0	208.0	1800	2600
	24 X	120	180	38	150	38	2.9	3.0	1.0	39	131	161	175	0.46	208.0	224.0	1700	2400



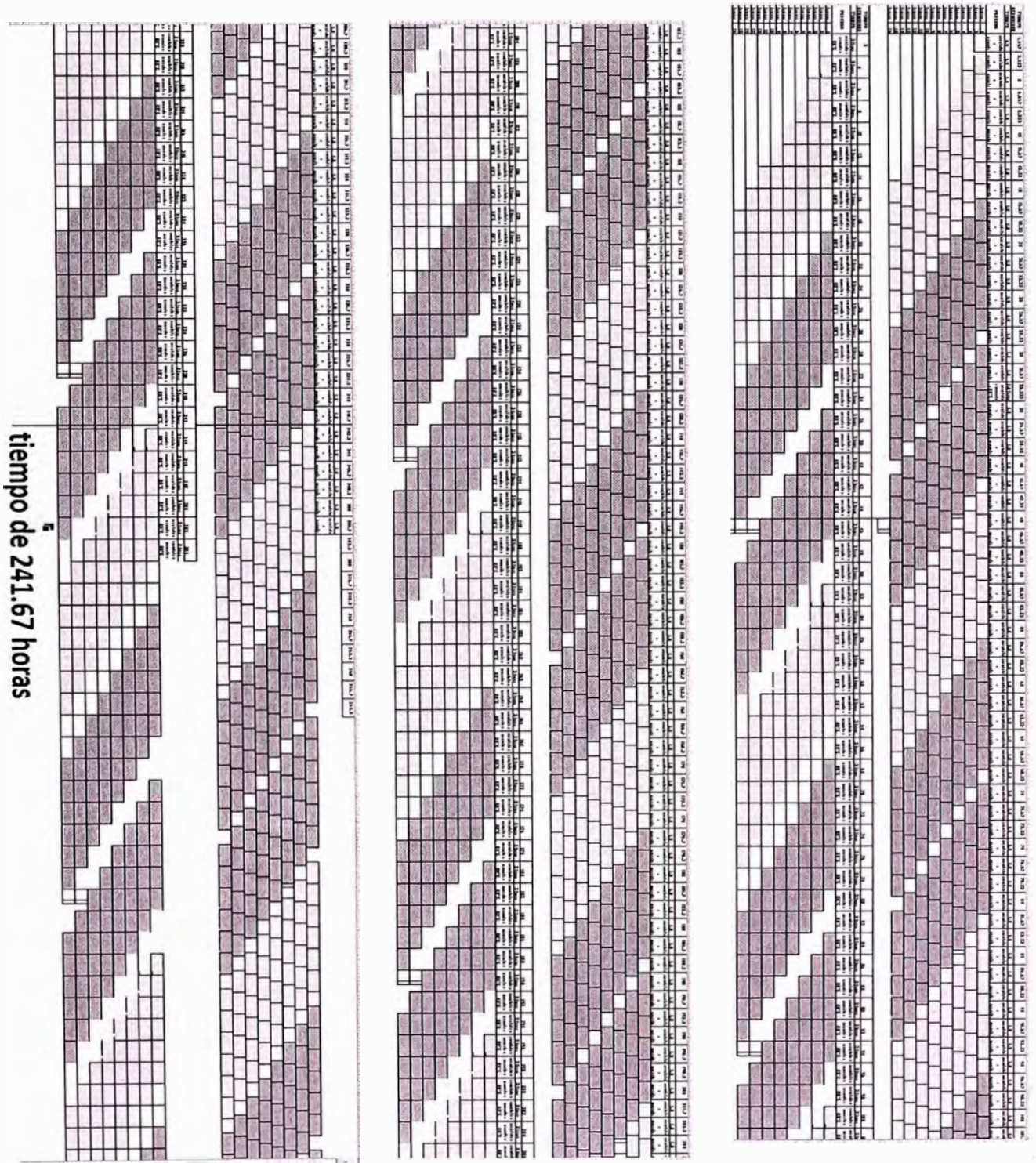
TABLA 5.3 – 2 CARGAS AXIALES SOBRE RODAMIENTOS DE BOLAS DE CONTACTO Y SOBRE RODAMIENTOS DE RODILLOS CONICOS

DISPOSICION DE LOS RODAMIENTOS	CONDICIONES DE CARGA	CARGAS AXIALES
<b>MONTAJE "0"</b> 	$e_1 F_{r1} \geq e_2 F_{r2}$ $K_a \geq 0$	$F_{a1} = e_1 F_{r1}$ $F_{a2} = F_{a1} + K_a$
	$e_1 F_{r1} < e_2 F_{r2}$	$F_{a1} = e_1 F_{r1}$ $F_{a2} = F_{a1} + K_a$
<b>MONTAJE "I"</b> 	$K_a \geq e_2 F_{r2} - e_1 F_{r1}$	$F_{a1} = e_1 F_{r1}$ $F_{a2} = F_{a1} + K_a$
	$e_1 F_{r1} < e_2 F_{r2}$ $K_a < e_2 F_{r2} - e_1 F_{r1}$	$F_{a1} = F_{a2} - K_a$ $F_{a2} = e_2 F_{r2}$
<b>MONTAJE "0"</b> 	$\frac{F_{r1}}{Y_1} \geq \frac{F_{r2}}{Y_2}$ $K_a \geq 0$	$F_{a1} = \frac{0,5 F_{r1}}{Y_1}$ $F_{a2} = F_{a1} + K_a$
	$\frac{F_{r1}}{Y_1} < \frac{F_{r2}}{Y_2}$	$F_{a1} = \frac{0,5 F_{r1}}{Y_1}$
<b>MONTAJE "Y"</b> 	$K_a \geq 0,5 \left( \frac{F_{r2}}{Y_2} - \frac{F_{r1}}{Y_1} \right)$	$F_{a2} = F_{a1} + K_a$
	$\frac{F_{r1}}{Y_1} < \frac{F_{r2}}{Y_2}$ $K_a < 0,5 \left( \frac{F_{r2}}{Y_2} - \frac{F_{r1}}{Y_1} \right)$	$F_{a2} = \frac{0,5 F_{r2}}{Y_2}$ $F_{a1} = F_{a2} - K_a$





Para lograr el cálculo de la producción de la forma precisa observamos los desfases entre los 2 casos y observamos en que tiempo se vuelve a repetir la misma condición inicial entre los 2 casos y lo realiza a las 241.6 horas según el presente grafico



Hasta las 241.67 horas los 16 tanques han procesado, considerando el costo por tonelada procesada 3750 soles

CAPACIDAD INSTALADA	producción por 20 ton condición mejorada	producción por 20 ton condición existente	Ganancia	Ganancia en toneladas	Ganancia en soles
tanque 1 y 2	18.000	15.000	3.000	60.000	225000.000
tanque 3 y 4	17.972	15.000	2.972	59.444	222916.665
tanque 5 y 6	17.833	14.972	2.861	57.223	214585.000
tanque 7 y 8	17.694	14.806	2.889	57.778	216667.080
tanque 9 y 10	17.556	14.639	2.917	58.333	218750.025
tanque 11 y 12	17.417	14.472	2.944	58.889	220833.450
tanque 13 y 14	17.278	14.306	2.972	59.445	222917.025
tanque 15 y 16	17.389	14.139	3.250	65.000	243749.400
TOTALS				476.112	1785418.645

Esta producción es en 241.67 horas \*  $\frac{1 \text{ Dia}}{24 \text{ Horas}} = 10$  días al mes la ganancia será 1785418.645

$$1785418.645 \text{ soles} \times 3 = 5356255.935 \text{ soles por mes}$$

Sumando la producción de la condición existente nos da como resultado 117.334 y multiplicando por 20 toneladas y por 3 ya que es solo 10 días. El resultado será mensual de 7040.04 toneladas al mes el porcentaje de incremento de la producción será

$$\text{Incremento de la producción} = \frac{476.112 \times 3}{7040.04} \times 100\% = 20.3\%$$

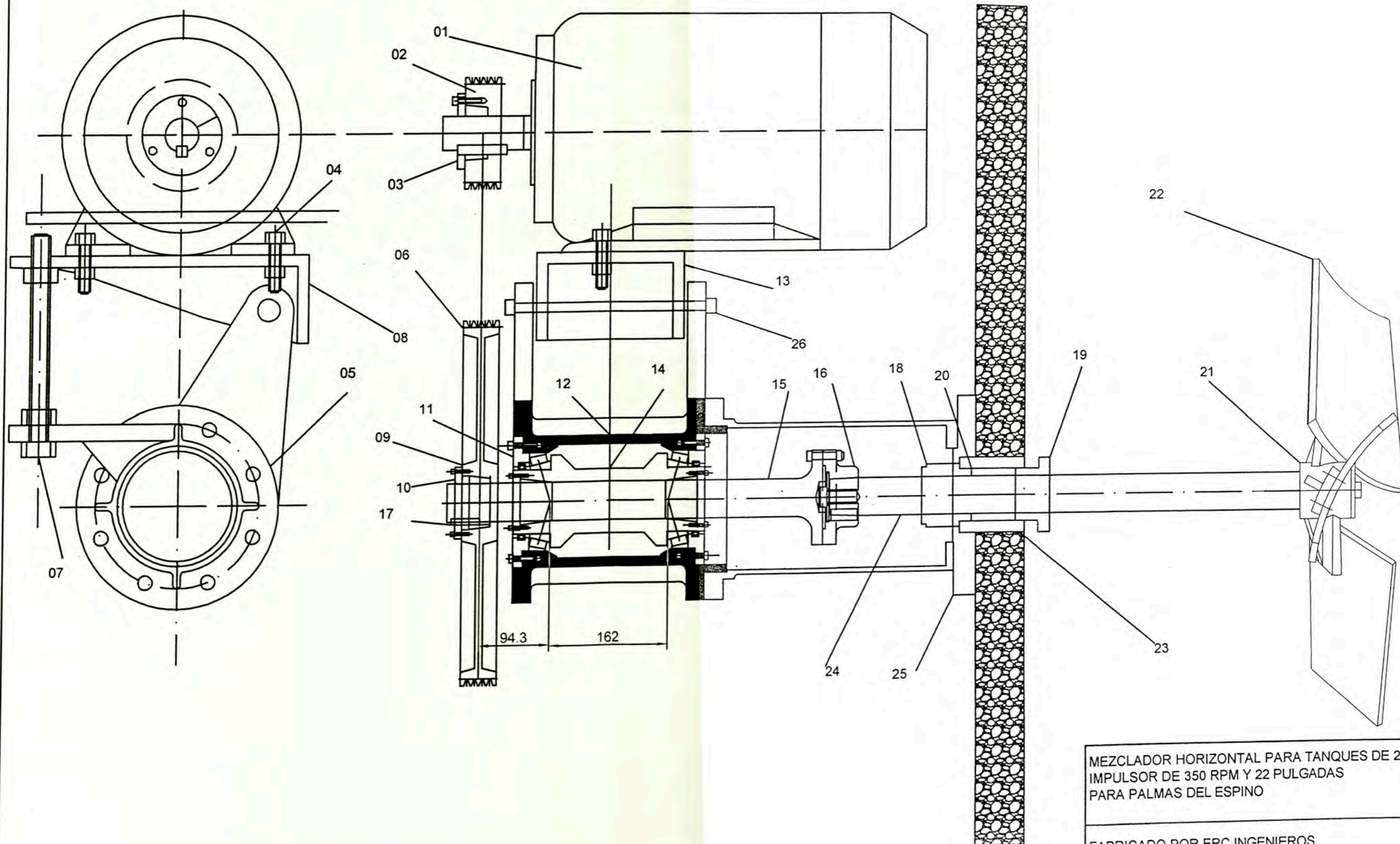
**Al año sin considerar la veda en la pesca**

$$5356255.935 * 12 = 64275071.22 \text{ soles de ganancia}$$

**En dólares 22395495.2**

**Con esta nueva instalación la ganancia por día ha aumentado en 178541.86**





MEZCLADOR HORIZONTAL PARA TANQUES DE 20 T  
 IMPULSOR DE 350 RPM Y 22 PULGADAS  
 PARA PALMAS DEL ESPINO

FABRICADO POR ERC INGENIEROS  
 DIBUJANTE : EDGARDO ROJAS LI  
 LA LEYENDA EN LA SIGUIENTE PAGINA

## 6.2 Costo del Equipo:

### 6.21 MATERIALES

costo de materiales EN SOLES

Componentes del mezclador	precio unitario	X unidad	cantidad	TOTAL
modelo estructuras de alojamiento y soporte	450	pieza	1	450
modelo de estructura de conexión al tanque	350	pieza	1	350
modelo de polea de 19"	250	pieza	1	250
modelo de polea de 5.8"	90	pieza	1	90
fierro fundido nodular	7.5	kg	90	675
dispositivo para rodamientos cónicos	250	pieza	1	250
rodamientos de rodillos cónicos 32017X	2450	pieza	2	4900
plancha de 1" para bridas	322	pieza	1	322
plancha de 3/8" de acero inoxidable	360	pieza	1	360
acero para eje de 4" de $\phi$ y 1m de longitud	750	pieza	1	750
acero para eje de 2" y 0.8m de longitud	289.38497	pieza	1	289.38497
peso total de fundido para fierro nodular	7.5	kg	90	675
poleas 3v especiales	150	pieza	4	600
pernos de 9/32	0.6	pieza	16	9.6
pernos de 3/8	0.7	pieza	6	4.2
pernos de 3/4	1	pieza	16	16
pernos de 3/4 inoxidables	12	pieza	2	24
pernos de 1/4 cabeza hexagonal halen	0.5	pieza	16	8
sello mecánico tipo 2c - code G1	1071	pieza	1	1071
eje de 4"x 0.2m de acero inoxidable	320.5	pieza	1	320.5
reten de 240mmm de diámetro	580	pieza	2	1160
reten de 3 1/4"	230	pieza	1	230
oring de 2"	34	pieza	3	102
oring de 3 1/2"	65	pieza	1	65
motor trifásico de 12 Hp y 1155 RPM	8618	pieza	1	8618
			Total	21589.685

Costo de la fabricación es de 15000 soles (incluye la instalación y puesta en marcha) más el material será  $21589.685 + 15000 = 36589.685$  soles

Como son 4 mezcladores el costo será

$$36589.685 \times 4 = 146358.74 \text{ soles}$$

### 6.3.-Costo operativo de los mezcladores en un año potencia del motor de 12 hp

$$12 \times 0.746 \text{kw} \times 360 \text{ día/año} \times 24 \text{ horas/día} \times 0.35 \text{ soles / kWh} = 27070.848$$

$$27070.848 \times 4 \text{ mezcladores} = 108283.392 \text{ soles por energía}$$

### 6.4 .-Costo de mantenimiento

#### COSTO DE PRODUCCION DE ACEITE SI LA PLANTA PRODUCE 7040 TONELADAS

AL MES Y CADA TONELADA CUESTA 1250 SOLES; EL COSTO POR HORA

$$\text{COSTO HORA} = \frac{7040 \times 3750}{30 \times 24} = 36666.7 \text{ SOLES /Hora}$$

TAREA	1 primer trimestre	2 do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	AL AÑO
CAMBIO DE FAJAS	600	600	600	600	2400
CAMBIO DE RODAMIENTOS				4900	4900
CAMBIO DE RETENES				1390	1390
CAMBIO DE ACEITE				50	50
CAMBIO DE SELLO MECANICO				1071	1071
MANO DE OBRA ELECTRICISTA				100	100
MANO DE OBRA MECANICO	360	360	360	2000	3080
HORAS DE INTERBENCION	0.5	0.5	0.5	4	5.5
COSTO DE HORAS DE PRODUCCION	18333.35	18333.35	18333.35	146666.8	201666.85
COSTO TOTAL	19293.85	19293.85	19293.85	156781.8	214663.35



Costo total de mantenimiento 214663.35 soles al año

#### 6.5 Costo total de los 4 equipos instalación operatividad y mantenimiento al año

RUBRO	TOTALES
COSTO DEL EQUIPO INCLUYE INSTALACION	146358.74
COSTO OPERATIVO DEL EQUIPO AL AÑO	108283.392
COSTO DE MANTENIMIENTO AL AÑO	214663.35
TOTAL	469305.482

#### 6.6 TIEMPO DE RECUPERACION DE LA INVERCION

La ganancia por día al instalar el mezclador será de 178541.86 el tiempo de recuperación será

$$469305.482/178541.86 = 2.6285$$

El costo se recupera en 2 días y 15 horas

#### 6.7 Costo del mantenimiento del equipo existente

TAREA	1 primer trimestre	2do trimestre	3er trimestre	4to trimestre	AL AÑO
CAMBIO DE RODAMIENTOS	3000	3000	3000	3000	12000
CAMBIO DE RETENES		800		800	1600
CAMBIO DE ACEITE		50		50	100
CAMBIO DE SELLO MECANICO	1071	1071	1071	1071	4284
MANO DE OBRA ELECTRICISTA				100	100
MANO DE OBRA MECANICO	360	360	360	2000	3080
HORAS DE INTERBENCION	4	5	4	5	18
COSTO DE HORAS DE PRODUCCION	146666.8	183333.5	146666.8	183333.5	660000.6
COSTO TOTAL	151101.8	188619.5	151101.8	190359.5	681182.6

#### 6.8 La ganancia por mantenimiento comparable con el equipo existente al año será



681182.6 – 214663.35 = 466519.25 soles adicionales sobre el equipo actual

Comparando con la producción será en %

$$\% \text{ DE GANANCIA POR MANTENIMIENTO} = \frac{466519.25 \text{ SOLES/AÑO}}{7040.04 \frac{\text{TONE}}{\text{MES}} * 12 \frac{\text{MES}}{\text{AÑO}} * 3750 \frac{\text{SOLES}}{\text{TONE}}} \times 100\%$$

**% DE GANANCIA POR MANTENIMIENTO = 0.15%**

## Conclusiones

|- Con respecto a la producción

- 1.1 Se concluye que para un tanque de 20 toneladas se pueden mejorar las condiciones de mezclado al aumentar la potencia de los mezcladores existentes de 7.5 hp y un impulsor de 18" de diámetro y 323 RPM, reduciendo el tiempo de mezcla en 20 minutos al colocar un mezclador más potente de 12hp y un impulsor de 22" de diámetro y de 364.22 RPM
- 1.2 Además por la instalación existente en la planta, se mejora considerablemente las condiciones de producción de los 16 cristalizadores de 10 toneladas c/d uno . Al reducir los tiempos muertos de los cristalizadores de 4horas a 1 hora 40 minutos dando una producción adicional al mes del 20.3% mas

2.- Con respecto al mantenimiento

De acuerdo al nuevo diseño de mezclador podemos reducir los tiempos de intervención por mantenimiento preventivo por que es mas fácil cambiar fajas que realizar el

mantenimiento de un reductor cada trimestre, resultado que se traduce en la ganancia en los tiempos de producción esto se traduce en una pequeña ganancia del 0.15%.

#### • OBSERVACIONES

- 1.- Se pudo mejorar más las condiciones incrementando las RPM del mezclador ya que el diseño del impulsor era para un motor de 10 hp aplicando la cifra específica de potencia para determinar que velocidad sería la recomendable para aprovechar la potencia adicional del motor

- Cifra de potencia para fluidos incompresibles

- 

- $\frac{P_1}{N_1^3 D_1^5} = \frac{P_2}{N_2^3 D_2^5} = cte$  conservamos el diámetro de 22 pulg

despejamos  $N_2$

- 

- $$N_2 = \sqrt[3]{\frac{P_2 \cdot N_1^3}{P_1}} = N_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_2}{P_1}} = 350 \cdot \sqrt[3]{\frac{12hp}{10hp}} = 372 \text{ RPM aproximadamente}$$

- 

- Para nuestro caso el hecho es bastante cercano porque se incrementó la

- velocidad en 364.22 RPM.

- 2.- También se pudo usar un impulsor más eficiente mejorando las condiciones de energía de consumo o incrementando la potencia del impulsor (Anexo III)

## **Bibliografía**

- 1. Diseño de elementos de maquinas II**  
**Autor : Msc. Ing. Fortunato Alva Davila**
- 2. Turbomaquinas I (problemas resueltos)**  
**Autor : M. Salvador G.**
- 3. Turbomaquinas hidráulicas**  
**Autor: Manuel Polo Encinas**
- 4. Anotaciones, apuntes y separatas**  
**Curso de actualización tecnológica**
- 5. Diseño de elementos de maquinas**  
**Autor: Robert L. Moott**

## ANEXO I

### LEYENDA DEL PLANO DEL MEZCLADOR HORIZONTAL

01 MOTOR TRIFÁSICO DE 12HP Y 6 POLOS

02 POLEA MOTRIZ DE N=1150 RPM DE 5.8 PULG DE DIÁMETRO DE FIERRO NODULAR

03 BOCINA DE AJUSTE DE LA POLEA DEL MOTOR ACERO A1045

04 PERNO DE 5/8 PARA ANCLAJE DEL MOTOR ELÉCTRICO

05 SOPORTE DEL EJE DE TRANSMISIÓN DE FIERRO NODULAR

06 POLEA DE 19 PULG DE DIÁMETRO PARA MOVER EL EJE PRINCIPAL N=350 RPM,

PARA ALOJAMIENTO DE 4 POLEAS ESPECIALES 3V800

08 PLATAFORMA DE SOPORTE DEL MOTOR ELÉCTRICO DE FIERRO NODULAR

09 PERNOS 5/32 PARA EMPERNAR LA BOCINA DE AJUSTE

10 BOCINA DE AJUSTE DE LA POLEA DE 19 PULG DE MATERIAL DE ACERO A1045

11 TAPA DEL ALOJAMIENTO DE LOS RODAMIENTOS ACERO NODULAR

12 SOPORTE Y ALOJAMIENTO DE LOS RODAMIENTOS Y EJE, DE ACERO NODULAR

**13 PLATAFORMA DE SOPORTE DEL MOTOR ELÉCTRICO DE FIERRO NODULAR**

**14 DISPOSITIVO PARA AUMENTAR EL DIÁMETRO DEL EJE PRINCIPAL MEDIANTE**

**BOCINAS DE AJUSTE, EL DISPOSITIVO QUEDA FIJO EN EL EJE. EL MATERIAL DEL  
DISPOSITIVO ES DE FIERRO NODULAR**

**15 EJE DE 2 PULG DE DIÁMETRO FABRICADO DE ACERO A1045**

**16 DISPOSITIVO DE ACOPLAMIENTO DE ACERO A1045**

**17 CHAVETA DEL EJE Y LA BOCINA DE AJUSTE DE LA POLEA DE 19 PULG**

**18 SELLO MECÁNICO 2C – CODE G1**

**19 TAPA DEL SELLO DEL COLLAR**

**20 COLLAR GUIA**

**21 CUBO DEL IMPULSOR DE ACERO INOXIDABLE.**

**22 ALETA DEL IMPULSOR DE PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE DE 3/8 DE ESPESOR**

**23 ALOJAMIENTO DEL COLLAR GUÍA**

**24 EJE DE 2 PULGADAS DE ACERO INOXIDABLE**

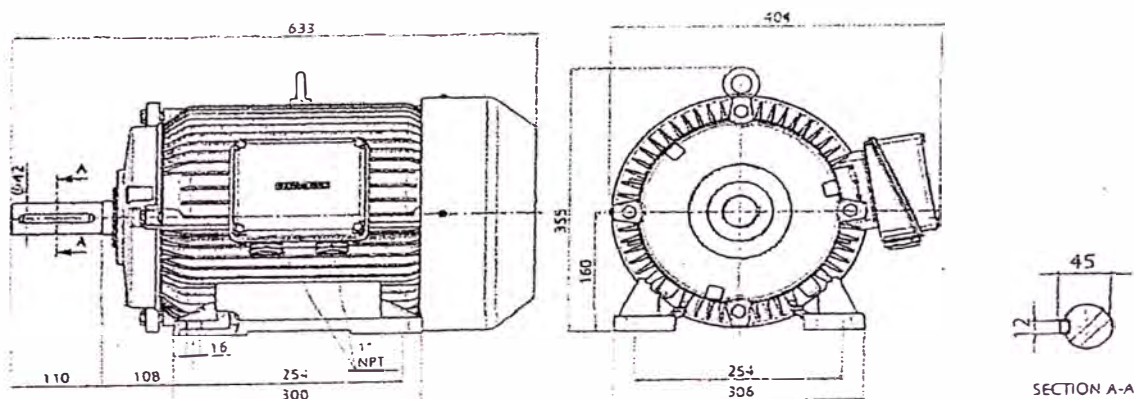
**25 BRIDA DE SOPORTE ENTRE EL TANQUE Y EL MEZCLADOR DE FIERRO NODULAR**

## ANEXO 2

TABLA EFICIENCIA Y FACTOR DE POTENCIA EN FUNCION DE LOS MOTORES TRIFASICOS DE POTENCIA LA DISTANCIA (h) NOS DA EL TAMAÑO DEL MOTOR

h (m)	2 POLOS 60 Hz			4 POLOS 50 Hz			6 POLOS 60 Hz			8 POLOS 60 Hz		
	HP	η%	F.P.	HP	η%	F.P.	HP	η%	F.P.	HP	η%	F.P.
71	0.8	70	0.89	0.4	65.5	0.70	0.24	45.8	0.74	10.12	41	0.52
71	0.9	74	0.89	0.6	71	0.72	0.3	54.2	0.67	10.15	41	0.59
80	1.2	75	0.82	0.9	73	0.73	0.8	68.0	0.63	10.30	62	0.60
80	1.0	76	0.82	1.2	75	0.75	0.9	72.0	0.70	10.42	61	0.62
90	2.4	73	0.84	1.8	77	0.78	1.2	75.0	0.71	10.72	67	0.65
90	3.6	82	0.85	2.4	79	0.78	1.8	75.0	0.72	10.90	70.8	0.81
120	4.8	82	0.85	3.9	80	0.80	2.4	78.0	0.72	11.2	70	0.65
112	6.0	82	0.85	4.8	81	0.81	3.5	81.0	0.71	12.4	75	0.63
132	9.0	84	0.85	6.6	83	0.82	4.8	82.5	0.76	13.0	79	0.58
132	12	84	0.85	9.0	84	0.83	6.6	83.0	0.77	14.8	80	0.59
132	15	84.5	0.85	12	85	0.84	9.0	83.0	0.78			
160	18	85	0.85	18	87	0.84	12	85.0	0.80	16.8	81	0.60
160	24	88	0.90	24	88.5	0.85	18	87.0	0.80	19.0	82	0.72
180	30	87.5	0.91	30	89	0.85				12	84	0.70
180	36	88	0.91	35	89	0.85	24	89.0	0.82	18	86	0.73
200	48	88	0.91	48	90	0.85	30	89.5	0.82	24	83	0.75
200	60	88	0.91	60	90.5	0.85	36	90.0	0.82	30	89	0.75
225	70	88	0.91	70	91	0.85	48	90.5	0.82	36	89.5	0.75
250	90	89	0.91	90	91.5	0.85	60	91.0	0.82	48	90.5	0.75
280	125	90	0.91	125	92	0.86	70	91.5	0.82	60	91	0.77
280	150	91	0.91	150	92	0.86	90	91.5	0.82	70	91	0.78
315	180	92	0.91	180	92.5	0.86	125	92.0	0.82	90	91	0.81
315	220	92.5	0.91	220	93	0.86	150	92.0	0.83	125	91	0.82
315	280	93	0.91	260	93.5	0.86	180	92.5	0.83	150	91.5	0.82
315	310	93.5	0.91	310	94	0.85	220	93.0	0.84	180	92	0.82

### Dimensiones 1LA3 tamaño constructivo 160 (mm)



ANEXO III

Si hubiéramos usado un perfil eficiente

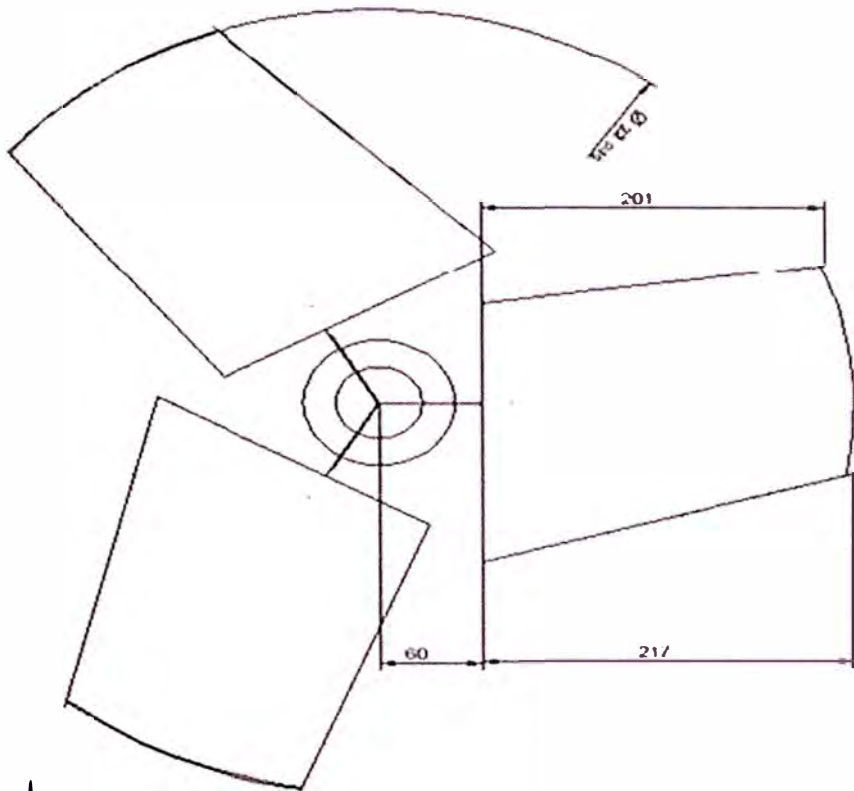


FIG I  
Perfil  
Eficiente

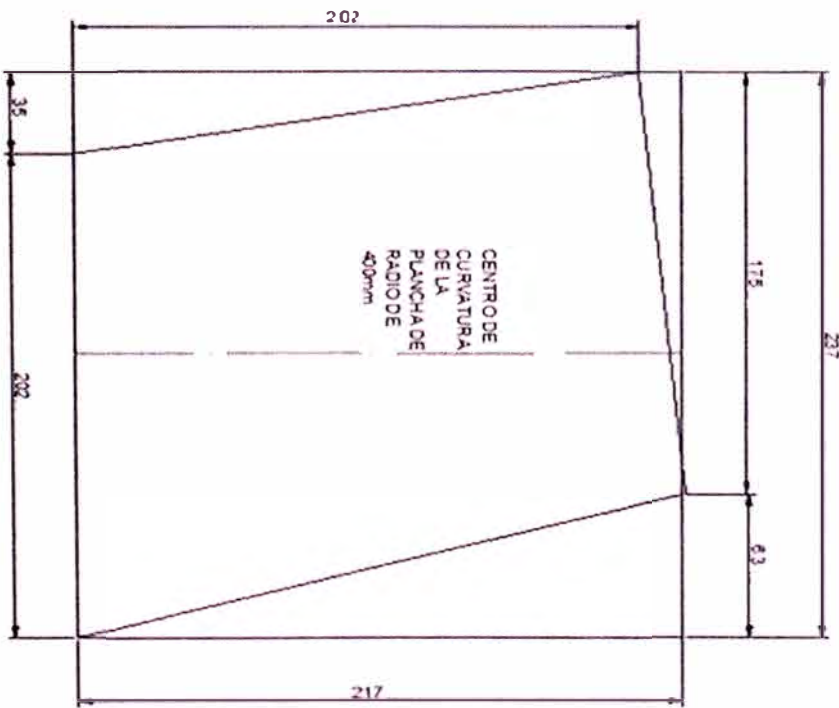


FIG II  
PLANCHA  
ANTES DE  
DOBLAR Y  
CORTAR

CALCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL IMPULSOR EFICIENTE

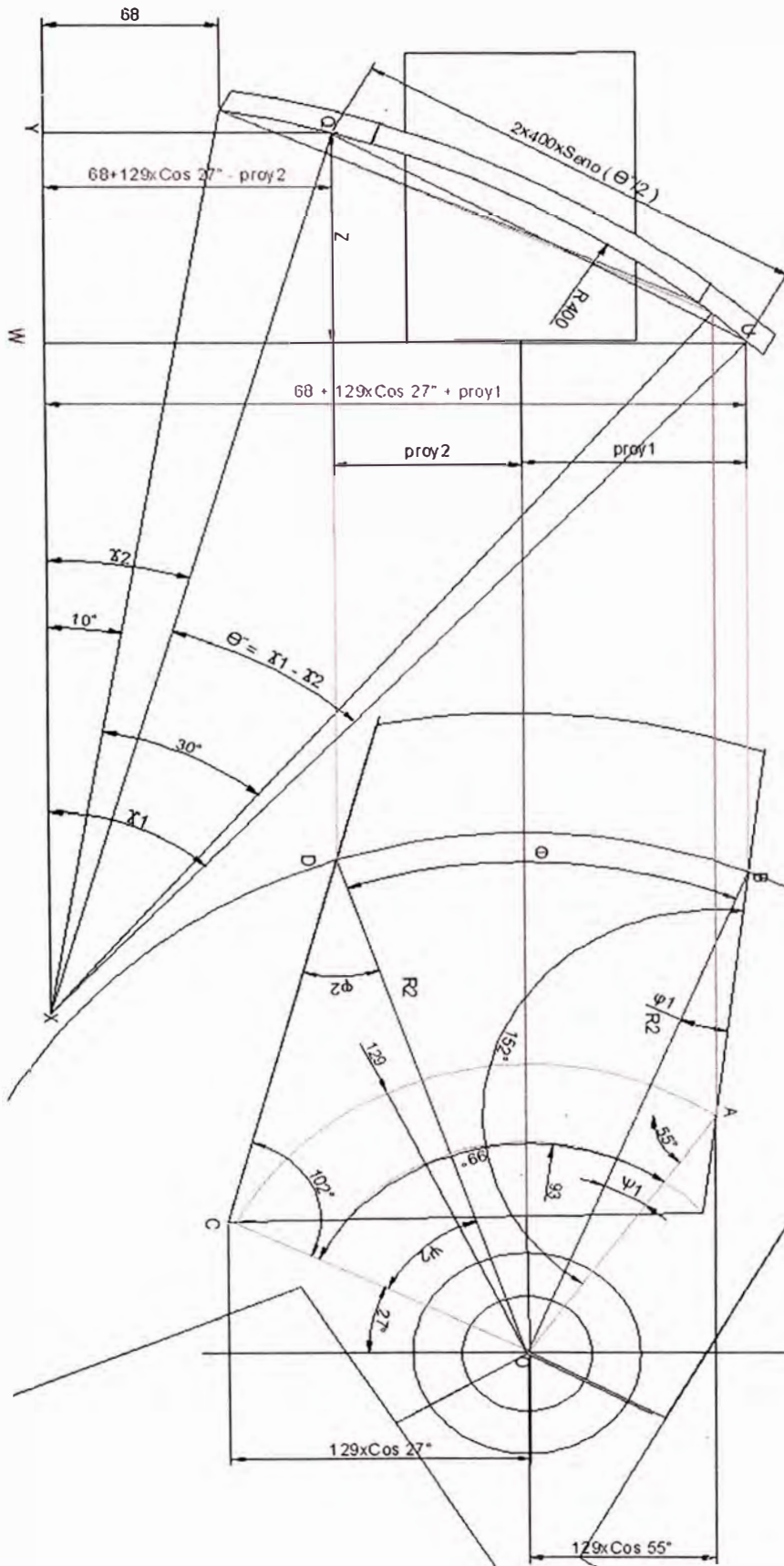


FIG III  
VISTA LATERAL  
DE UN  
ALABE EFICIENTE

FIG IV  
VISTA FRONTAL  
DE UN  
ALABE EFICIENTE



## CALCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL IMPULSOR EFICIENTE

### FORMULAS PARA LA CONSTRUCCION DE LA TABLA DE LAS VELOCIDADES A LO LARGO DEL RADIO

- DEL TRIANGULO AOB
- $\Psi_1 + \varphi_1 + 152 = 180^\circ$
- $\Psi_1 = 28 - \varphi_1 \dots \dots \dots I$
- LEY DE SENOS AOB
- $\frac{R_2}{\text{SENO}152^\circ} = \frac{129}{\text{SENO}\varphi_1}$
- $\text{Sen}\varphi_1 = \frac{129}{R_2} \text{Sen}152^\circ \dots \dots \dots II$
- II en I
- $\Psi_1 = 28 - \text{Aseno} \left( \frac{129}{R_2} \text{Sen}152^\circ \right) \dots \dots \dots III$
- $\Psi_2 + \varphi_2 + 102 = 180^\circ$
- $\Psi_2 = 78 - \varphi_2 \dots \dots \dots IV$
- LEY DE SENOS TRIANGULO COD
- $\frac{R_2}{\text{SENO}102^\circ} = \frac{129}{\text{SENO}\varphi_2}$
- $\text{Sen}\varphi_2 = \frac{129}{R_2} \text{Sen}102^\circ \dots \dots \dots V$
- $\Psi_2 = 78 - \text{Aseno} \left( \frac{129}{R_2} \text{Sen}102^\circ \right) \dots \dots \dots VI$
- DEL ARCO BOD VISTA FRONTAL
- $\theta = 99^\circ - \psi_1 - \psi_2 \dots \dots \dots VII$
- DE LA VISTA LATERAL
- $\theta'' = \alpha_1 - \alpha_2 \dots \dots \dots VIII$
- *Ley de senos en el triangulo XWU*

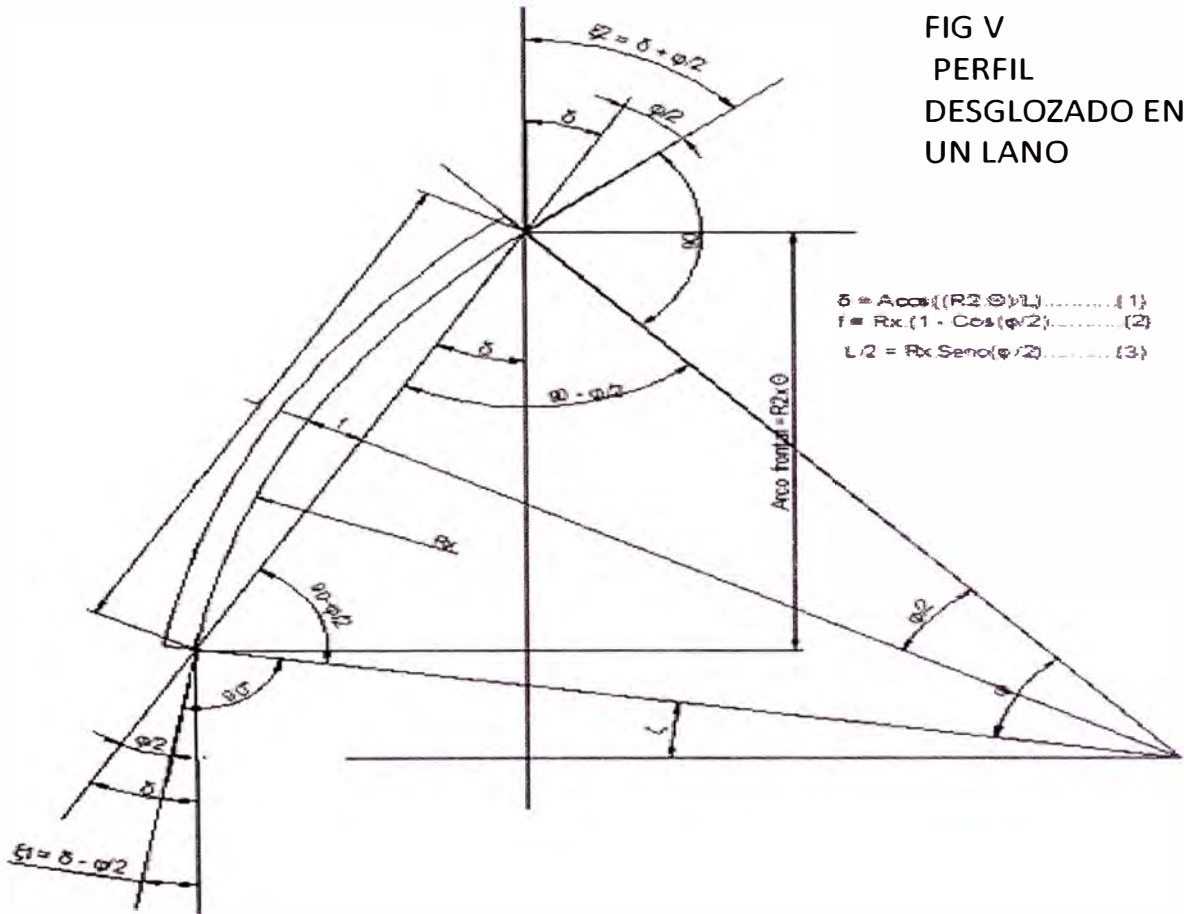
- $\frac{400}{\text{SENO } 90^\circ} = \frac{68 + 129 \times \text{COS } 27^\circ + \text{proy1}}{\text{SENO } \Delta 1}$
- $\text{SENO } \Delta 1 = \frac{182 + \text{proy1}}{400} \dots \dots \dots \text{IX}$
- $\text{proy1} = 129 \times \text{Cos } (27^\circ + \Psi 1) \dots \dots \dots \text{X}$
- X en IX
- $\text{SENO } \Delta 1 = \frac{182 + 129 \times \text{COS}(27^\circ + \Psi 1)}{400} \dots \dots \text{XI}$
- *Ley de senos en el triangulo XYQ*
- $\frac{400}{\text{SENO } 90^\circ} = \frac{68 + 129 \times \text{COS } 27^\circ - \text{proy2}}{\text{SENO } \Delta 2} \dots \dots \dots \text{XII}$
- $\text{SENO } \Delta 2 = \frac{182 - \text{proy2}}{400} \dots \dots \dots \text{XIII}$
- $\text{proy2} = 129 \times \text{Cos } (55^\circ + \Psi 2) \dots \dots \dots \text{XIV}$
- XIV en XIII
- $\text{SENO } \Delta 2 = \frac{182 - 129 \times \text{COS}(55^\circ + \Psi 2)}{400} \dots \dots \dots \text{XV}$
- Vista lateral
- La cuerda =  $2 \times 400 \times \text{Seno}\left(\frac{\theta}{2}\right) \dots \dots \dots \text{XVI}$ .
- $Z = \sqrt{(\text{la cuerda})^2 - (\text{proy1} + \text{proy2})^2} \dots \dots \dots \text{XVII}$
- $L = \sqrt{(Z)^2 - (R2 \times \theta)^2} \dots \dots \dots \text{XVIII}$
- $F = 400 - 400 \times \text{Cos}\left(\frac{\theta}{2}\right) = 400 \times (1 - \text{Cos}\left(\frac{\theta}{2}\right)) \dots \dots \text{XIX}$

R2		$\Psi_1$	$\Psi_2$	$\Theta$	proy1	proy2	proy1 + proy2	x1	x2	$\Theta'$	cuerda	F	z	L
(mm)	pulg													
129	5.06	0.000	0.000	99.000	74	115	188	39.934	9.848	30.086	208	14	87	239
134	5.26	1.134	7.688	90.178	74	110	184	40.062	10.537	29.526	204	13	87	228
139	5.46	2.177	12.828	83.996	75	106	182	40.190	11.034	29.155	201	13	87	221
144	5.65	3.138	16.840	79.022	76	104	179	40.316	11.453	28.864	199	13	87	216
149	5.85	4.028	20.167	74.805	76	101	177	40.442	11.825	28.617	198	12	87	213
154	6.05	4.855	23.021	71.124	77	99	176	40.567	12.168	28.399	196	12	87	210
159	6.24	5.625	25.521	67.854	78	97	174	40.692	12.488	28.204	195	12	87	207
164	6.44	6.344	27.746	64.910	78	94	173	40.816	12.793	28.024	194	12	87	205
169	6.64	7.017	29.748	62.235	79	92	172	40.940	13.084	27.856	193	12	87	203
174	6.83	7.649	31.565	59.787	80	91	170	41.064	13.365	27.699	191	12	88	201
179	7.03	8.242	33.226	57.531	80	89	169	41.187	13.637	27.550	190	12	88	200
184	7.23	8.802	34.754	55.444	81	87	168	41.310	13.903	27.408	190	11	88	198
189	7.43	9.330	36.167	53.503	82	85	167	41.433	14.162	27.271	189	11	88	197
194	7.62	9.829	37.478	51.693	82	83	166	41.556	14.416	27.140	188	11	88	196
199	7.82	10.302	38.700	49.998	83	82	165	41.679	14.666	27.013	187	11	88	194
204	8.02	10.751	39.842	48.407	84	80	164	41.801	14.912	26.890	186	11	88	193
209	8.21	11.176	40.914	46.910	84	78	163	41.924	15.154	26.770	185	11	88	192
214	8.41	11.582	41.921	45.498	85	77	162	42.047	15.393	26.653	184	11	89	191
219	8.61	11.967	42.870	44.163	86	75	161	42.169	15.630	26.539	184	11	89	190
224	8.80	12.335	43.767	42.898	86	74	160	42.292	15.864	26.428	183	11	89	190
229	9.00	12.686	44.615	41.699	87	72	159	42.414	16.096	26.318	182	11	89	189
234	9.20	13.022	45.420	40.559	87	71	158	42.537	16.326	26.211	181	10	89	188
239	9.39	13.343	46.184	39.474	88	69	157	42.659	16.555	26.105	181	10	89	187
244	9.59	13.650	46.910	38.439	89	68	156	42.782	16.781	26.001	180	10	89	186
249	9.79	13.945	47.603	37.452	89	66	155	42.905	17.007	25.898	179	10	90	186
254	9.98	14.227	48.263	36.509	90	65	154	43.028	17.231	25.797	179	10	90	185
259	10.18	14.499	48.894	35.607	91	63	154	43.151	17.454	25.697	178	10	90	184
264	10.38	14.760	49.497	34.743	91	62	153	43.274	17.676	25.598	177	10	90	183
269	10.57	15.010	50.075	33.915	92	60	152	43.397	17.897	25.500	177	10	90	183
274	10.77	15.252	50.629	33.120	92	59	151	43.520	18.117	25.404	176	10	90	182
279	10.97	15.484	51.160	32.356	93	57	150	43.644	18.336	25.308	175	10	90	181
284	11.17	15.709	51.670	31.622	94	56	149	43.768	18.554	25.213	175	10	90	181

TABLA N°1 CALCULADA CON LAS FORMULAS DE C/D VARIABLE Y DE 5MM EN 5MM A LO LARGO DEL ALABE

HASTA ESTOS RESULTADOS SE AN CALCULADO DE 5mm EN 5mm EN LA TABLA N°1

DESGLOZANDO LOS PERFILES CON LOS VALORES "L" Y "F" YA ENCOTRADOS SE PUEDE DETERMINAR LOS NUEVOS PERFILES CON UN RADIO RX EN EL PLANO



- :  $\delta = A \cdot \cos(R_2 \cdot \theta / L) \dots \dots \dots (XX)$

- $R_x \cdot (1 - \cos \frac{\varphi}{2}) = f \dots \dots (XXI)$

$$R_x \cdot \text{SENO} \frac{\varphi}{2} = \frac{L}{2} \dots \dots \dots (XXII)$$

- (XXII) en (XXI)

- $1 - \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{2f}{L} \text{SENO} \frac{\varphi}{2}$

- Elevando al cuadrado y ordenando la ecuación:

- $\left(1 + 4 \frac{f^2}{L^2}\right) \cos^2 \frac{\varphi}{2} - 2 \cos \frac{\varphi}{2} - 4 \frac{f^2}{L^2} = 0$

- Resolviendo la ecuación cuadrática

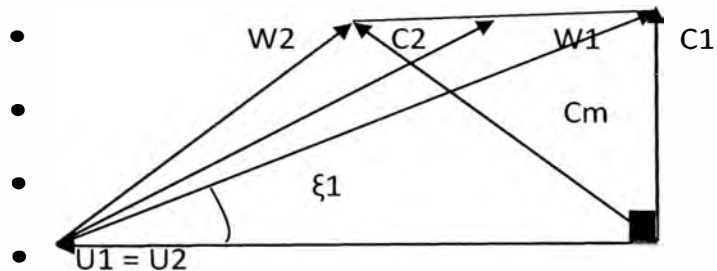
- $\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$  .....XXIII
- Los Radios  $R_x$  para cada circulo de evaluación del fluido
- $R_x = \frac{f}{1 - \cos \frac{\varphi}{2}}$  .....XXIV
- El ángulo de entrada al alabe  $\xi_1 = \delta - \frac{\varphi}{2}$  .....XXV
- El ángulo de salida del alabe  $\xi_2 = \delta + \frac{\varphi}{2}$  .....XXVI

TABLA N° II RESULTADOS DE LOS CALCULOS PARA LA VELOCIDAD MEDIA

R2		$\delta$	$\cos(\varphi/2)$	$\varphi/2$	Rx	$\xi_1$	$\xi_2$	U	Cm
(mm)	pulg								
129	5.06	21.4694	0.9740	13.0993	527	8.3701	34.5687	4.9049	0.7217
134	5.26	22.5046	0.9734	13.2369	497	9.2678	35.7415	5.0956	0.8315
139	5.46	23.1891	0.9732	13.2912	481	9.8978	36.4803	5.2863	0.9224
144	5.65	23.7249	0.9731	13.3113	470	10.4136	37.0362	5.4771	1.0066
149	5.85	24.1740	0.9731	13.3120	462	10.8620	37.4860	5.6678	1.0875
154	6.05	24.5653	0.9732	13.3002	456	11.2651	37.8655	5.8585	1.1669
159	6.24	24.9151	0.9733	13.2798	451	11.6353	38.1949	6.0492	1.2456
164	6.44	25.2335	0.9734	13.2532	447	11.9803	38.4867	6.2399	1.3241
169	6.64	25.5273	0.9735	13.2220	444	12.3054	38.7493	6.4306	1.4027
174	6.83	25.8015	0.9736	13.1872	441	12.6143	38.9887	6.6213	1.4818
179	7.03	26.0595	0.9738	13.1496	439	12.9099	39.2091	6.8120	1.5614
184	7.23	26.3042	0.9739	13.1099	437	13.1942	39.4141	7.0027	1.6417
189	7.43	26.5375	0.9741	13.0685	435	13.4690	39.6060	7.1934	1.7229
194	7.62	26.7612	0.9743	13.0257	434	13.7355	39.7869	7.3841	1.8049
199	7.82	26.9766	0.9744	12.9819	433	13.9947	39.9585	7.5748	1.8879
204	8.02	27.1849	0.9746	12.9371	432	14.2477	40.1220	7.7655	1.9719
209	8.21	27.3869	0.9748	12.8917	431	14.4951	40.2786	7.9562	2.0569
214	8.41	27.5833	0.9750	12.8457	430	14.7376	40.4291	8.1469	2.1430
219	8.61	27.7750	0.9752	12.7993	430	14.9756	40.5743	8.3376	2.2303
224	8.80	27.9623	0.9753	12.7526	429	15.2097	40.7148	8.5283	2.3186
229	9.00	28.1457	0.9755	12.7055	429	15.4402	40.8512	8.7190	2.4082
234	9.20	28.3257	0.9757	12.6583	429	15.6674	40.9840	8.9097	2.4989
239	9.39	28.5026	0.9759	12.6109	428	15.8917	41.1135	9.1004	2.5909
244	9.59	28.6767	0.9761	12.5634	428	16.1133	41.2401	9.2912	2.6841
249	9.79	28.8482	0.9762	12.5158	428	16.3324	41.3641	9.4819	2.7785
254	9.98	29.0175	0.9764	12.4682	428	16.5492	41.4857	9.6726	2.8742
259	10.18	29.1846	0.9766	12.4206	428	16.7640	41.6052	9.8633	2.9711
264	10.38	29.3499	0.9768	12.3730	428	16.9769	41.7229	10.0540	3.0694
269	10.57	29.5134	0.9770	12.3254	428	17.1880	41.8388	10.2447	3.1689
274	10.77	29.6753	0.9771	12.2778	428	17.3974	41.9531	10.4354	3.2697
279	10.97	29.8357	0.9773	12.2303	428	17.6054	42.0661	10.6261	3.3719
284	11.17	29.9948	0.9775	12.1829	428	17.8119	42.1777	10.8168	3.4754

- DEL TRIANGULO DE VELOCIDADES (FIG VI)

- 



- 

- $U = R_2 \cdot 364.22 \cdot \frac{2\pi}{60} \text{ m/s} \dots\dots\dots (\text{XXVII})$

- $C_m = C_1 = U \cdot \tan \xi_1 \dots\dots\dots (\text{XXVIII})$

- $R_m = \frac{R_i + R_e}{2} = \frac{129\text{mm} + 279\text{mm}}{2} = 204\text{mm}$

- En la tabla N° II el valor medio es 1.9719

RESULTADO:  $C_m = 1.9719 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$$Q = C_m (D_e^2 - D_i^2) \frac{\pi}{4} = 1.9719 \times (0.5588^2 - 0.2572^2) \frac{\pi}{4}$$

$$Q = 0.381 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} = 22.87 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \quad 55\% \text{ mas que el otro perfil}$$

CALCULO DE LAS FUERZAS TANGENCIAL Y AXIAL Y TORQUE, SE UTILIZAN LAS MISMAS FORMULAS QUE LAS DEL PUNTO 4.2 EN LAS PAGINAS 47, 48, 49 y el 52



TABLA N°IV DATOS PARA EL CALCULO DE  $W_{\infty}$ ,  $FT$ ,  $MT$  Y  $FA$  del mas eficiente

R2		U	f	L	Cs	t (m)	Cs*L/t
(mm)	pulg						
129	5.06	4.9049	14	239	0.5436	0.2693	0.4819
134	5.26	5.0956	13	228	0.5489	0.2798	0.4465
139	5.46	5.2863	13	221	0.5510	0.2903	0.4196
144	5.65	5.4771	13	216	0.5518	0.3008	0.3969
149	5.85	5.6678	12	213	0.5518	0.3112	0.3771
154	6.05	5.8585	12	210	0.5514	0.3217	0.3593
159	6.24	6.0492	12	207	0.5506	0.3322	0.3433
164	6.44	6.2399	12	205	0.5496	0.3426	0.3286
169	6.64	6.4306	12	203	0.5483	0.3531	0.3152
174	6.83	6.6213	12	201	0.5470	0.3636	0.3027
179	7.03	6.8120	12	200	0.5455	0.3741	0.2911
184	7.23	7.0027	11	198	0.5440	0.3845	0.2804
189	7.43	7.1934	11	197	0.5424	0.3950	0.2703
194	7.62	7.3841	11	196	0.5407	0.4055	0.2609
199	7.82	7.5748	11	194	0.5390	0.4159	0.2520
204	8.02	7.7655	11	193	0.5373	0.4264	0.2437
209	8.21	7.9562	11	192	0.5356	0.4369	0.2358
214	8.41	8.1469	11	191	0.5338	0.4474	0.2283
219	8.61	8.3376	11	190	0.5320	0.4578	0.2213
224	8.80	8.5283	11	190	0.5302	0.4683	0.2146
229	9.00	8.7190	11	189	0.5283	0.4788	0.2082
234	9.20	8.9097	10	188	0.5265	0.4893	0.2022
239	9.39	9.1004	10	187	0.5247	0.4997	0.1964
244	9.59	9.2912	10	186	0.5229	0.5102	0.1909
249	9.79	9.4819	10	186	0.5210	0.5207	0.1856
254	9.98	9.6726	10	185	0.5192	0.5311	0.1806
259	10.18	9.8633	10	184	0.5173	0.5416	0.1758
264	10.38	10.0540	10	183	0.5155	0.5521	0.1712
269	10.57	10.2447	10	183	0.5136	0.5626	0.1668
274	10.77	10.4354	10	182	0.5118	0.5730	0.1626
279	10.97	10.6261	10	181	0.5100	0.5835	0.1585
284	11.17	10.8168	10	181	0.5081	0.5940	0.1546



TABLA N°V Resultados en cada diferencial de radio de 5mm  $W_{\infty}$ ,  $MT$ ,  $FT$  Y  $FA$  para el impulsor mas eficiente

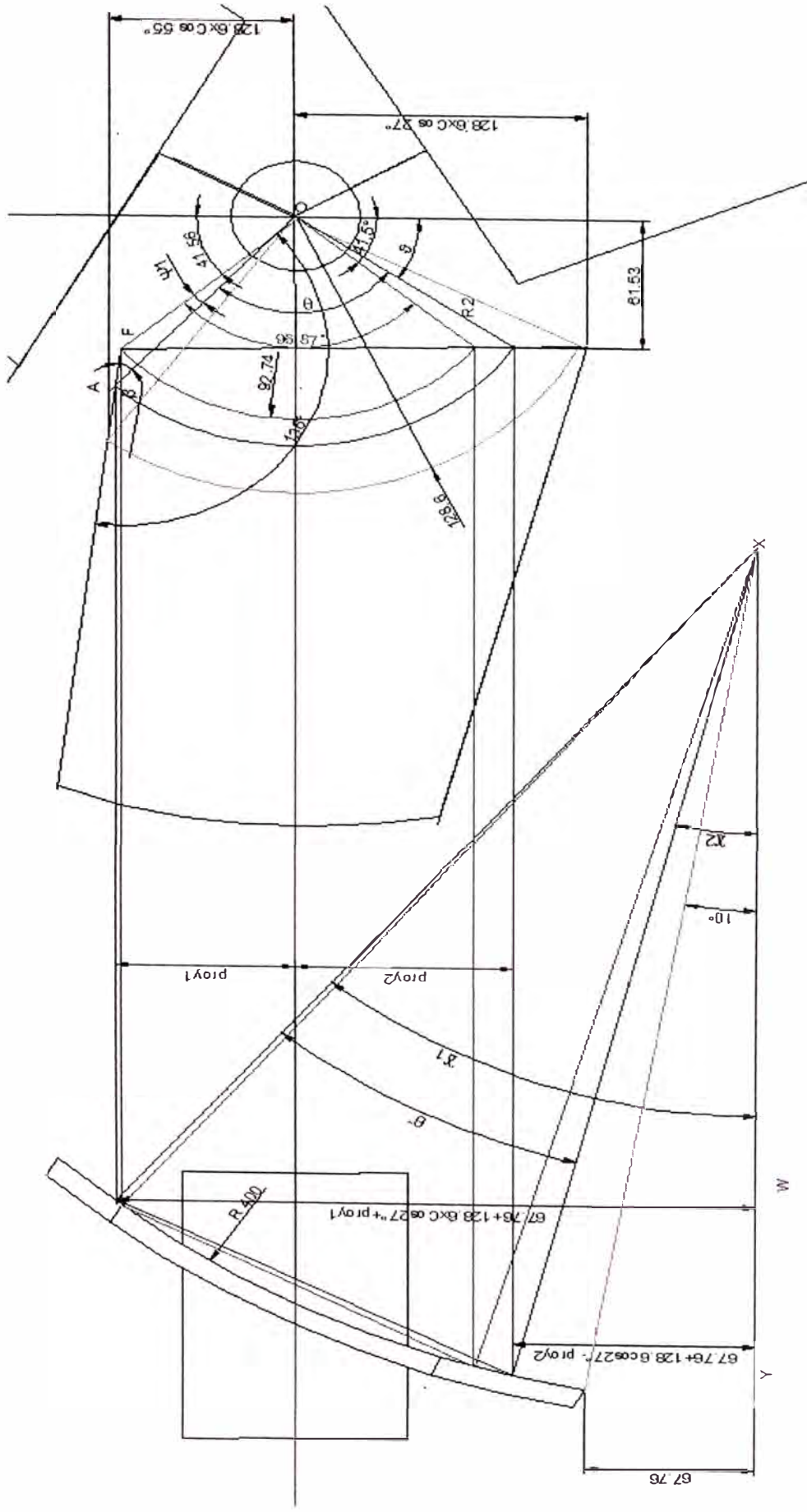
R2		a	b	c	$W_{\infty}$	$\beta_{\infty}$	Ft	MT	FA
(mm)	pulg								
129	5.06	0.9419	2.3637	-27.9468	4.3349	27.0578	8.1636	1.0702	13.0352
134	5.26	0.9502	2.2752	-29.8540	4.5345	25.7767	8.3094	1.1309	13.9520
139	5.46	0.9560	2.2181	-31.8339	4.7259	24.6613	8.5130	1.2012	14.9484
144	5.65	0.9606	2.1739	-33.8865	4.9146	23.6551	8.7415	1.2771	15.9964
149	5.85	0.9645	2.1371	-36.0119	5.1023	22.7354	8.9845	1.3576	17.0873
154	6.05	0.9677	2.1051	-38.2100	5.2895	21.8883	9.2373	1.4419	18.2169
159	6.24	0.9705	2.0765	-40.4808	5.4765	21.1042	9.4972	1.5300	19.3826
164	6.44	0.9730	2.0506	-42.8244	5.6636	20.3753	9.7625	1.6216	20.5827
169	6.64	0.9752	2.0266	-45.2407	5.8509	19.6957	10.0321	1.7165	21.8158
174	6.83	0.9771	2.0043	-47.7298	6.0384	19.0601	10.3052	1.8148	23.0807
179	7.03	0.9788	1.9833	-50.2916	6.2261	18.4643	10.5812	1.9163	24.3766
184	7.23	0.9803	1.9634	-52.9261	6.4141	17.9045	10.8595	2.0210	25.7026
189	7.43	0.9817	1.9445	-55.6334	6.6024	17.3774	11.1399	2.1288	27.0577
194	7.62	0.9830	1.9264	-58.4134	6.7909	16.8804	11.4220	2.2399	28.4413
199	7.82	0.9841	1.9090	-61.2661	6.9797	16.4107	11.7055	2.3540	29.8526
204	8.02	0.9852	1.8922	-64.1916	7.1687	15.9663	11.9903	2.4712	31.2908
209	8.21	0.9861	1.8759	-67.1898	7.3579	15.5451	12.2761	2.5915	32.7553
214	8.41	0.9870	1.8602	-70.2608	7.5474	15.1453	12.5627	2.7148	34.2453
219	8.61	0.9878	1.8449	-73.4044	7.7371	14.7654	12.8501	2.8412	35.7602
224	8.80	0.9885	1.8300	-76.6209	7.9270	14.4039	13.1381	2.9705	37.2994
229	9.00	0.9892	1.8155	-79.9100	8.1171	14.0596	13.4265	3.1029	38.8621
234	9.20	0.9898	1.8012	-83.2719	8.3074	13.7311	13.7153	3.2382	40.4476
239	9.39	0.9904	1.7873	-86.7066	8.4979	13.4175	14.0043	3.3764	42.0555
244	9.59	0.9909	1.7737	-90.2139	8.6886	13.1178	14.2934	3.5176	43.6849
249	9.79	0.9914	1.7603	-93.7941	8.8794	12.8310	14.5826	3.6617	45.3352
254	9.98	0.9918	1.7471	-97.4469	9.0703	12.5564	14.8718	3.8087	47.0059
259	10.18	0.9923	1.7342	-101.1725	9.2614	12.2932	15.1609	3.9585	48.6963
264	10.38	0.9927	1.7215	-104.9708	9.4527	12.0408	15.4498	4.1112	50.4058
269	10.57	0.9930	1.7089	-108.8419	9.6441	11.7984	15.7385	4.2667	52.1337
274	10.77	0.9934	1.6966	-112.7857	9.8356	11.5654	16.0268	4.4250	53.8794
279	10.97	0.9937	1.6844	-116.8022	10.0272	11.3415	16.3147	4.5861	55.6423
284	11.17	0.9940	1.6724	-120.8915	10.2189	11.1259			

$$F_{t1} = \sum F_t = 373.66 \text{ N};$$

$$F_{A1} = 1003.03;$$

$$M_{t1} = \sum M_T = 80.46 \text{ Nm}$$

Calculo del torque y la potencia del sector no evaluado del impulsor eficiente (FIG VII)



Formulas del sector no evaluado alabe de mayor eficiencia

Del Triángulo OFA

$$180^\circ = \psi_1 + 138^\circ + \beta$$

$$\psi_1 = 42^\circ - \beta$$

Ley de senos en el Triangulo OFA

$$\frac{\text{Sen}\beta}{92.74} = \frac{\text{Sen}\ 138^\circ}{R_2} \rightarrow \text{Sen}\beta = \frac{92.74}{R_2} \text{Sen}138^\circ$$

$$\psi_1 = 42^\circ - \text{Asen}\left(\frac{92.74}{R_2} \text{Sen}138^\circ\right) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Proy}_1 = R_2 \times \text{Cos}(41.58^\circ + \psi_1) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Proy}_2 = R_2 \times \text{Cos}\vartheta \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Donde: } \vartheta = \text{Asen}\left(\frac{61.53}{R_2}\right) \dots \dots \dots (4)$$

$$\theta = 180^\circ - 41.58^\circ - \psi_1 - \vartheta$$

$$\theta = 138.42^\circ - \psi_1 - \vartheta \dots \dots \dots (5)$$

$$\theta'' = \alpha_1 - \alpha_2 \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

$$\alpha_1 = \text{Asen}\frac{67.76 + 128.6 \times \text{Cos}27^\circ + \text{proy}_1}{400} \dots \dots \dots (7)$$

$$\alpha_2 = \text{Asen}\frac{67.76 + 128.6 \times \text{Cos}27^\circ - \text{proy}_2}{400} \dots \dots \dots (8)$$

$$L_p = 2 \times 400 \times \text{Sen}\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}\right) \dots \dots \dots (9)$$

$$F = 400 \times \left(1 - \text{Cos}\left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{2}\right)\right) \dots \dots \dots (10)$$

$$Z = \sqrt{L_p^2 - (\text{proy}_1 + \text{proy}_2)^2} \dots \dots \dots (11)$$

$$L = \sqrt{(Z)^2 - (R_2 \times \theta)^2} \dots \dots \dots (12)$$

TABLA VI DATOS PARA CALCULAR MT, FT Y FA DEL ALABE EFICIENTE DE LA ZONA NO CALCULADA

R2		$\psi_1$	$\vartheta$	$\Theta$	proy1	proy2	proy1 + proy2	x1	x2	$\Theta'$	Lp	f	z	L	$\cos(\varphi/2)$	$\varphi/2$	Rx	$\xi_1$	$\xi_2$	U
(mm)	pulg																			
93	3.65	0	41.565	96.855	69	69	139	38.998	16.403	22.595	157	8	73	173	0.984	10.248	486	14.676	35.172	3.537
98	3.85	2.587	39.015	96.817	70	76	146	39.134	15.427	23.707	164	9	75	182	0.982	10.738	487	13.777	35.252	3.728
103	4.04	4.843	36.790	96.787	71	82	153	39.265	14.487	24.778	172	9	78	190	0.981	11.193	490	12.895	35.282	3.919
108	4.24	6.832	34.827	96.761	72	88	160	39.394	13.577	25.816	179	10	80	199	0.979	11.623	493	12.032	35.277	4.109
113	4.44	8.604	33.077	96.739	72	94	167	39.519	12.691	26.828	186	11	82	207	0.978	12.030	497	11.190	35.250	4.300
118	4.64	10.193	31.506	96.720	73	100	173	39.642	11.824	27.819	192	12	83	216	0.977	12.420	501	10.367	35.207	4.491
123	4.83	11.630	30.086	96.704	74	106	180	39.764	10.973	28.791	199	13	85	224	0.975	12.796	506	9.563	35.155	4.681
128	5.03	12.936	28.795	96.689	74	112	186	39.884	10.137	29.747	205	13	87	232	0.974	13.159	510	8.778	35.096	4.872
129	5.06	13.148	28.585	96.687	74	113	187	39.905	9.994	29.910	206	14	87	234	0.973	13.220	511	8.645	35.085	4.905

TABLA VII RESULTADOS MT, FT Y FA DEL ALABE EFICIENTE ZONA NO CONSIDERADA

R2		Cs	t (m)	Cs*L/t	a	b	c	$W_\infty$	$\beta_\infty$	Ft	MT	FA
(mm)	pulg											
93	3.65	0.4335	0.1942	0.3858	0.9628	1.3646	-16.4002	3.4789	34.5280	3.8372	0.3655	4.6503
98	3.85	0.4523	0.2047	0.4011	0.9598	1.4953	-17.7857	3.5957	33.2577	4.3515	0.4362	5.5184
103	4.04	0.4699	0.2152	0.4152	0.9569	1.6269	-19.2439	3.7143	32.0663	4.8998	0.5157	6.4866
108	4.24	0.4865	0.2257	0.4283	0.9541	1.7598	-20.7749	3.8342	30.9499	5.4839	0.6045	7.5619
113	4.44	0.5022	0.2361	0.4406	0.9515	1.8944	-22.3786	3.9553	29.9037	6.1056	0.7036	8.7510
118	4.64	0.5173	0.2466	0.4523	0.9489	2.0310	-24.0550	4.0773	28.9228	6.7664	0.8136	10.0609
123	4.83	0.5318	0.2571	0.4634	0.9463	2.1695	-25.8042	4.1999	28.0024	7.4679	0.9353	11.4985
128	5.03	0.5459	0.2675	0.4742	0.9438	2.3103	-27.6261	4.3231	27.1379	1.3455	0.1725	2.1418
129	5.06	0.5483	0.2693	0.4760	0.9434	2.3348	-27.9468	4.3443	26.9946			