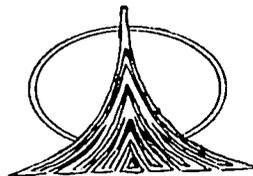




UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA



PROPUESTA DE MEJORAMIENTO EN LA  
ELABORACION DE LA ORDEN DE TRABAJO PARA  
LA MANUFACTURA DE EQUIPOS DE AGITACION  
MECANICA

**TRABAJO DE SEMINARIO DE  
TITULACION**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
PRESENTA:  
**ANDRES ELIZALDE PEREZ**

ASESOR: I.O. ROBERTO RAMIREZ TORRES

MEXICO, D.F.

ABRIL, 2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/022/02**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: ELIZALDE PEREZ ANDRES**

**P r e s e n t e .**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. José Luis Macías Pérez</b>
<b>Vocal:</b>	<b>I.Q. Roberto Ramírez Torres</b>
<b>Secretario:</b>	<b>M. en A. Teresa Guerra Dávila</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Cuauhtémoc Lagos Chávez</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Luz Elena Flores Bustamante</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**

**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**

México, D. F., 19 de febrero del-2002.

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ**

SECRETARÍA TÉCNICA

AEMG/isa\*

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi mamá María Eugenia por su comprensión y apoyo sobre todo en los momentos más difíciles.

A mi hermana Nadia y a mi hermano Enrique por su cariño y paciencia que me han mostrado siempre.

A mi asesor Roberto Ramírez por su disponibilidad, apoyo y aportaciones al trabajo.

A Alberto Vázquez que se ha mostrado como un gran amigo y del que he aprendido muchas cosas.

A la UNAM que me dio la oportunidad de pertenecer a ella, de terminar la carrera de Ingeniero Químico y de muchos gratos momentos.

A los profesores de la carrera y a todos mis amigos que siempre han estado conmigo.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## INDICE

Justificación

Planteamiento del problema

Aportaciones a la carrera

Resumen

Introducción

1) Descripción de equipos de agitación mecánica	1
1.1) Tipos de impulsores	2
1.1.1) Turbina de hoja plana	9
1.1.2) Turbina de hoja plana y disco	9
1.1.3) Turbina de hoja curva	10
1.1.4) Turbina de hoja inclinada	10
1.1.5) Turbina de hoja inclinada y curva	11
1.1.6) Turbina de alta eficiencia o hydrofoil	12
1.2) Impulsores de paleta	12
1.2.1) Ancla	13
1.2.2) Impulsor de movimiento doble	14
1.2.3) Impulsor de hélice o listón helicoidal	14
2) Proceso de manufactura	16
3) Concepto de valor agregado	19
3.1) Actividades de valor agregado y de no valor agregado	20
3.2) ¿Por qué cambiar?	21
4) Proceso general de la logística	23
5) Diseño y selección de agitadores mecánicos	27
6) Proceso de la orden de trabajo	30
6.1) Descripción para la elaboración de la orden de trabajo	30
7) Detección de pasos sin valor agregado en la orden de trabajo	34
8) Sugerencias de cambios al proceso	37
9) Resultados esperados	40

10) Proceso de fabricación de equipo	41
--------------------------------------	----

## INDICE DE FIGURAS

1.1) Agitador portátil con impulsor tipo propela marina	3
1.2) Agitador industrial con impulsor tipo turbina de disco	4
1.3) Agitador industrial con impulsor tipo turbina de alta eficiencia	5
1.4) Agitador industrial con impulsor tipo turbina de hoja inclinada	6
1.5) Agitador de entrada lateral con impulsor tipo propela	7
1.6) Tipos de impulsores de turbina	8
1.7) Ancla	15
1.8) Listón helicoidal	15
4.1) Proceso general de la logística	25
5.1) Diagrama general diseño y selección	29
6.1) Proceso general de la orden de trabajo	31
7.1) Detección de pasos sin valor agregado en la orden de trabajo	36
8.1) Cambios sugeridos en la orden de trabajo	39
10.1) Proceso de fabricación de equipo	42
Conclusiones	
Bibliografía	

## JUSTIFICACIÓN

Aunque se tengan definidos los objetivos de la empresa y se tenga una clara visión y misión a la hora de llevar a cabo la operación, los procesos tienden a distorsionarse del objetivo original que en un principio suelen ser sencillos, pero a medida que la empresa tiende a crecer, los procesos se complican. La burocracia y la indiferencia son las principales causas por la que el tiempo de ejecución de las actividades es largo e ineficiente.

En la manufactura de equipos de agitación como en cualquier equipo de proceso, se tiene esta problemática debido a que se requiere de una amplia comunicación y mucho depende la venta del tiempo de entrega. En el proceso de orden de trabajo o fabricación se involucran algunos problemas de tipo logístico, es decir la parte crítica del proceso general, ya que un error u omisión en la interpretación de la información del equipo que se fabricará provocará un retraso en la elaboración de la orden, la cual se reflejará, por consiguiente, en el tiempo de entrega.

Un producto que tenga mayor valor agregado y que satisfaga en forma total a los clientes, seguramente tendrá más probabilidad de éxito en un mercado cada día más competitivo. Por lo tanto, los procesos se deben diseñar tomando en cuenta siempre las expectativas del cliente y para eso se debe tener un flujo de

información eficaz, detectar y eliminar los pasos que no apegan valor al proceso y ofrecer un tiempo de respuesta breve.

En la actualidad, para garantizar la supervivencia de una empresa deberá ser capaz de anticiparse, adaptarse y transformarse permanentemente y de manera más rápida y continua con respecto a sus competidores, con la finalidad de reforzar cada vez más su posición competitiva.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Durante mucho tiempo se ha competido en precio y calidad además de que se ha ganado una parte importante del mercado en el campo de la agitación mecánica, pero ahora se ha luchado por reducir los tiempos de entrega, ya que la compañía se ha percatado que puede ser un factor decisivo en la venta de estos equipos.

Se ha observado que los proveedores están reduciendo sus tiempos de entrega, lo que ha favorecido la disponibilidad de los subensambles para la manufactura, por lo que la planeación de materiales se ha mejorado, pero la mayor problemática en la cadena de suministro es fundamentalmente la elaboración de la orden de trabajo para la fabricación del equipo, principalmente por el flujo de información que es ineficaz, los tiempos muertos en la espera de autorización y una forma de administración que está muy centralizada.

Se tiene otro problema: el miedo al cambio. Se tiene el pensamiento "para qué cambiar, si así como han salido las cosas nos ha funcionado", pero las condiciones del mercado han venido cambiando y si la empresa no se adapta a esto, hay pocas posibilidades de ganar más mercado, o lo que puede ser peor, perder el mercado que se ha ganado.

## **APORTACIONES A LA CARRERA**

La cadena de valor es un concepto muy importante para el Ingeniero Químico así como la aplicación de conceptos logísticos. La intención del presente trabajo es dar a conocer la problemática que hay en los procesos administrativos para producir equipo de proceso que en este caso se trata de agitadores mecánicos. En el área de trabajo, muchas ocasiones hay que enfrentarse a algunas dificultades a las que uno no está acostumbrado pero que se deben de superar y esto se va consiguiendo a través de la experiencia, pero sobre todo del saber analizar las diferentes situaciones, hacer buenas propuestas y tener buenas relaciones con el personal de trabajo.

En la actualidad se debe poner mucho énfasis a la logística que de hecho considero que debería cursarse como una materia dentro del plan de estudio de la carrera, ya que es una alternativa de trabajo más para el Ingeniero Químico en cualquier área de trabajo. Hoy en día muchas compañías manufactureras ponen mayor atención en la planeación y en la distribución, la administración de la cadena de suministro, así como en el mejoramiento de los procesos productivos y de servicios enfocados al cliente, por lo que es una gran oportunidad para especializarse en estas áreas.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se aborda el tema de la manufactura de equipos de proceso y específicamente de agitadores mecánicos utilizados ampliamente en diferentes industrias para aplicaciones de simple mezclado, transferencia de masa, transferencia de calor, fabricación de emulsiones, dispersiones, etc. Se describe brevemente las principales características de este equipo así como de los impulsores que son la parte fundamental de un agitador. También se describen los pasos más importantes en su selección y diseño como son los datos requeridos, criterios de diseño y variables de diseño. Se hace hincapié en el proceso de manufactura de estos equipos y sus etapas involucradas.

En particular, se describe ampliamente lo relacionado a la elaboración de la orden de trabajo que es la base para la fabricación de un agitador. Se analiza el proceso y se detectan los pasos que agregan y no agregan valor aplicando el concepto de valor agregado y logísticos con el fin de corregir y mejorar las etapas que retrasan la fabricación y el tiempo de entrega del equipo.

Se hacen recomendaciones para mejorar la elaboración de la orden de trabajo y los resultados que se obtendrán con la finalidad de contar de mayor disponibilidad de los agitadores para satisfacer las

necesidades del cliente lo más pronto posible, ya que estos equipos son de fabricación sobre pedido.

## INTRODUCCIÓN

Durante el crecimiento de la Industria Química, Petroquímica, Farmacéutica y Alimenticia se hizo necesario el requerimiento de equipo de proceso, desde entonces han surgido compañías que fabrican este tipo de equipo.

A medida que transcurría el tiempo, los procesos se iban sofisticando conforme se iba mejorando la tecnología, razón por la cual los equipos también debían hacerlo.

En el caso de los equipos de agitación se fueron especializando. En un inicio, no había quien los suministrara, así que las mismas compañías los hacían "hechizos" con el fin de cumplir un objetivo: agitar. Pero posteriormente surgieron varias compañías que se enfocaron en esta área y, hoy en día, existe una gran variedad de tipos de impulsores, diferentes tipos de agitadores y de transmisión.

Anteriormente para diseñar los agitadores, se hacía a "prueba y error" y conforme se daban los resultados se establecían los modelos. Actualmente, se cuenta con tecnología como son los programas para simulación, algoritmos de cálculo y cartas de selección. Además, como parte de la documentación para su manufactura, se cuenta con una orden de trabajo que es la que sirve de guía para su fabricación y ensamble, ya que contiene también unas listas de materiales,

subensambles, así como sus especificaciones de manufactura y dimensiones de cada uno de los componentes.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que la competencia es fuerte. Con la apertura hacia el mercado global y los adelantos tecnológicos, la mayoría de los competidores son compañías extranjeras, de tal manera que mejorar la calidad y los costos es algo que se debe tener presente, pero el principal objetivo es tener más ventajas para competir, por lo que es muy importante tener en cuenta el concepto de valor agregado que adiciona al equipo fabricado una ventaja competitiva que nos puede asegurar la permanencia en el mercado.

## **1) DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS DE AGITACIÓN MECÁNICA.**

Un agitador es un equipo electromecánico utilizado en la industria de procesos, en donde se requiere mezclar, homogenizar, suspender sólidos, transferir calor, transferir masa, flocular, aerear y otras aplicaciones más especializadas.

Un agitador está fundamentalmente constituido por un motor eléctrico o neumático, una caja de engranes conocido como reductor de velocidad o transmisión, flecha agitadora e impulsor que se encarga de realizar la agitación.

Por el tipo de montaje se clasifican en entrada vertical: sin sello en la flecha para tanque abierto o con sello para tanque cerrado, entrada lateral o montaje en el fondo del tanque, ambos con sello en la flecha.

Por el tamaño se clasifican en portátiles e industriales. Los portátiles se utilizan para volúmenes hasta 5,000 galones dependiendo de la viscosidad y densidad del fluido. Con un intervalo en capacidad de motor de 1/4 a 3 HP. La velocidad de la flecha agitadora es de 350 RPM. Estos agitadores son de montaje vertical con abrazadera (pinza), en placa para tanque abierto o con brida para tanque cerrado. En general, este tamaño de agitadores utilizan como impulsor a la propela

marina como se ilustra en la figura 1.1, sin embargo, en servicios especiales se pueden surtir con uno o dos impulsores de turbina.

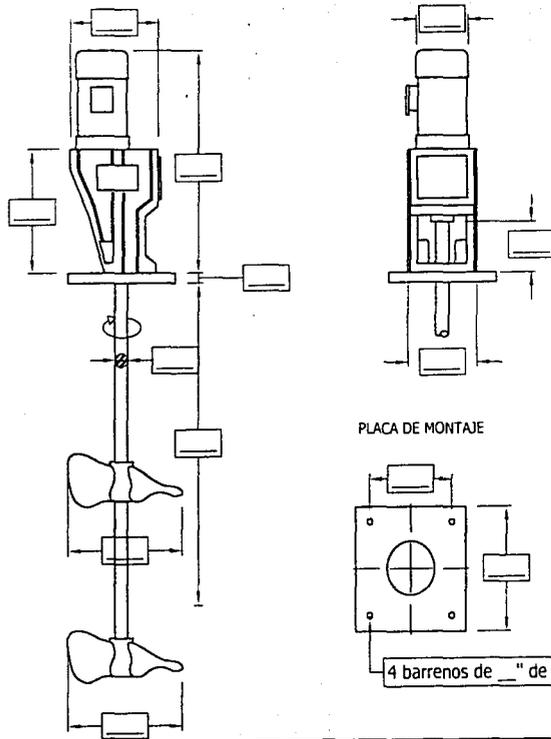
Los equipos industriales se utilizan para volúmenes y viscosidades grandes, la velocidad de la parte agitadora es menor de 155 RPM. Dependiendo del servicio, el intervalo en capacidad de motor es de 5 a 300 HP. Son de montaje vertical con placa para tanque abierto o brida para tanque cerrado cuando se requiere sello en la flecha, utilizan principalmente como impulsor turbinas de flujo axial o radial, como se muestran en las figuras 1.2, 1.3 y 1.4, pero en el caso de viscosidad muy alta, se usa ancla o listón helicoidal.

Entre los equipos de tamaño industrial se encuentran los de entrada lateral, los cuales son usados para mezclar volúmenes muy grandes con viscosidad y densidad relativamente bajas. Estos equipos necesariamente son con sellos en la flecha agitadora y utilizan como impulsor una turbina de alta eficiencia conocida comercialmente como Hydrofoil de alta capacidad de bombeo o propela marina como se puede observar en la figura 1.5. Su aplicación principal es para la mezcla de hidrocarburos.

### **1.1) TIPOS DE IMPULSORES**

En la figura 1.6 se ilustran algunos impulsores tipo turbina y a continuación se da una breve descripción de cada uno de ellos.

FIGURA 1.1 AGITADOR PORTATIL CON IMPULSOR TIPO PROPELA



PLACA DE MONTAJE

4 barrenos de \_\_\_" de diámetro

OBSERVACIONES


APROBÓ: \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE: -  
 ATENCION: -  
 DIRECCION: -  
 CIUDAD: -  
 EMBARCAR A: -  
 DIRECCION: -  
 CIUDAD: - EDO./CP: -

DATOS DE DISEÑO

TIPO DE FLUIDO: -  
 APLICACION: -  
 VOL. MAXIMO: -  
 % DE SOLIDOS: -  
 DIAM TANQUE: -  
 TIPO DE TAPAS: -  
 DENSIDAD MAX.: -  
 VISCOSIDAD MAX.: -  
 FLUJO DE GAS: -  
 LONG. PARTE RECTA: -  
 LONG. TAPAS: -

DATOS DEL EQUIPO

REFERENCIA: - REQ: -  
 MONTAJE: - MODELO: -  
 TIPO DE SELLO: - F.S.: -  
 RELACION: - VEL. SALIDA: -  
 CANTIDAD: - PESO APROXIMADO: -

DATOS DEL MOTOR

H.P.: - No POLOS: - RPM: -  
 FASES: - VOLTAJE: - MARCA: -  
 TIPO: - ARMAZON: - MODIF. ESP: -

DATOS DE LA PARTE AGITADORA

MATERIAL: -  
 TIPO DE IMP.: - No. DE IMP. -

COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

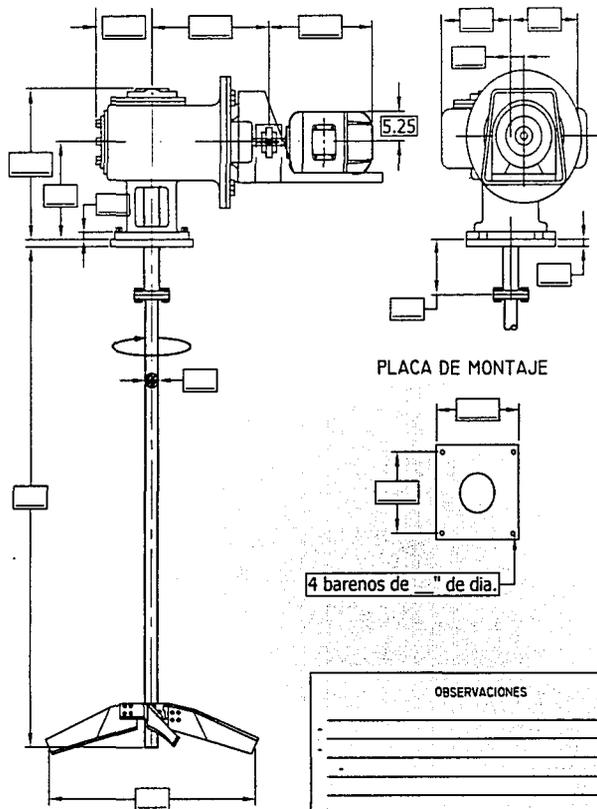
GRADO MEZ.: - CAP. BOMBEO: -  
 PAR TORSIONAL: - VEL. PERIFERICA: -

NOMBRE: -	DIBUJO NUMERO -		
ACOTACIONES:	DIBUJO	REVISO	DIBUJO PARA
ESCALA:	FECHA:	FECHA:	

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN



FIGURA 1.3 AGITADOR INDUSTRIAL CON IMPULSOR TIPO TURBINA DE ALTA EFICIENCIA



PLACA DE MONTAJE

4 barrenos de " de dia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

OBSERVACIONES

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE \_\_\_\_\_  
 APLICACION \_\_\_\_\_  
 DIRECCION \_\_\_\_\_  
 CIUDAD - MUNICIPIO \_\_\_\_\_ ESTADO - C. P. \_\_\_\_\_  
 EMPLEADO \_\_\_\_\_  
 DIRECCION \_\_\_\_\_  
 CIUDAD - MUNICIPIO \_\_\_\_\_ ESTADO - C. P. \_\_\_\_\_

DATOS DE DISEÑO

TIPO DE FLUIDO \_\_\_\_\_  
 APLICACION \_\_\_\_\_ DENSIDAD MEX \_\_\_\_\_  
 VOLUMEN MEX \_\_\_\_\_ VISCOSIDAD MEX \_\_\_\_\_  
 N.º SOLIDOS \_\_\_\_\_ FLUIDO DE GAS \_\_\_\_\_  
 DIAM. TANQUE \_\_\_\_\_ LONG. PARTE RECTA \_\_\_\_\_  
 TIPO DE TAPAS \_\_\_\_\_ LONG. TAPAS \_\_\_\_\_

DATOS DEL EQUIPO

REFERENCIA \_\_\_\_\_ RES \_\_\_\_\_  
 TIPO \_\_\_\_\_ MODELO + TAMAÑO \_\_\_\_\_  
 TIPO DE SELLO \_\_\_\_\_ # S \_\_\_\_\_  
 RELACION \_\_\_\_\_ VELOCIDAD DE SALIDA (RPM) \_\_\_\_\_  
 CANTIDAD \_\_\_\_\_ PESO APROXIMADO \_\_\_\_\_

DATOS DEL MOTOR

# P \_\_\_\_\_ NO. POLOS \_\_\_\_\_ B. P. H. \_\_\_\_\_  
 FASES \_\_\_\_\_ VOLTAJE \_\_\_\_\_ HERCIA \_\_\_\_\_  
 TIPO \_\_\_\_\_ AMPERAZON \_\_\_\_\_ MOD. ESP. \_\_\_\_\_

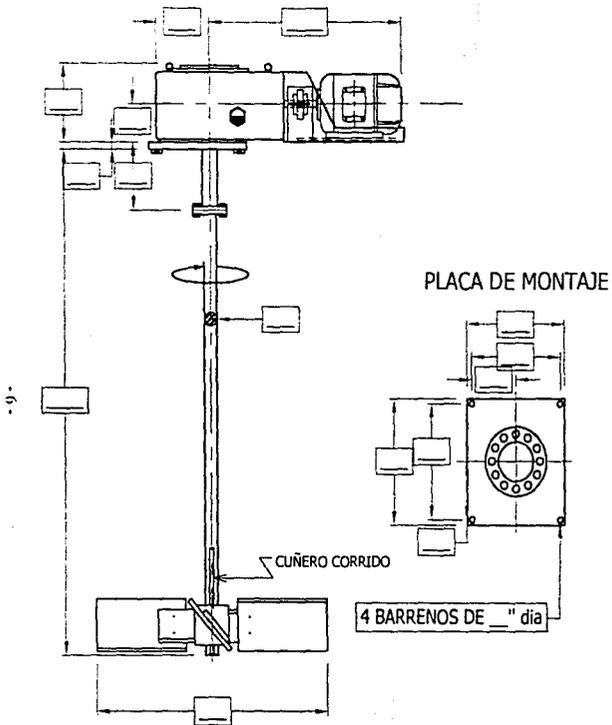
DATOS PARTE AGITADORA

MATERIAL \_\_\_\_\_  
 TIPO DE IMP \_\_\_\_\_ NO. DE IMP \_\_\_\_\_

DATOS TECNICOS

GRADO DE MEZCLADO \_\_\_\_\_ CAPACIDAD DE BOMBEO \_\_\_\_\_  
 PAR TORSONAL \_\_\_\_\_ VELOCIDAD PERIFERICA \_\_\_\_\_

NOMBRE \_\_\_\_\_ DIBUJO NUMERO \_\_\_\_\_  
 DIBUJO PARA \_\_\_\_\_ DIBUJO \_\_\_\_\_ REVISO \_\_\_\_\_ APROBO \_\_\_\_\_  
 FECHA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_



APROBÓ: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE: \_\_\_\_\_  
 FIRMA: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**DATOS DEL CLIENTE**

NOMBRE: -  
 ATENCION: -  
 DIRECCION: -  
 CIUDAD: - EDO./CP: -  
 EMBARCAR A: -  
 DIRECCION: -  
 CIUDAD: - EDO./CP: -

**DATOS DE DISEÑO**

TIPO DE FLUIDO: -  
 APLICACION: - DENSIDAD MAXIMA: -  
 NIVEL MAX.: - VISCOSIDAD MAXIMA: -  
 % DE SOLIDOS: - FLUJO DE GAS: -  
 DIAMETRO: - LONG. PARTE RECTA: -  
 TIPO DE TAPAS: - LONG. TAPAS: -

**DATOS DEL EQUIPO**

REF.: - REQ.: -  
 TIPO: - MODELO Y TAMAÑO -  
 TIPO DE SELLO: - F.S.: -  
 RELACION: - VEL. SALIDA: -  
 CANTIDAD: - PESO APROXIMADO: -

**DATOS DEL MOTOR**

H.P.: - No POLOS: - RPM: -  
 FASES: - VOLTAJE: - MARCA: -  
 TIPO: - ARMAZON: - MODIF. ESP.: -

**DATOS DE LA PARTE AGITADORA**

MATERIAL: -  
 TIPO DE IMP.: - No. DE IMP. -

**COMPORTAMIENTO HIDRAULICO**

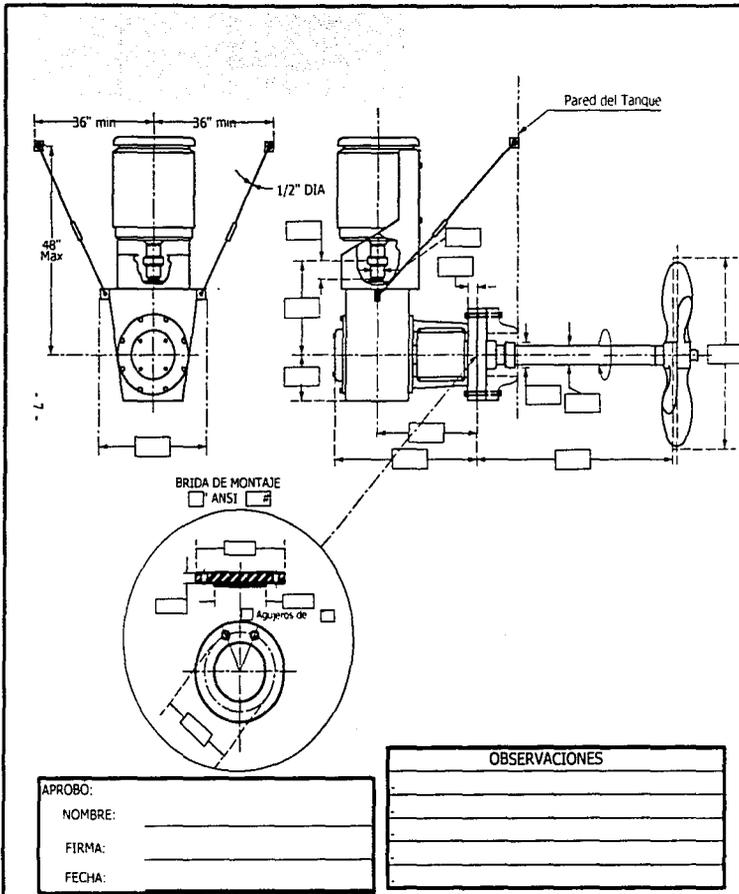
GRADO MEZ.: - CAP. BOMBEO: -  
 PAR TORSIONAL: - VEL. PERIFERICA: -

NOMBRE: - DIBUJO NUMERO: -

ACOTACIONES:	DIBUJO: -	REVISÓ: -	DIBUJO PARA: -
ESCALA:	FECHA: -	FECHA: -	-

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

FIGURA 1.5 AGITADOR DE ENTRADA LATERAL CON IMPULSOR TIPO PROPELA



APROBO:

NOMBRE: \_\_\_\_\_

FIRMA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<b>DATOS DEL CLIENTE</b>			
NOMBRE: _____			
ATENCIÓN: _____			
DIRECCIÓN: _____			
CIUDAD/ MUNICIPIO: _____			
EMBARCACIÓN: _____			
DIRECCIÓN: _____			
CIUDAD/MUNICIPIO: _____		ESTADO/CP: _____	
<b>DATOS DE DISEÑO</b>			
TIPO DE FLUIDO: _____		DENSIDAD MÁXIMA: _____	
APLICACIÓN: _____		VISCOSIDAD MÁX.: _____	
VOL. MÁXIMO: _____		FLUJO DE GAS: _____	
% DE SÓLIDOS: _____		LONG. PARTE RECTA: _____	
DIAM. TANQUE: _____		LONG. TAPAS: _____	
TIPO DE TAPAS: _____			
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>			
REFERENCIA: _____		REQ.: _____	
TIPO: _____		MODELO Y TAMAÑO: _____	
TIPO DE SELLO: _____		F.S.: _____	
RELACION: _____		VELOCIDAD DE SALIDA: _____	
CANTIDAD: _____		PESO APROXIMADO: _____	
<b>DATOS DEL MOTOR</b>			
H.P.: _____		No. DE POLOS: _____	
		R.P.M.: _____	
FASES: _____		VOLTAJE: _____	
		MARCA: _____	
TIPO: _____		ARMAZÓN: _____	
		MOD. ESP.: _____	
<b>DATOS DE LA PARTE AGITADORA</b>			
MATERIAL: _____			
TIPO DE IMP.: _____		No. DE IMP. UNO _____	
<b>COMPORTAMIENTO HIDRAULICO</b>			
GRADO MEZ.: _____		CAP. BOMBEO: _____	
PAR TORSIONAL: _____		VEL. PERIFÉRICA: _____	
NOMBRE ENTRADA LATERAL		DIBUJO NUMERO	
ACOTACIONES	DIBUJO	REVISO	DIBUJO PARA:
ESCALA:	FECHA	FECHA	

**TESIS CON FALTA DE ORIGEN**

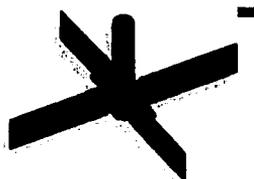
# FIGURA 1.6 TIPOS DE IMPULSORES DE TURBINA



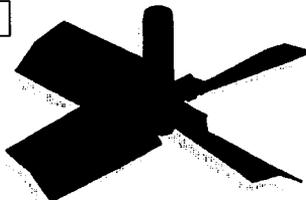
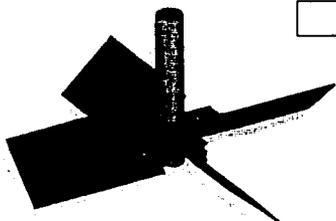
TURBINA DE HOJA CURVA



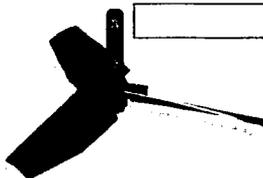
TURBINA DE HOJA PLANA Y DISCO



TURBINA HOJA PLANA



TURBINAS DE HOJA INCLINADA



TURBINA DE ALTA EFICIENCIA O HYDROFOIL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **1.1.1) Turbina de hoja plana (Flat Blade).**

Este impulsor descarga en forma radial con su succión por arriba y por abajo del impulsor. Su velocidad periférica en la mayoría de los casos varía de 600 a 900 ft/min. Los anchos de sus hojas van de 1/5 a 1/8 de su diámetro.

### **1.1.2) Turbina de hoja plana y disco (Disk Flat Blade).**

Es un impulsor de uso muy amplio, en la industria ha sido utilizada en una gran cantidad de investigaciones. Aunque en esencia posee las mismas características de funcionamiento que la turbina de hoja plana, su diferencia en el consumo de potencia es marcado. Además, posee una limitación por viscosidad, es decir, cuando la viscosidad alcanza el principio del rango medio de las operaciones de proceso, arriba de los 20,000 cp, el impulsor de turbina plana con disco estratifica las dos corrientes que entran por el "ojo" del impulsor de la parte de arriba y de abajo y minimiza considerablemente el intercambio entre ellos.

Algo parecido ocurre en el manejo de suspensiones, especialmente cuando se presenta un intervalo poco usual de tamaño de partícula.

El impulsor de turbina plana con disco está también limitado por las posiciones que puede ocupar en el tanque. Sin embargo es ideal para los procesos de absorción de gases.

### **1.1.3) Turbina de hoja curva (Curved Blade, or Blade Angle Turbine).**

Esta turbina posee las hojas curvadas en su dirección de giro. Esta modificación al estilo de la turbina de hoja plana es utilizada para reducir el efecto de desgarramiento en la periferia del impulsor. Su uso industrial en suspensión de sólidos fácilmente desmenuzables es muy amplio. El diseño de la hoja plana puede ser operado en cualquier sentido, pero el de hoja curva no. Este diseño de turbina es económico y eficiente por las siguientes razones: con el mismo diámetro, número de hojas, ancho de hojas y número de revoluciones, la turbina de hoja recta toma mayor potencia que la turbina curva en una porción de 7 a 5.

### **1.1.4) Turbina de hoja inclinada (Pitched Blade Turbine)**

Este impulsor posee un ángulo constante a lo largo de la hoja. Su característica principal es el flujo axial pero la componente radial existe y puede predominar si el impulsor se coloca en el fondo del recipiente.

La componente axial es proporcional a la proyección del ancho de la hoja con respecto a la vertical. El ángulo de hoja respecto a la vertical puede ser cualquiera entre 0 a 90°, pero el ángulo estandarizado es el de 45°.

El número de hojas está determinado por el ángulo y varía de 4 a 12 conforme el ángulo disminuye.

Una desventaja considerable de este diseño en su sensibilidad a los cambios en la viscosidad, debido a su componente axial, lo cual no se encuentra en impulsores de característica puramente radial.

#### **1.1.5) Turbina de hoja inclinada y curva (Pitched Curved Blade).**

En aplicaciones de alta viscosidad, en donde los impulsores grandes se hacen necesarios, para vencer la inercia del sistema, se hacen impulsores cuyo ángulo de caída se aproxima a los 60° para abatir la potencia. Esta es una manera más efectiva de reducir el caballaje requerido en los materiales de alta viscosidad que reducir el número de hojas, sin sacrificio de la capacidad de circulación.

### **1.1.6) Turbina de alta eficiencia o Hydrofoil**

Esta turbina suministra un alto flujo y bajo desgarramiento a una potencia dada. El diseño de esta turbina fue realizada usando técnicas analíticas como el rayo láser. Puede suministrar máximo flujo o capacidad de bombeo por unidad de consumo de potencia mientras que al mismo tiempo proporciona un perfil uniforme de velocidad o desgarramiento constante en toda el área transversal del tanque o contenedor.

Debido a su diseño único, una capacidad de bombeo similar suministrada por el consumo del 60% de los HP consumidos por una turbina de flujo axial tipo PBT.

### **1.2) Impulsores de paleta**

Es quizás el impulsor que más uso ha tenido a través del tiempo dentro de la industria química, alimenticia y farmacéutica.

Podría decirse con cierta reserva que el impulsor de paletas es un agitador cuyo patrón de flujo producido es de tipo radial, ya que es sumamente versátil en el que existen infinidad de diseños además de que su utilización se encuentra restringida al manejo de fluidos

viscosos. Se ha definido el impulsor de paletas como un elemento simétrico a una flecha normalmente vertical.

Ejemplo de este tipo de impulsores son:

### **1.2.1) Ancla**

Es un impulsor cuya geometría sigue la forma del tanque desde el punto de vista frontal como se observa en la figura 1.7. La longitud de la hoja puede limitarse a la línea tangente más baja del recipiente, o continuarlo por el lado recto para lograr un efecto de rascado por las paredes.

La distancia entre las paredes del recipiente y la hoja del impulsor varía entre 1/8" y 1/3" dependiendo del diámetro del tanque y usualmente de las necesidades de transferencia de calor en el sistema.

Su utilización es muy amplia en fluidos viscosos, suspensiones y en general en materiales que cambian de consistencia durante el proceso. Muchas veces se añaden paletas adicionales para lograr un incremento de la agitación en el centro del sistema.

### **1.2.2) Impulsor de movimiento doble**

Es una combinación de un impulsor de reja y de ancla y una serie de paletas arregladas. La rotación de los dos ensambles es contraria. Requiere de una transmisión especial cuyo costo la hace muy poco práctico.

Salvo en el caso de problemas en donde se estén involucrados fluidos de alta viscosidad o de naturaleza no newtoniana muy grande.

### **1.2.3) Impulsor de hélice o listón helicoidal**

Es un impulsor ampliamente utilizado en fluidos de alta viscosidad. Por su diseño y su utilización encuentra una gran aplicación en el caso de tubos para un mezclado continuo. Su diámetro es casi igual al del recipiente. Figura 1.8.

FIGURA 1.7 ANCLA

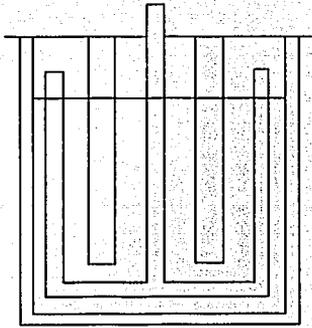
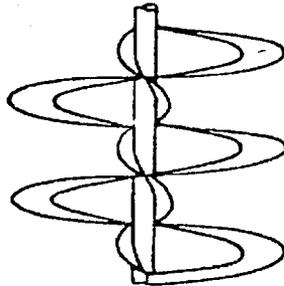


FIGURA 1.8 LISTON HELICOIDAL



## **2) PROCESO DE MANUFACTURA**

Por su aplicación específica no es un equipo que se pueda fabricar en serie, sino bajo la solicitud de una orden de compra, ya que la selección depende de la aplicación y de los requerimientos del cliente.

Para su manufactura, se debe considerar que los componentes que lo integran no son procuradas por un solo fabricante, sino que depende de toda una cadena de suministro. A través del tiempo y por la rutina, los procesos tienden a burocratizarse y alargarse en tiempos de respuesta, por lo que algunas veces no se logra cumplir con los tiempos establecidos de entrega.

Dependiendo del modelo a fabricar, básicamente se requiere de engranes, cajas o housing donde se alojan los engranes, flechas, motores, placas de acero y otros.

Los engranes, a su vez llevan un proceso de fabricación, el tipo cilíndrico helicoidal es el más común, la etapa inicial es el maquinado de un tejo, de ahí pasa a un generado de dientes, después un tratamiento térmico y por último un rectificado o rasurado.

El punto clave para la selección o diseño de un agitador es conocer la aplicación para la cual se requiere, y en base a ello se selecciona el impulsor más adecuado y demás criterios de diseño como es la velocidad de agitación, el grado de mezclado, etc.

Por otra parte, el Ingeniero de aplicación debe exigir que los datos sean veraces, de tal manera que los parámetros de diseño sean lo más aproximados a la realidad, por ejemplo, debe conocer todas las propiedades fisicoquímicas y reológicas de los fluidos, sobre todo en procesos especiales, así como también debe familiarizarse completamente con el proceso del cliente y así poder recomendar mejoras en su proceso actual.

Para satisfacer la necesidad del cliente, el ingeniero dispone de memorias de cálculo, simuladores y cartas de selección que le permiten seleccionar y proponer un agitador que sea eficiente con un mínimo de consumo de energía.

Para su fabricación, se genera una orden de trabajo (OT) en donde se realiza una explosión de materiales y se consultan los planos de fabricación de cada uno de los componentes del equipo.

La rapidez y eficiencia del proceso de manufactura es muy importante, para esto hay que poner especial énfasis en el valor agregado y no agregado de cada una de las partes que constituyen

nuestro proceso, por lo que es necesario conocer el concepto de valor agregado.

### **3) CONCEPTO DE VALOR AGREGADO**

Lo primero que debemos cuestionarnos ¿qué es la riqueza? y lo primero que debemos respondernos es que el dinero no es la riqueza, sino que es un medio de intercambio, es una forma del valor de los productos. La riqueza se obtiene de las fuentes naturales, manufacturadas o de los servicios.

Nosotros podemos incrementar nuestra riqueza si agregamos valor a nuestros productos y/o servicios. A más valor agreguemos a nuestros productos mayor riqueza vamos a obtener, entonces para agregar valor a nuestros productos, debemos diseñar procesos productivos y operarlos eficientemente. El proceso puede verse como la esencia del negocio. No sólo la mayor parte del trabajo se hace a través de los procesos, sino que gran parte de los aspectos que en realidad diferencian a las compañías entre sí, es inherente a su proceso particular de trabajo. Esta aseveración es perfectamente razonable: la misma materia prima y el mismo capital humano están a disposición de todas las empresas. Por tanto, el proceso es uno de los factores más importantes que contribuye a la ventaja competitiva.

### **3.1) Actividades de valor agregado y de no valor agregado.**

Los procesos se realizan para dar como resultado algún producto o servicio que se entrega a un cliente. Una actividad puede ser considerada de valor agregado o de no valor agregado, dependiendo de si esta actividad contribuye a dar forma al resultado, por lo tanto en un proceso determinado encontraremos actividades que si agregan valor y actividades que no agregan valor.

Una actividad es de valor agregado sí:

- Le importa al cliente o usuario
- Si ayuda a transformar o dar forma al producto
- Sí se hace bien desde la primera vez

Por lo tanto, un proceso será más eficiente entre más actividades de valor agregado tenga y será menos eficiente entre más actividades de no valor agregado contenga. El concepto de valor agregado es un aspecto muy importante en los enfoques de reingeniería ya que es el principio del rediseño de procesos.

Una meta muy importante es mejorar la orientación de una compañía hacia sus clientes. Dado que la prestación de servicios incide considerablemente en la aprobación que el cliente da a la compañía y a sus productos, se hace necesario implementar mejoras en esta área,

pero para mejorar los procesos requiere de un cambio que incluso puede ser radical, como una buena forma de aumentar las ganancias. Una fuerte orientación hacia el cliente es de particular importancia en las industrias de servicios, en los aspectos de servicio de la industria manufacturera y en las instituciones sin ánimo de lucro.

### **3.2) ¿Por qué cambiar?**

Cuando la competencia es poca y el negocio bueno, una compañía rehusará un cambio significativo y continuará haciendo el trabajo como siempre lo ha hecho. No evolucionará, no reinvertirá; realmente no habrá razón alguna para "sacudir el barco": si no está roto no lo reparará. Si la gerencia quiere aumentar sus utilidades, simplemente elevará el precio del producto. Si la ineficiencia y las pérdidas aparecen en los procesos, manejará la situación con un aumento de staff y transferirá el costo al cliente. Este comportamiento tiene sus límites, pero las compañías que no se enfrentan a una competencia verdadera parecen alcanzarlos gradualmente para elevarlos más.

Cuando la competencia llega, la imagen anterior se altera. Sin duda alguna, se presenta un cambio paradigmático. Las compañías que hacen la transición hacia el nuevo paradigma tienen éxito. Las que se resisten, pueden fracasar.

En la actualidad, ocurre también un cambio paradigmático en el mercado. La operación de negocios debe cambiar cuando las presiones del mercado obligan a las compañías a responder. Las reglas del pasado se están reescribiendo y los sobrevivientes deben reconocer y aceptar las nuevas reglas.

#### **4) PROCESO GENERAL DE LA LOGÍSTICA**

El proceso inicia cuando el cliente requiere una cotización de un equipo de agitación que ayude a resolver su problema de mezclado, de acuerdo al sistema, se consulta si es cliente cautivo o es cliente por primera vez y por qué medio de publicidad se enteró, si es primera vez que se le cotiza, se investiga los datos de la compañía como es la razón social, domicilio fiscal, RFC, persona interesada por el agitador, etc. Después se solicitan los datos para la selección del agitador adecuado como son la viscosidad máxima del fluido, la densidad, el volumen, la aplicación, las dimensiones del recipiente, altura del montaje, las condiciones de operación o bien se les envía un cuestionario u hoja de datos; también es posible que el cliente ya tenga las características del equipo o simplemente desea remplazar un equipo existente. En la figura 4.1 se muestra el diagrama general.

No siempre el cliente dispone de esta información que se le solicita, a veces es necesario ir al área del proceso donde esta se encuentre para tener toda la información necesaria por lo que hay que programar la visita, si aún así no son suficientes los datos, se deben de hacer pruebas a nivel laboratorio para que se de una validación de datos para dar paso al diseño o selección del agitador.

Para el diseño de equipo se alimentan todas las condiciones del fluido y las dimensiones del tanque; con esto se sugiere que tipo de

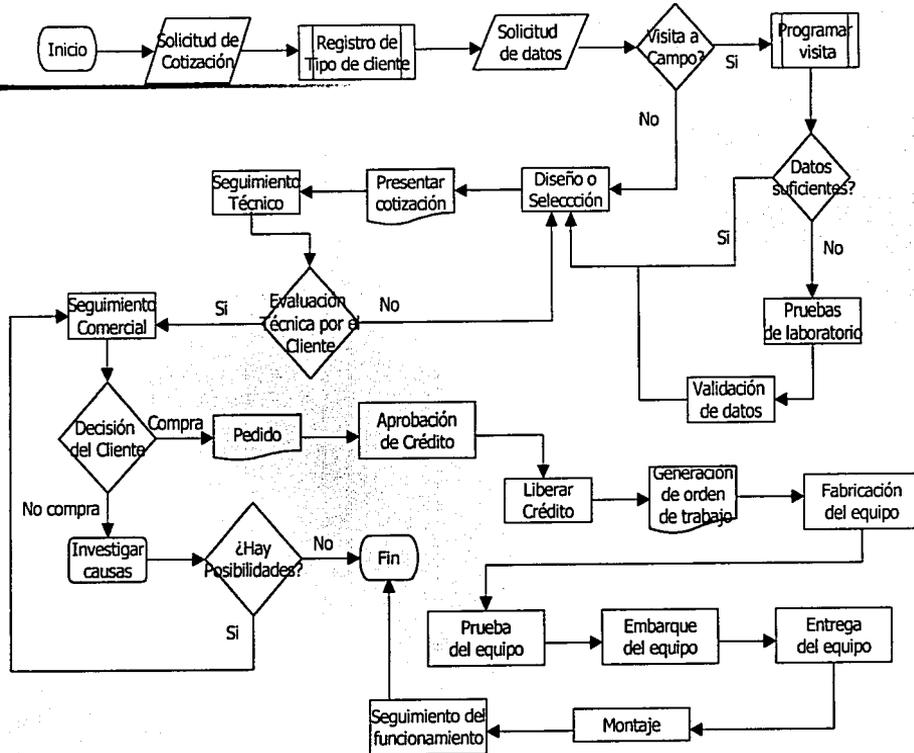
impulsor debe llevar, asimismo la velocidad de agitación, tipo de transmisión y número de impulsores para alimentar el programa de diseño. Es muy importante el criterio de la persona que diseña, pero debe tener presente los resultados y los costos del equipo ya que puede haber varias alternativas para un solo proceso, se deben realizar varias corridas y varias iteraciones, pero a medida que la experiencia sea mayor se llegará al diseño óptimo de una manera más eficaz para hacer la propuesta técnica que más convenga al cliente y a un mejor tiempo de respuesta.

Una vez obtenido el diseño y costo óptimos, se presenta una cotización y se realiza el seguimiento técnico; el cliente, por su parte, realiza una evaluación técnica de la propuesta, si es aceptada se hace el seguimiento comercial, si es rechazada y se cuenta con el tiempo de hacer otra propuesta se realiza un rediseño y se vuelve a presentar una cotización.

En muchas ocasiones, el cliente le da prioridad principalmente al tiempo de entrega más que al precio del equipo, aunque este último también es importante, ya que los clientes comúnmente solicitan crédito así como conocer las condiciones de pago, es decir, entre más valor agregado presente el equipo, la posibilidad de compra aumentará.

FIGURA 4.1 PROCESO GENERAL

# de la logística



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Cuando el cliente se decide por la compra, genera una orden de compra y la envía al proveedor. Se procede a una aprobación del crédito. Si el cliente no decide comprar, se investigan las causas, para verificar si aún hay posibilidades de hacer ajustes para favorecer la compra, volviendo al proceso comercial, pero si no, termina el proceso.

Una vez liberado el crédito, el departamento de ventas llena una hoja de venta para generar una orden de trabajo, para esto se hace una explosión de materiales, se verifican existencias, se compran los faltantes y se procede a la fabricación del equipo. Una vez fabricado, se realizan las pruebas en vacío y con carga, ya terminadas las pruebas, el equipo queda listo para embarcarse, entonces se entrega el equipo y finalmente se monta. En ocasiones es más conveniente terminar de armar el equipo en donde va a ser instalado, se hace la prueba hidráulica, se arranca y se observan los resultados del arranque.

Se da un seguimiento del funcionamiento del equipo, si el cliente así lo desea se les surten refacciones y se mantiene la comunicación para dar asesorías y servicio.

## 5) DISEÑO Y SELECCIÓN DE AGITADORES MECÁNICOS

Para el diseño y selección de los agitadores se debe tener en cuenta la mayor cantidad de datos reales posibles. Los principales datos de entrada con los que se cuenta son la viscosidad máxima y normal del fluido, densidad máxima, aplicación, dimensiones y geometría del tanque, altura de montaje, grado de agitación y tipo de transmisión. En la figura 5.1 se muestra el diagrama general del proceso de diseño y selección de agitadores.

El proceso inicia con el diseño hidráulico y de acuerdo a los datos anteriores se selecciona el tipo de impulsor, la velocidad de agitación y se estima el diámetro del impulsor. Es conveniente manejar simultáneamente diferentes velocidades y diámetros de impulsor para poder visualizar el comportamiento de cada una de las variables de agitación, mediante la ayuda de un programa.

Se determina entonces el número de bombeo para calcular la capacidad de bombeo ( $Q$ ) que es función del número de Reynolds y del tipo de impulsor.

También se estima el número de potencia para calcular la potencia consumida por el impulsor (BHP) que está en función del número de Reynolds y del tipo de impulsor. Con este dato se calcula el torque o par necesario para el grado de agitación.

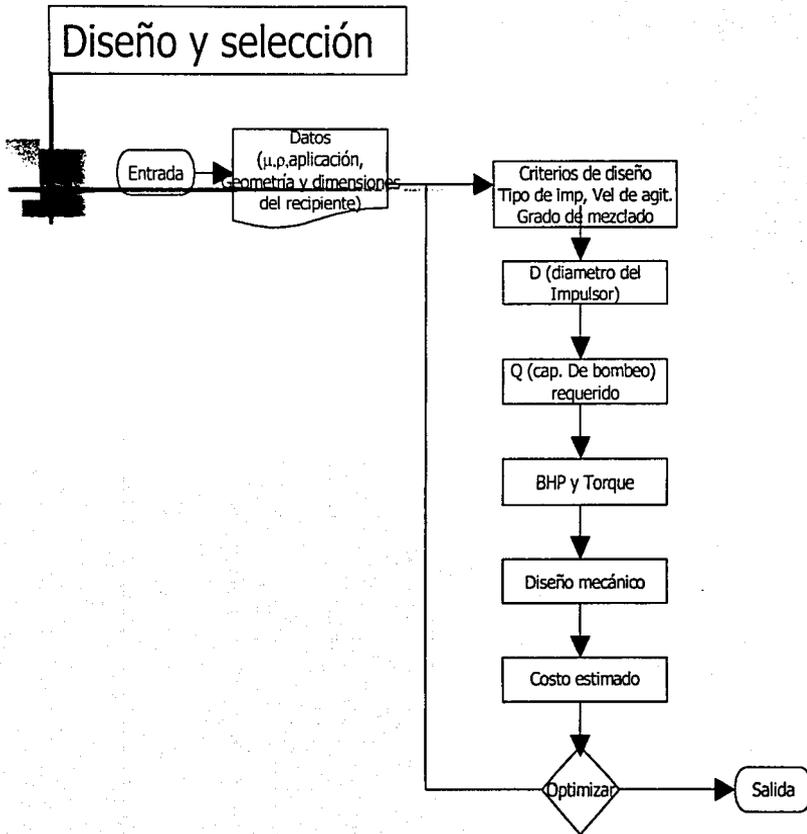
Se ajusta la potencia requerida a la potencia comercial y se obtiene la longitud de flecha, así como también la distancia entre impulsores, si hay más de uno.

Una vez optimizado el diámetro y la velocidad de agitación, se realiza un diseño mecánico de la flecha y el impulsor, se calcula el diámetro de la flecha en base al torque máximo, el momento máximo y la longitud de flecha calculada en el diseño hidráulico. Posteriormente se selecciona el tipo de material y se verifica mediante la determinación de la velocidad crítica y la fatiga de la flecha.

Una vez aprobado el diseño hidráulico y mecánico se estima el costo del equipo.

Se pueden tener varias propuestas, pero al cliente comúnmente le interesa un equipo que le ofrezca el resultado que él espera a un bajo costo y con bajo consumo de energía, de tal manera que se realiza un proceso de optimización de lo establecido anteriormente y se realiza la propuesta técnica y comercial.

FIGURA 5.1 DIAGRAMA GENERAL



## **6) PROCESO DE LA ORDEN DE TRABAJO**

La Orden de Trabajo (O.T.) es importante, ya que sirve de guía para la fabricación del equipo y es muy especializado. Se comienza con la fabricación a partir de recibir la Orden de Compra del cliente o Make to Order, como se conoce en inglés. Los equipos que se producen son principalmente agitadores y reductores de velocidad, así como las refacciones de estos equipos como son los engranes, flechas, impulsores, etc.

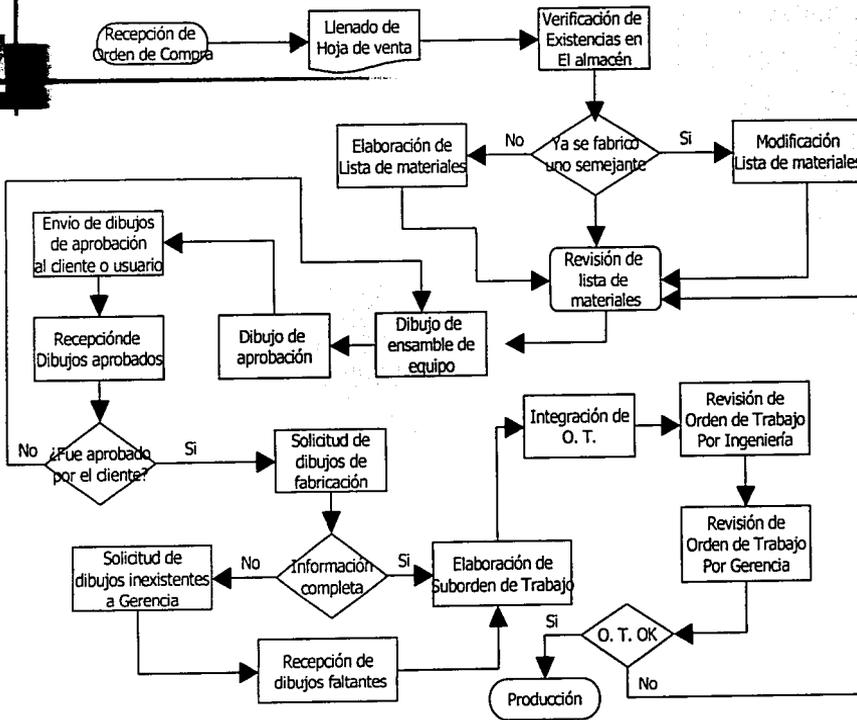
La elaboración de la Orden de Trabajo lleva un proceso largo debido a que la información no es muy clara y muchas veces hay falta de comunicación con el cliente o usuario en detalles técnicos. Por otra parte, algunos planos de fabricación están en pésimas condiciones que además de estar borrosos, se tienen que generar en el momento de su uso y no se dispone de mucho tiempo.

### *6.1) Descripción para la elaboración de la Orden de Trabajo*

Una vez recibida la orden de compra por parte del cliente, se le asigna un número de pedido, (figura 6.1.1), se procede a elaborar una hoja de venta, la cual está basada en la cotización presentada al cliente. Es necesario aclarar que en la mayoría de las ocasiones, las cotizaciones presentadas al cliente, contienen una descripción general

FIGURA 6.1 PROCESO GENERAL DE LA

# Orden de Trabajo



. 11 -

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

del equipo o bien la información contenida en la orden de compra es muy escueta. Por lo anterior, se debe agregar información más detallada y veraz, así como en caso de requerirse, hacer notas aclaratorias en la hoja de venta debido a que ésta es la base para la adquisición de MP's o insumos y fabricación del equipo(s).

El siguiente paso en la elaboración de la orden de trabajo es generar la lista de materiales en la cual se detallan los componentes o elementos requeridos para la fabricación del equipo. Deberá indicarse la cantidad, descripción, número de identificación, material de fabricación y cualquier otra información necesaria.

Se elabora el dibujo de aprobación, el cuál contiene información que debe ser conocida por el cliente. Este dibujo se le hace llegar al cliente para que la firme de enterado para evitar confusión y para que ambas partes estén de acuerdo. Una vez recibido el dibujo con la firma de aprobación del cliente pasa a formar parte de la orden de trabajo.

Ciertamente, un agitador es un equipo de fabricación especial debido a que es un equipo que se selecciona y diseña para una aplicación específica, sin embargo frecuentemente se presenta el caso en que el equipo solicitado ya se fabricó en el pasado. Por lo que antes de generar la lista de materiales conviene revisar en los registros de fabricación si ya se fabricó alguno semejante. Lo anterior es porque

existen modelos que por sus especificaciones son adecuados para determinadas aplicaciones en particular.

En la lista de materiales se indica la cantidad y componentes que están en existencia o deberán comprarse a proveedores externos, así como las partes que se requieren fabricar cuya información es solicitada al departamento de archivo autorizado por la gerencia. Esta debe ser revisada por el responsable de Ingeniería.

Teniendo la información solicitada, se procede a genera una "suborden de trabajo", la cual consiste en unas hojas en donde se señala la cantidad, descripción de la parte, material de construcción y se anexa el dibujo de fabricación y ensamble. Posteriormente se envía al área de producción para la fabricación y ensamble del equipo solicitado.

Finalmente, una orden de trabajo es un conjunto de documentos integrados por la lista de materiales, instrucciones de ensamble del equipo, dibujo firmado por el cliente, y subórdenes de trabajo con la información suficiente para que departamento de producción fabrique uno o varios equipos de agitación.

## **7) DETECCION DE PASOS SIN VALOR AGREGADO EN LA ORDEN DE TRABAJO**

El área de producción desea que todo plan de trabajo esté completamente claro, pero como en muchas ocasiones hay dudas, rechazan dichas órdenes, por esta razón se vuelve a revisar todos los documentos desde el inicio aunque solamente haya pequeñas correcciones, por lo que el proceso puede tardar más de lo planeado.

Uno de los principales pasos sin valor agregado se encuentra en el departamento de archivo, el cual en ocasiones no puede localizar los planos de fabricación con la rapidez deseada, o bien no existen planos de fabricación a la mano, de tal manera que se tiene que buscar en el archivo y también se depende de la disponibilidad de esta persona que tiene otras actividades que realizar.

La generación de los dibujos a veces es tardía por que no está disponible la información técnica. También sucede que no se pueden ver bien las dimensiones por lo poco legibles que están los dibujos de fabricación y los dibujantes tienen que esperar hasta que el especialista les envíe la información para complementarlos.

La autorización de la O.T. no solo se aprueba, sino que se revisa la lista de materiales y subórdenes de trabajo. Este proceso puede llevar mucho tiempo en revisión, lo que genera tiempo muerto debido

a que solo la gerencia es la única facultada para autorizar la O.T. y no siempre tiene tiempo para hacerlo.

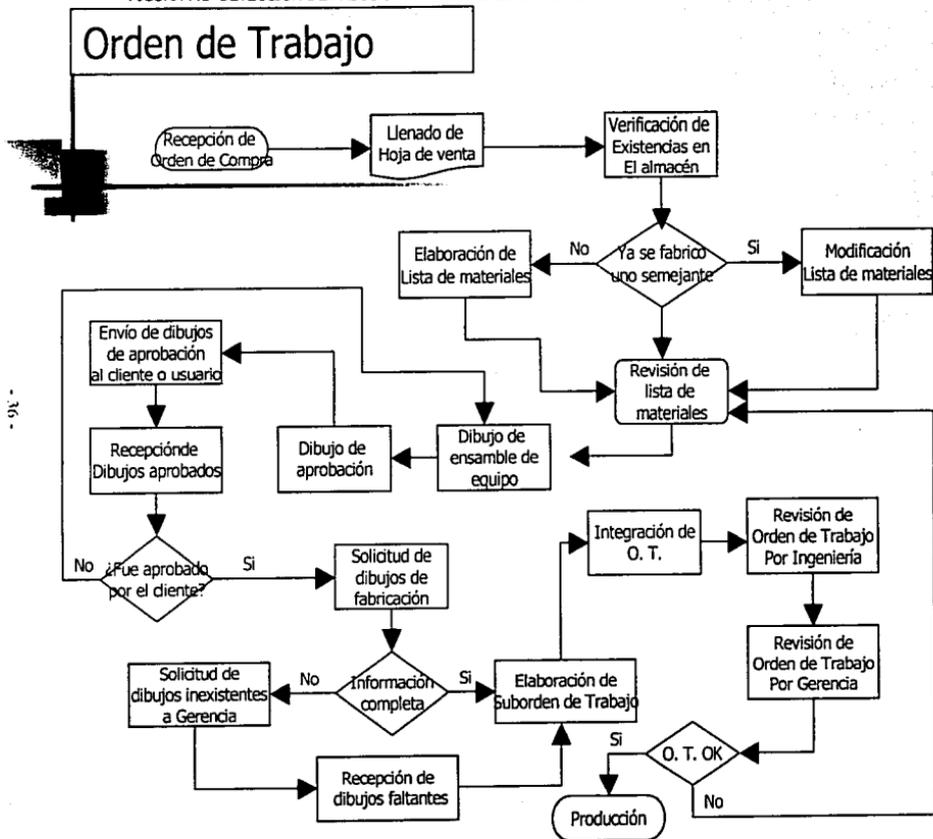
Como se puede observar, hay dos actividades críticas, que son la solicitud de dibujos inexistentes a la Gerencia y la revisión de la Orden de Trabajo y lista de materiales por la Gerencia que se lleva hasta una semana, sobre todo cuando el Gerente no se encuentra, ya que da prioridad a otros negocios para los cuales tiene que viajar constantemente. Lo anterior también puede ser ocasionado por los factores que a continuación se mencionan:

1. Al extenso intercambio de información y redundancia de datos.
2. A la alta relación de comprobación y control por la desconfianza y la centralización de autoridad y decisión.
3. La repetición del trabajo por falta de comunicación.

En la figura 7.1 se presentan los pasos que no agregan valor en el diagrama.

Se entiende que no son de valor agregado porque no son pasos del proceso que le interesen o cumplan con las expectativas del cliente y no transforma o da valor a la información o al producto.

FIGURA 7.1 DETECCIÓN DE PASOS SIN VALOR AGREGADO EN LA



- 16 -

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **8) SUGERENCIAS DE CAMBIOS AL PROCESO**

Al parecer, eliminando los dos pasos mencionados anteriormente, los cuales no agregan valor, pudiera mejorar todo el proceso, y si no es posible eliminarlos por completo, por lo menos reducir al mínimo este tiempo. Por tal motivo, los tiempos de entrega de los equipos a veces son largos y muchos clientes no están dispuestos a esperar tanto tiempo.

El Departamento de Producción generalmente cumple con el programa de fabricación, pero con el retraso que origina la generación y liberación de la O.T., todo el proceso se retrasa. Es importante el apoyo de la gerencia, ya que sin el no sería posible llevar los cambios sugeridos.

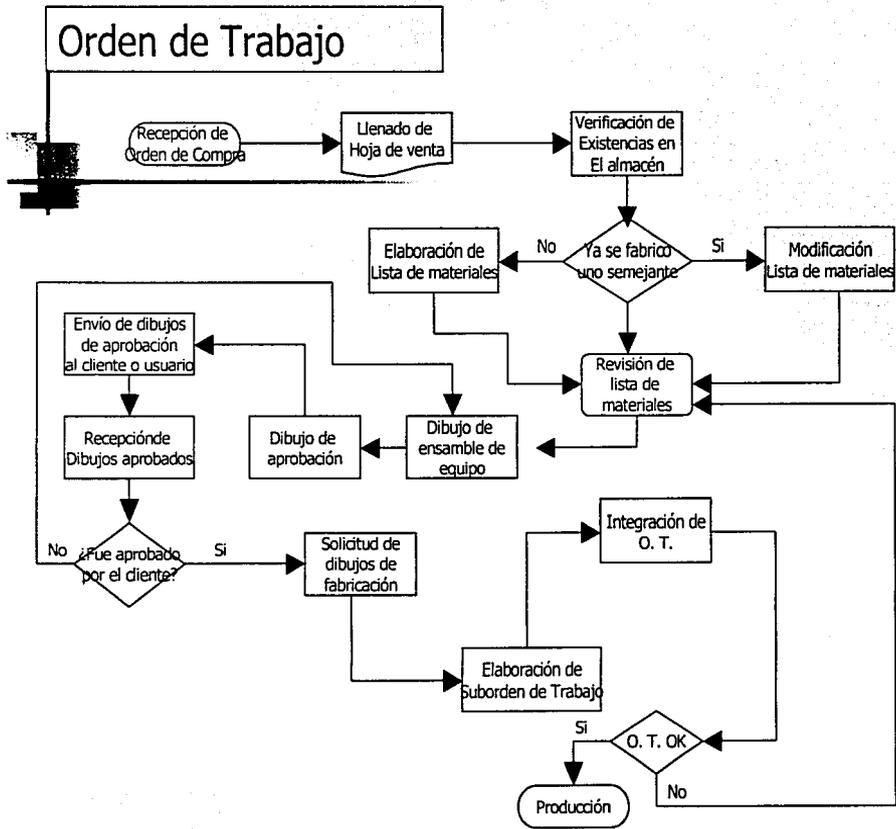
A continuación se presenta una propuesta de mejora:

- El Departamento de Archivo deberá clasificar y registrar toda la información que se tiene a la mano o con la que se cuenta.
- Se deberá nombrar un responsable que tenga a su cargo toda la información anterior y que la proporcione rápidamente cuando se requiera.
- Se deberá nombrar un responsable en ingeniería y costos para evitar que todo deba ser revisado por la gerencia, únicamente la gerencia debe "aprobar".

- Incluir más personal que realice la generación de planos de todos los equipos para que cualquier dibujo o plano este disponible cuando se requiera. Evidentemente, el tiempo de elaboración se reduciría significativamente.
- Evitar cualquier otro tipo de cuello de botella.
- Contar con el apoyo del área de producción para aclarar cualquier duda en el proceso de manufactura y revisar la orden de trabajo con el responsable de producción para aclarar cualquier duda.
- Debido a que no existe un departamento de diseño mecánico, sería conveniente crear uno o bien, solicitar apoyo al área de producción cuando no se disponga de información de fabricación de partes que no se tienen. Cabe mencionar que lo anterior ya se ha hecho y a dado buen resultado.
- El departamento de ingeniería deberá establecer un vínculo o involucrarse más en producción, con el objetivo de esclarecer las necesidades que se desean satisfacer y ayudar a conocer su capacidad y sus limitaciones.
- Documentar todos los cambios y ajustes que se presenten en el proceso para facilitar todas las órdenes que surjan en el futuro.

En la figura 8.1 se presenta el diagrama con los cambios sugeridos.

FIGURA 8.1 CAMBIOS SUJERIDOS EN LA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ESTÁ TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## 9) RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados son mejorar la eficiencia y eficacia en los pasos que se llevan a cabo en el proceso, sobre todo en lo que respecta al tiempo de la generación y liberación de la O.T., así como la estandarización y documentación de procedimientos. También se espera tener mayor disponibilidad de la Información que se tiene bajo candado, de tal manera que los pasos que no presentan valor agregado se minimicen para hacer de este proceso lo más ágil posible, mejorando la calidad y sobre todo, el valor de nuestro producto.

Nuestros clientes se darán cuenta que nuestros productos además de cubrir todas sus necesidades llevarán en el servicio ese *plus* que nos distinga de nuestra competencia.

## 10) PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPO

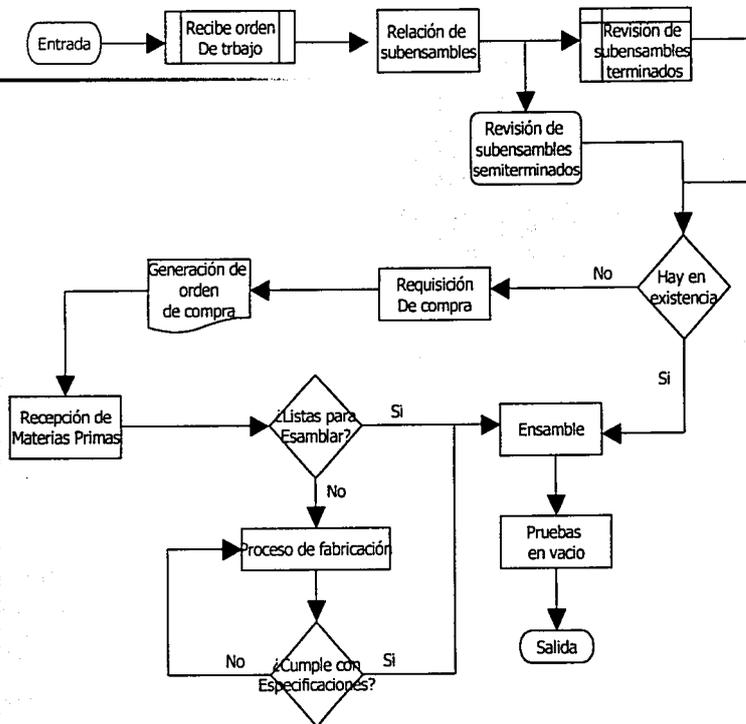
El Departamento de Producción recibe la Orden de Trabajo y apoyándose en la lista de materiales y ensamble del equipo, se elabora una relación de subensambles terminados. También se toman en cuenta a los semi-terminados para hacer la requisición de las materias primas que no se tienen. Si no se dispone de ellas, se elabora una requisición para posteriormente realizar la orden de compra. El procedimiento general de fabricación se puede observar en la figura 10.1.

Las partes semi-terminadas en existencia son la carcasa del reductor de velocidad, algunos elementos internos del reductor como por ejemplo el "quill" o eje hueco y los soportes de engranes. Como partes terminadas que se tienen en existencia son los engranes que corresponden al segundo tren de reducción (doble y triple reducción) o al único tren de reducción (reducción simple).

Los agitadores portátiles son en su mayoría de simple reducción y los agitadores de capacidades mayores a 3 HP son de doble reducción, sin embargo, existen aplicaciones en donde se requiere que el agitador sea de transmisión directa, triple y hasta de cuádruple reducción. En los agitadores de doble o triple reducción, dependiendo de la velocidad requerida, el segundo tren de engranes es el mismo,

FIGURA 10.1 PROCESO GENERAL DE LA

# Fabricación de equipo



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

por lo que el cambio que se da es en el primer tren, siendo esta la razón por la que el segundo tren se debe tener en existencia.

El tipo y diámetro del impulsor, así como el diámetro y longitud de la flecha agitadora y los materiales de construcción de la parte agitadora deben ser muy específicos, ya que depende de la aplicación en particular, por lo que el material se adquiere para cada orden de trabajo.

En ocasiones, se cuenta con forjas como MP's para la fabricación de piñones y engranes así como de la flecha-piñón. El motor eléctrico o neumático es un componente del agitador que se compra con un proveedor y este únicamente se acopla. Lo mismo se puede decir del sello mecánico, cople flexible, juntas, retenes, empaquetadura y otros.

En ocasiones, el reductor de velocidad se adquiere en su totalidad y lo único que se fabrica es la parte agitadora y se ensambla. Para este trabajo se considera el caso en que se fabrica el agitador en su mayor parte con excepción de los componentes anteriormente mencionados que se compran y ya vienen listos para ser ensamblados.

A continuación se menciona de manera general el proceso de fabricación de cada uno de los componentes del agitador:

1) *Carcasa*: Es la parte que contiene los engranes y demás elementos internos del reductor de velocidad y esta puede ser fabricada en fundición de aluminio o hierro fundido, así como también de placa de acero. Debe ser resistente a las cargas presentes al funcionar el agitador. Una vez fabricada es relevada de esfuerzos y maquinada.

2) *Flecha-piñón, piñones y engranes*: Según el número de trenes de reducción que se requieran, la forja se maquina para generar el piñón o engrane. Una vez generado, se somete a un tratamiento térmico y para tener mayor eficiencia se rectifica o se le da un acabado final, lo que garantiza un mayor contacto entre dientes. Existen algunos engranes y piñones, que por su diseño y calidad requerida deben ser importados.

### 3) *Parte agitadora*

3.1) *Impulsor*: Un impulsor consiste principalmente de un centro en donde se soldan o pernean hojas cuyas características geométricas dependen del tipo de impulsor del que se trate, así como el número de éstas. Estas hojas son de placa de acero con un determinado dobléz dependiendo el tipo, las cuales se sujetan a un soporte que está soldado en un centro, este centro también se le hace un cuñero.

3.2) *Flecha agitadora*: Es una barra de acero, la cual es maquinada, y se le coloca el número de cuñeros requeridos dependiendo del número

de impulsores. El par se transmite de la flecha agitadora al impulsor a través de una cuña.

Cabe señalar que la parte agitadora es balanceada estática y dinámicamente para su buen funcionamiento.

#### *4) Misceláneos:*

*4.1) Base Scoop:* Es una base en donde se coloca el motor que está acoplado a la flecha de alta velocidad del reductor por medio de un coplee tipo flexible. Se fabrica de placa de acero soldada. Esto aplica en acoplamiento de tipo compacto.

*4.2) Base adaptadora:* Permite acoplar el motor al reductor de velocidad cuando al acoplamiento es de tipo integral, en este caso el motor es bridado. Puede ser un tubo de fierro o acero y de fundición.

*4.3) Cople rígido:* Es fabricado en acero y se usa para acoplar la flecha de baja velocidad del reductor de velocidad con la flecha agitadora. Dependiendo de la longitud de la flecha pueden existir más de uno en la flecha agitadora.

*4.4) Placa de montaje:* En tanques abiertos el montaje del agitador al tanque es por medio de una placa, la cual es fabricada la mayoría de las veces en acero al carbón.

4.5) *Brida de montaje*: En reactores, en donde el sistema es cerrado, el montaje del agitador requiere de bridas, fabricadas en acero al carbón y el ajuste en acero inoxidable.

4.6) *Base del fondo del tanque*: Para flechas muy largas, se requiere fabricar una guía, la cual se coloca en el fondo del tanque. El material de construcción es el mismo que el de la parte agitadora, con un buje de teflón. Su función es evitar el cabeceo de la flecha agitadora.

4.7) *Cuñas, aletas estabilizadoras, bujes y pernos*. Estas piezas se fabrican del mismo material que la parte agitadora y a excepción de las cuñas, que en la mayoría de las veces se requieren, las otras partes se utilizan en algunas ocasiones.

Las partes que son fabricadas deben de cumplir con normas y estándares de calidad y de diseño, por lo que estas están sujetas a revisión para su aprobación o rechazo.

Una vez que tienen terminadas y revisadas la mayor parte de los subsensibles, se procede al ensamble del equipo y pruebas en vacío.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se da un proceso que administrativamente es sencillo, pero que se va complicando conforme transcurre el tiempo. Principalmente, esto se debe a cambios que se llevan a cabo sin tomar en cuenta la importancia de documentarlos, por lo que la organización, en consecuencia, también cambia. Los departamentos se van separando y encerrando en la parte que les corresponde, se trabaja en "silos" y se rompe la comunicación y lo peor de todo es que cada quién cree que tiene la razón y no es capaz de comprender a los demás.

Se debe fomentar una cultura de servicio, teniendo en cuenta que dentro de una organización todos los departamentos son clientes y proveedores en toda la cadena de suministro.

Todo esto se reflejará en la calidad del servicio, el cliente apreciará todo esto, nos preferirá y volverá a comprar nuestros productos.

El mercado cada día está más competitivo y los tiempos de entrega son un factor muy importante en la decisión del cliente por nuestros productos.

La rapidez y precisión de todos los procesos, así como la optimización, la capacitación y el conocimiento del personal, el corto tiempo de respuesta, el conocimiento de lo que quiere el cliente y sobre todo el servicio son un valor agregado muy importante.

También hay que tomar en cuenta que cuando nuestro producto satisface la necesidad del cliente en forma total, el precio puede pasar a segundo término.

## BIBLIOGRAFIA

- 📖 Morris, Daniel y Brandon, Joel. Reingeniería: cómo aplicarla con éxito en los negocios. Editorial Mc. Graw-Hill. Santafé de Bogotá, Colombia. 1994. Páginas 41-50, 66-74, 101.
- 📖 Koontz, Harold y Wehrich, Heinz. Administración: Una perspectiva global. Editorial Mc. Graw-Hill. 10ª. Edición. México, 1994. Páginas 565-567, 696-699.
- 📖 Grouard, Beinot y Meston, Francis. Reingeniería del Cambio: diez claves para transformar la empresa. Ed. Norma, Bogotá, 1984. Páginas 1-3.
- 📖 Ludwig, Ernest E. Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants. Ed. Gulf Publishing Co. 2ª. Edición. Volumen 1. Houston Tex.1984. Páginas 181-205.
- 📖 Hicks, Richard W. y Dickey, David S. Applications analysis for turbine agitators. Chemical Engineering, November 8, 1976.
- 📖 William Dietsche. Choose the best Mixers Every Time. Chemical Engineering, August, 1998