

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

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

“Memoria Técnica de Instalación de un Sistema de Cocción
Automático de Almidón Catiónico en una Industria Papelera”.

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

JAIME OSWALDO PLUAS CASTRO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2005

DECLARACIÓN EXPRESA

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

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Jaime Plusas Castro

AGRADECIMIENTO

Al CIMEG y el equipo de Trabajo conformado en este proyecto de graduación, a la FIMCP, por coadyuvar la iniciativa del CIMEG y por la valiosa formación académica brindada durante los años de estudios y principalmente a Dios por haberme permitido llegar a cristalizar este objetivo.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos como fruto a su esfuerzo y consejos, a mis hijos como muestra que no es porque las cosas son difíciles que no nos atrevemos, es porque no nos atrevemos que parecen difíciles, y que serán sus elecciones las que dirijan su camino, a mi esposa por su comprensión y aliento, a Papelera Nacional S.A. por el apoyo brindado.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DELEGADO POR DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

Ing. Ernesto Martinez L.
VOCAL

RESUMEN

Este proyecto es desarrollado en la Planta Industrial de Papelera Nacional, una empresa agroindustrial ciento por ciento ecuatoriana que desarrolla la actividad de fabricación de papel Kraft de reconocido prestigio en cuanto a la calidad de sus equipos, a la ingeniería aplicada y a su constante innovación.

Esta tesis es una memoria técnica de la instalación de un sistema de cocción automático de almidón desde su etapa de justificación técnico-económica, incluyendo la etapa de selección y montaje de los equipos , hasta la evaluación de los resultados.

La situación que se mejoro con este proyecto fue optimizar el consumo de vapor y almidón requerido en el proceso de preparación al mejorar la eficiencia de la cocción y además homogenizar la mezcla, debido a la alta tecnología de este equipo, muy superior al sistema de preparación por etapas de que se disponía.

Los resultados esperados fueron cuantificados en la disminución del consumo de almidón por día de producción proyectándose un ahorro del 10 % del consumo actual con respecto antes del proyecto y una disminución

del consumo de vapor en un 60%, haciendo la misma comparación. Este análisis arrojó un retorno de la Inversión de 1.8 años.

INDICE GENERAL

	Pàg
RESUMEN.....	III
INDICE GENERAL.....	V
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGIA.....	IX
INDICE DE FIGURAS Y FOTOS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE PLANOS.....	XIII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1	
1.- ANTECEDENTES	
1.1 Entorno de la empresa y del papel.....	3
1.2 Descripción de sección de químicos.....	14
1.3 Rol del almidón en el proceso productivo del papel.....	18
1.4 Análisis del sistema actual de preparación de almidón.....	21

CAPITULO 2

2.- DESARROLLO DEL PROYECTO

- 2.1- Justificación técnico-económica de la instalación de un sistema de preparación de almidón en línea (JET COOKER).....26
- 2.2- Conceptos y cálculos de Ingeniería de la instalación.....29
- 2.3- Planificación de la instalación..... 69
- 2.4- Ejecución de trabajos de instalación.....73

CAPITULO 3

3. EVALUACION DE RESULTADOS DEL PROYECTO

- 3.1- Costos reales de instalación e índices del proyecto.....79
- 3.2- Parámetros afectados y beneficio real de la inversión.....81

CAPITULO 4

- 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....85**

APENDICES.

BIBLIOGRAFIA.

ABREVIATURAS

Hp	Caballos de fuerza
Bhp	Caballos de fuerza de frenado
cm.	Centímetros
cm ³	Centímetros cúbicos
cstokes	Centistokes
PID	Diagrama de procesos e instrumentos
CQ	Factor de corrección de caudal para líquidos viscosos
Ch	Factor de corrección de cabezal para líquidos viscosos
CE	Factor de corrección de eficiencia para líquidos viscosos
gal	Galones
gr.	Gramos
g/ cm ³	Gramos por centímetros cúbico
°C	Grados centígrados
SG	Gravedad específica
Km.	Kilómetros
Kg.	Kilogramo
Kg./m ²	Kilogramo por metro cuadrado
Kg./h	Kilogramos por hora
Kw.	Kilowatios
Kw./h	Kilowatios por hora
Kg.-m	Kilogramo-metro
psig	Libras por pulgada al cuadrado (manométrica)
psia	Libras por pulgada al cuadrado (absoluta).
Lb/h	Libras por hora
Lb-in	Libras-pulgada
L/min	Litros por minuto
L	Litros
m/h	Metros por hora
m ²	Metros al cuadrado
m	Metros

min	Minutos
Pa	Pascall
IPN	Perfil estructural I
HEB	Perfil estructural H
Ft	Pies
Ft ³	Pies cúbicos
Ft/s	Pies por segundo al cuadrado
in	Pulgadas
Fob	Precio de equipo embarcado en puerto de origen
rpm	Revoluciones por minuto
Tm	Toneladas métricas
Tm/año	Toneladas métricas por año
s	Segundo

SIMBOLOGIA

h	Altura
A	Area
Q	Caudal
H	Cabezal
F	Carga
Δ	Diferencia o incremento entre dos puntos
d	Diametro
E	Eficiencia
σ_{τ}	Esfuerzo de trabajo
g	Gravedad
Ph	Grado de acidez o basicidad
I	Inercia
Δ/L	Incremento por unidad de longitud.
Fy	Límite de fluencia del acero
Le	Longitud equivalente
Ey	Modulo de elasticidad
M	Momento Flector
%	Porcentaje
P	Presión
Pv	Presión de vapor
T	Temperatura
V	Volumen
Ns	Velocidad especifica
ν	Viscosidad cinemática

INDICE DE FIGURAS Y FOTOS

		Pag	
Figura	1.1	Productos de Papelera Nacional	8
Figura	1.2	Sección de Refinación	18
Figura	1.3	Pruebas de resistencia del Papel	20
Figura	1.4	Sistema de Preparación de almidón por etapas	23
Figura	2.1	Diagrama de Procesos e instrumentos	30
Figura	2.2	Jet Cooker	34
Figura	2.3	Perspectiva Jet Cooker	34
Figura	2.4	Esquema de Instalación de bomba de distribución de almidón M1	43
Figura	2.5	Rangos de Velocidad específica	49
Figura	2.6	Selección de tamaño de bomba	50
Figura	2.7	Curva caudal –cabezal de bomba seleccionada	51
Figura	2.8	Proceso de estrangulamiento	54
Figura	2.9	Diagrama de saturación de vapor suministrado al Jet Cooker	56
Figura	2.10	Especificaciones Técnicas de losa	64
Figura	2.11	Preparativos de Fundición de losa	74
Figura	2.12	Fundición de losa	74
Figura	2.13	Sistema de preparación por etapas reubicado	77
Figura	2.14	Montaje del Jet Cooker	77
Figura	2.15	Arranque del Jet Cooker	78

INDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Capacidad de Producción	6
Tabla 2	Consumo de químicos del Molino 2	17
Tabla 3	Propiedades físicas típicas	19
Tabla 4	Indice de consumo de almidón con sistema de preparación por etapas	24
Tabla 5	Descripción de tanques del sistema de preparación por etapas	24
Tabla 6	Descripción de bombas del sistema de preparación por etapas	25
Tabla 7	Beneficios de la Inversión	27
Tabla 8	Presupuesto de Instalación	28
Tabla 9	Retorno de inversión del proyecto	29
Tabla 10	Requerimiento de almidón de los molinos	36
Tabla 11	Capacidad requerida de tanques	36
Tabla 12	Capacidad de tanques existentes	38
Tabla 13	Tiempo de abastecimiento y llenado de tanques	38
Tabla 14	Flujo de almidón procesado y dimensionamiento de Tanques	39
Tabla 15	Lista de bombas requeridas	40
Tabla 16	Requerimientos de bombas	41
Tabla 17	Datos generales del fluido e instalación	44
Tabla 18	Velocidades recomendadas para flujo de agua en tuberías	45
Tabla 19	Evaluación de pérdidas en tuberías y accesorios	46
Tabla 20	Cabezal dinámico de succión y descarga	47
Tabla 21	Altura dinámica total	48
Tabla 22	Calculo de NPSH	49
Tabla 23	Condiciones de diseño y factores de corrección	52
Tabla 24	Potencia real requerida	52
Tabla 25	Datos operacionales de calderas	53

Tabla 26	Calculo de flujo de agua de saturación	57
Tabla 27	Valores interpolación tabla liquido comprimido	58
Tabla 28	Valores interpolación tabla vapor sobrecalentado	59
Tabla 29	Calculo de viga del polipasto	66
Tabla 30	Calculo de viga cargadora	67
Tabla 31	Calculo de columna	68
Tabla 32	Detalles costos del proyecto (Real vs. Presup.)	81
Tabla 33	Resumen de costos del proyecto	82
Tabla 34	Índices de costos del proyecto	82
Tabla 35	Beneficio real de la inversión	83
Tabla 36	Retorno real de la inversión	84

INDICE DE PLANOS

Plano 1	Implantación área del Jet Cooker.
Plano 2	Distribución de equipos del Jet Cooker.
Plano 3	Plano de estructura soporte del polipasto .
Plano 4	Isométrico de instalación de equipos y tuberías.
Plano 5	Plano de cubierta .

INTRODUCCION

El presente proyecto se origina por la necesidad de implementar planes de reducción de costos de la producción de papel, concretamente por la reducción en el consumo de almidón catiónico y vapor en la planta industrial de Papelera Nacional compuesta básicamente por dos maquinas de papel, es propuesto por la gerencia de producción y es incluido dentro del plan de inversiones del año 2003, como parte de los proyectos de mejora del beneficio. En la actualidad es prioridad de las empresas ser más eficientes y mejorar todos los índices que ayuden a mantener un alto grado de competitividad.

En primer lugar realizo, una breve descripción del entorno de la empresa y el proceso productivo del papel donde se identifica el rol del almidón dentro del proceso y se analiza su sistema de preparación, se realiza la justificación técnica-económica, con la cual es sometido a aprobación de gerencia y se realizan los cálculos de la ingeniería de instalación que comprende la selección de bombas y tuberías, saturación de vapor, dimensionamiento de tanques y cálculos estructurales. Se describe el proceso de planificación de la instalación y el montaje de los equipos.

CAPITULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 Entorno de la empresa y del papel

PAPELERA NACIONAL S. A. Fue constituida legalmente el 28 de Febrero de 1961, inicia sus operaciones en 1968 con una capacidad instalada de 10,000 Tm/año, de papel Kraft de bajo peso básico y el montaje de la planta de pulpa de bagazo de caña de azúcar, para aprovechar las materias primas fibrosas generadas en la producción de azúcar en el Ingenio San Carlos.

La base tecnológica fue proporcionada por International Paper Co. Papelera Nacional ha realizado varias ampliaciones en su capacidad instalada y ha incorporado maquinarias y equipos con el propósito de diversificar la producción de papel Kraft y de los subproductos.

CAPITULO 3

3. EVALUACION DE RESULTADOS DEL PROYECTO.

Este capítulo se basa en el análisis de dos aspectos principales que fueron causales de la aprobación del proyecto tal como son: Los costos reales y Los beneficios reales, para el primero la valoración pudo ser realizada con ayuda de la información generada por el departamento de contabilidad mediante el uso del centro de costo y el departamento de compras mediante los comités de aprobaciones de los pedidos realizados, todo esto una vez culminado el proceso de instalación.

Para el segundo se realizó este análisis con datos generados durante los primeros tres meses de operación del nuevo sistema y realizando una proyección en el año de los índices hasta esa fecha calculados.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

De la evaluación realizada se puede enunciar las siguientes conclusiones:

1. El beneficio de la inversión debido al ahorro en el consumo de almidón fue 13% mas de lo presupuestado, que era del 10% alcanzando un ahorro respecto antes del proyecto del 23%.
2. El beneficio de la inversión debido al ahorro en el consumo de vapor fue 11.2% mas de lo presupuestado, que era del 60%, alcanzándose un ahorro del 71.2%, respecto antes del proyecto.

Con los datos de costos y beneficios reales de la inversión se realiza la evaluación de los resultados del proyecto, indicándose los índices del mismo, y en base a esta evaluación se establecen las mejoras conseguidas por el proyecto.

En 1974, la empresa incorpora a su planta de producción maquinarias para la confección de sacos multicapas de gran contenido, con una capacidad de producción de 18'000.000 de unidades por año. Debido a esta inversión, Papelera Nacional S.A. empezó a fabricar sacos multicapas de papel kraft, según especificaciones que se ajustan perfectamente a las necesidades de cada uno de sus clientes, tales como: la industria azucarera, cementeras, químicos, alimentos balanceados y otros.

Continuando su política de expansión en 1978 Papelera Nacional S.A. realiza una importante ampliación, incorporando maquinarias y equipos que le permitieron ampliar su capacidad de producción en un 67% y, especialmente, mejorar los estándares de calidad de sus papeles; de igual manera, se inició la producción de papel extensible bajo la aplicación del sistema Clupak y también papel corrugado medio.

En vista de la creciente necesidad y la permanente aceptación de sus productos en el mercado nacional, se consideró oportuno realizar en 1985 una nueva ampliación de su capacidad instalada, lo que permitió la generación de 28.000 Tm. anuales de papel kraft.

En 1992 se inicia los estudios para la implantación de un nuevo molino de papel. En 1994 se inaugura el molino # 2 para la producción de

papel Kraft tipo corrugado medio y test liner. Aumentando la capacidad instalada a 80,000 Tm/año.

En la actualidad es filial de Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. Su capacidad de producción anual es de 80,000 Tm/año de papel Kraft y de 50,000,000 sacos de gran contenido.

Se encuentra ubicada en la provincia del Guayas, Cantón Coronel Marcelino Maridueña, a 40 Km. De la ciudad de Guayaquil, junto a Papelera Nacional S.A. , en esta pequeña población rural , viven cientos de empleados de la fábrica junto a sus familias, gente con una fuente de ingresos segura y dispone de los servicios básicos, necesarios para desarrollar sus actividades muy cerca de la naturaleza.

Por otro lado, en las ciudades, miles de personas han encontrado que la recolección de los desperdicios de cartón les permite obtener ingresos importantes. Esta actividad se constituye en un significativo aporte productivo para el Ecuador.

Papelera Nacional S.A., a la presente fecha, supera la producción anual de 25.000 Tm. de papel y cubre con holgura las necesidades del mercado nacional, lo cual le permite la posibilidad de entrar a competir en el mercado internacional, con productos de primera calidad.

A continuación se incluye la tabla 1, donde se muestra la capacidad de la planta por unidad productiva.

TABLA 1
CAPACIDAD DE PRODUCCION

UNIDAD PRODUCTIVA	CAPACIDAD	UNIDADES
MOLINO 1	30.000	Tm/año
MOLINO 2	50.000	Tm/año
TOTAL PRODUCCION DE PAPEL	80.000	Tm/año
PLANTA DE PULPA DE BAGAZO	20.000	Tm/año
PRODUCCION DE SACOS	6.000	Sacos /h
TUBOS ESPIRALADOS	600	m/h
RIBETES	350	Kg/h
CALDERAS	59.091	Kgv /h
TURBOGENERADOR	4000	Kw/h

Entre los principales productos de Papelera Nacional tenemos:

Papel Extensible: Se utiliza en la elaboración de sacos de gran contenido, especialmente para cemento, azúcar, alimentos balanceados, cal, etc.

Papel Kraft Empaque: Se utiliza para envoltura de productos domésticos e industriales, que deben estar protegidos del ambiente exterior.

Papel Corrugado medio: Es un papel fabricado con materias primas recicladas y fibras vírgenes provenientes de la pulpa de bagazo de caña de azúcar.

Papel Test Liner: Es un papel tipo kraft sin blanquear, fabricado con materias primas recicladas como recortes de cajas de cartón.

Fundas: Son confeccionadas con dos o más capas, dos válvulas, boca abierta, con fondos pegados y en diferentes tamaños de acuerdo a los requerimientos del cliente y del producto.

Tubos espiralados: Fabricados con ribetes de papel kraft de ocho centímetros de ancho, con las especificaciones técnicas acordadas en conjunto con nuestros clientes.

Estos tubos son utilizados como núcleos para envolver papel, plásticos, textiles, etc.

A continuación en la figura 1.1, se puede apreciar la presentación de nuestros productos.



FIGURA 1.1 PRODUCTOS DE PAPELERA NACIONAL

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL PAPEL.

El proceso de producción del papel se realiza en tres etapas principales definidas como:

- a) Recepción de Materia prima.
- b) Preparación de Pasta.
- c) Maquina de papel.

a) RECEPCION DE MATERIA PRIMA

Los recursos fibrosos utilizados en Papelera Nacional S.A. para el molino 2 son cartón industrial denominado DKL, cartón reciclado u OCC y bagazo. Cada una de estos recursos tienen sus características de recepción, y para el molino 1 adicionalmente la pulpa virgen de madera, para la producción de papel extensible.

Cartón Industrial (DKL):

Este cartón es el que llega de las diferentes cartoneras, por lo tanto es muy limpio lo que hace que se maneje un 0% de impurezas como requisito para su recepción. , dentro de estas impurezas se clasifican plásticos grapas, y otros.

Cartón Reciclado (OCC):

Este cartón es el que se recibe a las diferentes empresas de reciclaje, por lo tanto viene mucho más contaminado que el DKL, por esto los requerimientos de recepción son máximo 12% de humedad y 5% de impurezas.

Bagazo de caña de azúcar: Es el producto residual fibroso que se obtiene de la molienda de la caña de azúcar a la que se le han

extraído los jugos. Se producen 20.000 Tm anuales de bagazo de caña de azúcar, que es utilizado para la elaboración de pulpa de bagazo, material necesario para la fabricación de papel.

Pulpa de madera (pulpa Kraft): Material fibroso, generalmente derivado de la madera, que es producido por un proceso donde el ingrediente activo es una mezcla de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio. Su nombre se deriva de la palabra alemana "fuerte", precisamente por la resistencia de las fibras que resultan de este proceso de pulpeo.

b) PREPARACIÓN DE PASTA.

Se la puede dividir en tres secciones.

Disgregación de fibra: Consiste en la separación de fibras y otros componentes de la Materia Prima en un medio acuoso.

Esta etapa está integrada por el pulper, el belpurge y los limpiadores de alta densidad. Aquí se da la desintegración de la materia prima en agua por medio del movimiento de las aspas del rotor del pulper y se da un ciclo de limpiado en el cual se desechan plásticos, alambres e impurezas grandes. En el pulper se elimina una parte de impurezas, en el belpurge sale la fibra no disgregada o la que contiene material

con resistencia en húmedo y otra parte de plásticos. En los limpiadores de alta densidad se eliminan arenas, grapas y piedras.

Depuración de Fibra: Consiste en la separación y eliminación de contaminantes de la Materia Prima (Plásticos, Arena, Grapas) por medios mecánicos y físicos.

Está compuesto por las Cribas presurizadas I y II en las cuales se eliminan las impurezas que no pasan por los orificios y ranuras de clasificación y el separplast cuya función es separar totalmente los plásticos y recibir el rechazo de la criba secundaria y recuperar la fibra que vaya en éste. Los limpiadores centrífugos que se dividen en uniflow que eliminan impurezas de menor densidad que la fibra y los posiflow que desechan contaminantes de mayor densidad que la fibra.

Espesado de pulpa : Es el aumento de consistencia de Pulpa mediante la filtración de agua. El equipo utilizado se denomina Polydisk, cuya función es espesar la suspensión de fibra hasta regular la consistencia para preparar la suspensión para el siguiente paso que es la refinación, además debe separar los filtrados en agua turbia y clara.

Refinación: Tratamiento Mecánico de la fibras con el fin de obtener corte y desfibrilado necesario. En esta etapa se tienen los equipos de refinación de OCC, de máquina y de broke, en los cuales por acción mecánica se corta y se desfibrila dando mejores propiedades físicas a la fibra. Esta es la etapa en la que se dan todas las propiedades físicas del papel y es donde es importante la dosificación del almidón que se suministra directamente a la pasta.

A partir de esta etapa se realiza la denominada mezcla de pulpas que es la combinación de fibras de diferentes propiedades según grado del papel a fabricar, para luego realizarse la limpieza de baja densidad que es la separación de impurezas livianas mediante centrifugado y diferencia de densidad, realizado por una batería de limpiadores de baja densidad y la depuración final que es realizada con un depurador presurizado para acondicionar la pasta previo a su ingreso a la maquina de papel.

c) MAQUINA DE PAPEL

Compuesta por las secciones descritas a continuación: Zona Húmeda: En esta zona se realiza la formación de la hoja, el drenaje y el prensado, en la salida del rodillo couch, donde se termina el drenaje se tiene una sequedad de 20%, de aquí pasa a las prensas en donde

se consigue una sequedad del 40% a la salida de la segunda prensas y sus componentes son:

- Sistema de distribución de pasta
- Mesa de formación
- Sistema de vacío
- Sistema de prensado
- Sistema de agua blanca
- Sistema de regulación de formato (Trim)

Zona Seca: Es la etapa de secado en donde por contacto con las superficies pulidas y calientes de los secadores va perdiendo agua, éstas superficies son calentadas con vapor de agua y van aumentando en temperatura desde el secador 1 hasta el último. Esta compuesto de los siguientes sistemas:

- Secadores
- Sistema de cabos
- Transmisión de máquina
- Capota
- Sistema de Aire caliente
- Sistema de vapor y condensado

- Sistema automático de lubricación

Bobinadora y Rebobinadora : En la Bobinadora o pope el papel ya tiene una humedad del 7% (93% de sequedad). Aquí se forma el rollo con el diámetro determinado para que al rebobinar cumpla con los 140cm de diámetro estándar. En este punto se toman las muestras que son enviadas al laboratorio y finalmente el rollo pasa a la rebobinadora en donde es cortado en los anchos requeridos según la orden de producción.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE QUÍMICOS

Los químicos usados en el proceso de producción de papel son los siguientes:

Bactericida: Se agrega en el tanque de máquina para controlar bacterias anaerobias y aeróbicas, levaduras y hongos. Se realiza monitoreo de población microbiana la cual tiene límites máximos para hongos y levaduras.

Barredor de basuras aniónicas: Este es un polímero catiónico de bajo peso molecular (poli – dimetil - dialil – cloruro de amonio cuaternario), cuya función es atraer gomas, resinas y todo el material aniónico

contaminante para que cuando se agregue el almidón, éste sea utilizado esencialmente por las fibras y no por otras partículas aniónicas.

Almidón Catiónico: El almidón se dosifica directamente a la pasta para mejorar la resistencia física del papel evaluada mediante las pruebas de concora, rigidez, CFC-O

La relación almidón papel esta entre 5 – 7Kg/Tm de papel.

La relación del barredor con respecto al almidón es de 1 – 10 pero puede variar un poco de acuerdo a la contaminación de la materia prima.

Dispersante: Este se usa para limpiar la tela en la que se forma el papel. Su función es formar una película aniónica que protege la tela al repeler las basuras aniónicas.

Resina Encolante: Se utiliza resina colofonia la cual debe usarse en un Ph ácido, para que esta precipite y se fije a las fibras ésta siempre se aplica para test liner y para corrugado medio sólo cuando el cliente lo requiere. La dosificación es 2.5 – 3 Kg/Tm papel, aplicada directamente a la pasta para lograr un encolado interno. En otras

empresas se usa encolado superficial el cual se aplica como una película encima del papel.

Resina de Resistencia a la Humedad: Se usa resina de urea – formaldehído en pH ácidos y epiclorhidrina en pH neutros – alcalinos. La dosificación es 2.5 Kg./Tm de papel, esta se puede usar en test liner o en corrugado medio de acuerdo con las exigencias del cliente.

Sulfato de Aluminio: Sirve como puente de unión entre la celulosa y la resina encolante. Se trabaja con Ph entre 4.8 – 5.2.

La preparación previa dosificación de estos químicos, se la realiza independiente para cada molino de papel, de acuerdo a los requerimientos de los mismos.

En la tabla 2, se puede identificar los índices de consumo de varios químicos usados en el proceso incluyendo el almidón, la tabla muestra solo los datos de consumo del molino 2, los mismos que son similares para el molino 1. Se nota el índice de consumo de almidón igual a 6.2 Kg./Tm como uno de los más altos después del alumbre pero por su costo el mas significativo.

TABLA 2.
CONSUMO DE QUIMICOS DEL MOLINO 2

MESES	PROD.	BACTERICIDA		POLICATION		ALMIDON		RESINA		INHIB. CORRO		ALUMB. LIQ.	
	POPE	CONS.	IND.	CONS.	IND.	CONS.	IND.	CONS.	IND.	CONS.	IND.	CONS.	IND.
	Ton.	Kg.	Kg/T	Kg.	Kg/T	Kg.	Kg/T	Kg.	Kg/T	Kg.	Kg/T	Kg.	Kg/T
ENE	4.682	475	0,10	2.028	0,62	27.361	5,84	3.010	1,86	186	0,04	31.022	19,43
FEB	4.584	531	0,12	3.603	1,00	28.260	6,16	2.073	1,67	202	0,04	22.947	16,79
MAR	4.765	625	0,13	3.160	1,01	29.152	6,12	4.620	2,49	235	0,05	44.017	22,83
ABR	4.721	836	0,18	4.195	1,09	29.966	6,35	2.363	2,50	151	0,03	15.625	14,12
MAY	4.904	603	0,12	3.164	1,52	28.882	5,89	2.477	2,04	164	0,03	17.198	12,78
JUN	4.557	781	0,17	2.781	0,78	30.135	6,61	2.098	1,20	136	0,03	29.842	11,84
JUL	4.930	615	0,12	3.087	0,90	32.000	6,49	3.157	1,86	98	0,02	26.249	14,78
AGO	5.032	565	0,11	3.367	0,91	35.085	6,97	2.795	2,18	141	0,03	27.663	21,68
SEP	4.753	715	0,15	2.559	1,02	33.975	7,15	5.280	2,33	104	0,02	40.040	21,76
OCT	4.997	817	0,16	2.997	0,79	34.560	6,92	1.270	0,92	107	0,02	15.610	13,53
NOV	4.636	566	0,12	2.948	1,05	24.000	5,18	4.842	1,87	87	0,02	49.520	16,88
DIC	4.592	606	0,13	2.587	0,56	20.758	4,52	12.023	2,93	130	0,03	99.325	24,22
Tot.	57.152	7.734	0,14	36.475	0,64	354.134	6,20	46.008	2,79	1.740	0,03	419.058	24,89

1.3 ROL DEL ALMIDON EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL PAPEL.

Una propiedad muy importante del papel es su resistencia ya que a menudo tienen que soportar esfuerzos considerables, un factor influyente para alcanzar la resistencia deseada es la dosificación del almidón la misma que se realiza en la etapa de refinación.

A continuación se muestra una parte del flujograma del proceso de producción del papel, “Etapa de refinación”, notándose que la dosificación se la realiza directamente a la pasta de papel, en el tanque de máquina.

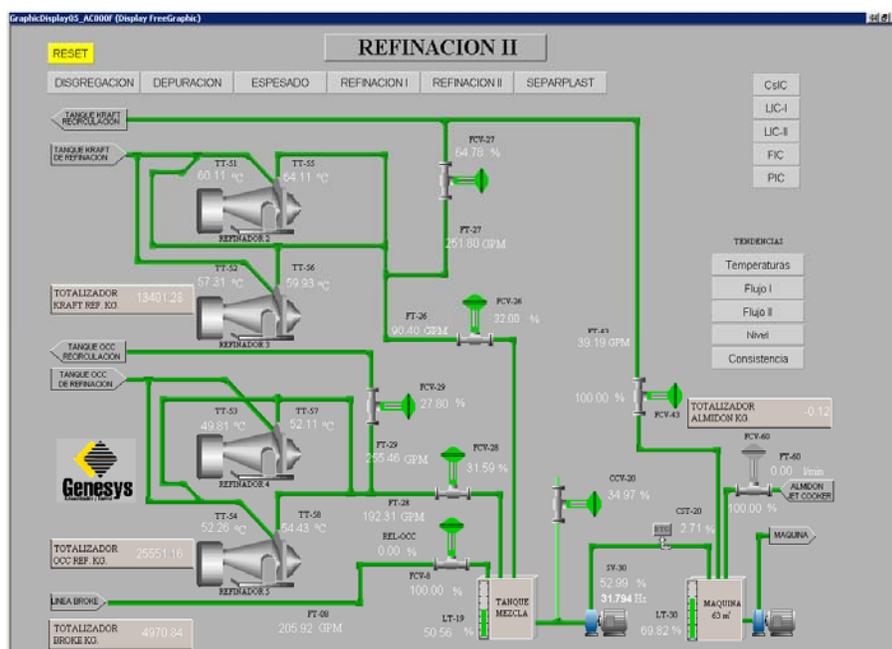


FIGURA 1.2 SECCION DE REFINACIÓN

Como se indico las pruebas que se realizan al papel para medir el parámetro de resistencia son: La prueba de rigidez, la prueba de concora, y la prueba de CFC-O.

Ninguna de esta pruebas es una medida fundamental sino más bien una combinación de factores tales como la flexibilidad, la resistencia de las fibras y la resistencia de unión, esta ultima muy relacionada con el suministro del almidón.

A continuación se incluye tabla con datos suministrados por el proveedor sobre las características del almidón proporcionado.

TABLA 3

PROPIEDADES FISICAS TIPICAS

TIPO DE PRODUCTO	ALMIDON CATIONICO DE PAPA
APARIENCIA	POLVO BLANCO
MOISTURE	13-14 %
OLOR	NINGUNO
TEMPERATURA DE GELATINIZACION	63 °C
PH SOLUCION AL 5%	5.5-6.5
VISCOSIDAD A 50°C 2.5 % SOLIDOS	173 cstokes

CONCORA: Es la resistencia a la compresión plana que puede tener un papel o cartón corrugado

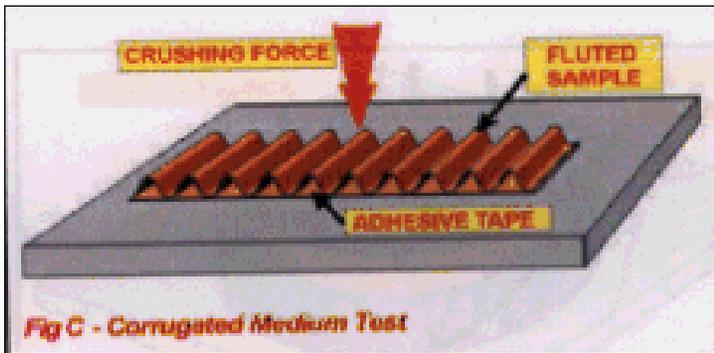


Fig C - Corrugated Medium Test

RIGIDEZ : Es la resistencia a la compresión de filo de un papel sin corrugar

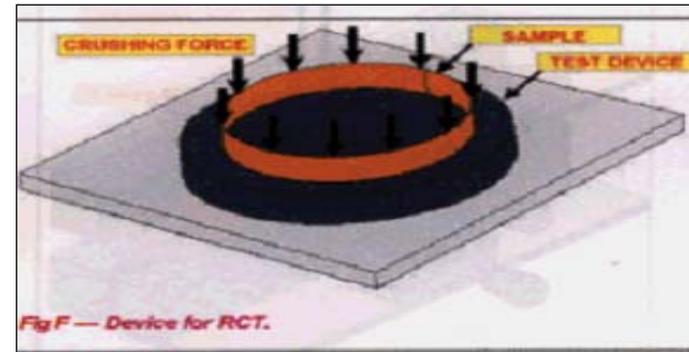


Fig F — Device for RCT.

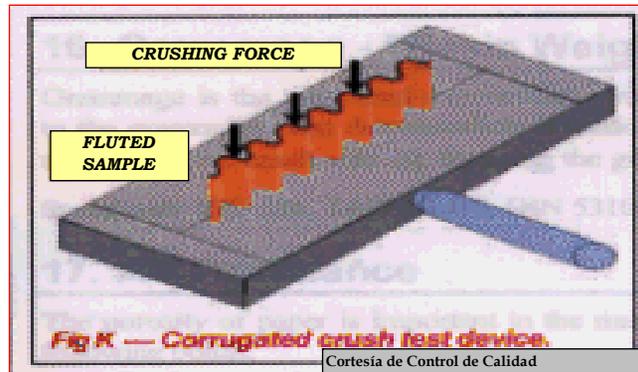


Fig K — Corrugated crush test device.

Cortesía de Control de Calidad

CFC-O:
Es la resistencia a la compresión de filo de un papel corrugado.

FIGURA 1.3 PRUEBAS DE RESISTENCIA DEL PAPEL.

1.4 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE PREPARACIÓN DEL ALMIDON.

Este sistema de cocción del almidón es de preparación por etapas, es decir se prepara la cantidad permitida por la capacidad del tanque donde se realiza la mezcla a vapor directo con el almidón diluido en agua , actividad que dura alrededor de 15 minutos hasta que la mezcla almidón – agua , sea llevada a la temperatura deseada (92 – 95°C), una vez que la lectura de los termómetros instalados era la correcta este era bombeado hacia un tanque de reserva el cual mantenía un stock durante un tiempo prudencial . El procedimiento de preparación era el siguiente:

1. Se vierte agua fresca en un tanque de 1500 L, hasta la mitad de su contenido.
2. Se enciende el agitador del tanque.
3. Se adiciona 50 Kg. de almidón y se alimenta vapor directo.
4. Se agrega agua hasta las $\frac{3}{4}$ partes de la capacidad del tanque.
5. Se deja cocinar hasta 92-95 °C, se controla temperatura durante un tiempo de 15 minutos.
6. Se llena el tanque con agua y se apaga el agitador.
7. Se bombea hacia los tanques de servicio.

Cabe indicar que en esta operación era común que haya pasado algún tiempo adicional a lo necesario en el tanque de preparación por ser esto controlado por un operador que tenía que controlar además otros procesos adicionales, ocasionando un desperdicio de vapor y no lográndose una mezcla homogénea de la reacción por no estar esta operación siempre dentro de los mismos parámetros.

Este proceso era independiente para cada molino, dándose la misma situación en ambos y por consiguiente ocasionando pérdidas por partida doble.

A continuación en la figura No.1.4, se muestra el sistema de cocción de almidón por etapas del molino 2, el mismo que sería desmontado debido a la instalación del nuevo sistema automático de cocción.

El sistema de preparación de almidón del molino 1, estaba basado en el mismo principio, es decir por etapas.

El índice de consumo de almidón se calcula en base a la producción de papel siendo el mismo la relación entre los Kilos de almidón usados por tonelada métrica de papel en el pope.



FIGURA 1.4 SISTEMA DE PREPARACIÓN DE ALMIDON POR ETAPAS

En la tabla 4, se muestra este índice durante los meses de operación del año 2003 con el sistema de cocción por etapas.

Consumo de vapor h): Este consumo fue medido antes de desmontar el sistema de preparación por etapas o baches, lográndose estimar en forma indirecta este consumo por diferencia esto es realizando una medición de consumo estando operativo el sistema de cocción del molino 2 y otra medición apagado por un periodo corto, siendo esta diferencia el consumo de vapor de este sistema. Esta forma de medición fue necesaria dado que no había registradores instalados para estos sistemas de cocción. Con esta medición se estimo un consumo de 1000 lb/hr (454.5 Kg/hr) por Tm de papel.

En las tablas 5 y 6, se describen los componentes de este sistema de cocción por etapas.

TABLA 4

INDICE DE CONSUMO DE ALMIDON CON SISTEMA DE PREPARACION POR ETAPAS.

MESES	PROD.	ALMIDON	
	POPE	CONS.	IND.
	Ton.	Kg.	Kg/T
ENE	4.682	27.361	5,84
FEB	4.584	28.260	6,16
MAR	4.765	29.152	6,12
ABR	4.721	29.966	6,35
MAY	4.904	28.882	5,89
JUN	4.557	30.135	6,61
JUL	4.930	32.000	6,49
AGO	5.032	35.085	6,97
SEP	4.753	33.975	7,15
OCT	4.997	34.560	6,92
Tot.	47.924	309.376	6,46

TABLA 5

DESCRIPCION DE TANQUES DEL SISTEMA DE PREPARACION POR ETAPAS

Tanques Existentes	Unid	Tanque Prep M2	Tanque serv M2	Tanque prep M1	Tanque servicio M1
Diametro d	Ft	5,8	7,8	4,2	4,2
Altura h	Ft	6,0	8,0	4,2	4,2
Volumen V	Ft ³	158,5	382,3	58,2	58,2
Capacidad	Gal	1.185,8	2.859,4	435,3	435,3
Capacidad	m ³	4,5	10,8	1,7	1,7

TABLA 6
DESCRIPCION DE BOMBAS DEL SISTEMA
DE PREPARACION POR ETAPAS

BOMBAS EXISTENTES			Bomba Tq Prep M2		Bomba Tq Serv M2		Bomba Tq Serv M1	
Marca			Goulds		Goulds		Allis-Chalmers	
Modelo			3196 S		LF 3196		CSO	
Size:			1X1,5-6		1X1,5-8		1X1,5-6	
Caudal	m ³ /h	[gpm]	5,9	26,0	2,9	12,8	2,3	10,0
Cabezal	m	[Ft]	11	36,0	50,0	164,0	18,3	60,0
Velocidad	rpm	[rpm]	1800	1.800	3.600	3.600	3.600	3.600
Potencia	Kw	[Hp]	2,2	3,0	11,1	15	2,2	3,0

CAPITULO 2

2 . DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1Justificación técnico-económica de la instalación de un sistema de preparación de almidón en línea (JET COOKER).

La justificación técnica para la implementación de este proyecto consiste en lo siguiente:

- 1.Mejorar la consistencia de la cocción
- 2.Mejorar la eficiencia de la reacción
- 3.Unificar el sistema de cocción para ambas maquinas.
- 4.Disminución del consumo de vapor

Conociendo los parámetros afectados con la implementación de este sistema se hace una comparación entre el sistema actual y el proyecto en cuanto a la disminución de consumo de almidón y vapor que se resume en la tabla 7.

TABLA 7
BENEFICIOS DE LA INVERSION

JUSTIFICACION TECNICA			
1	MEJORAR LA CONSISTENCIA DE LA COCCIÓN		
2	INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA REACCIÓN		
3	UNIFICAR SISTEMA DE COCCIÓN PARA AMBAS MÁQUINAS		
4	DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR		
JUSTIFICACION ECONOMICA		%	AHORRO (USD)
2	<u>INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA REACCIÓN</u> CONSUMO ACTUAL DE ALMIDON POR DIA EN LOS DOS MOLINOS COSTO DEL ALMIDON DISMINUCIÓN PROYECTADA EN CONSUMO DE ALMIDON AHORRO ANUAL POR DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE ALMIDON	10,0%	Kg/dia 1.750 USD/Kg 1,0 Kg/dia 175 USD/AÑO \$57.750,00
4	<u>DISMINUCIÓN DEL CONSUMO DE VAPOR</u> Consumo actual de vapor Consumo de vapor con jet cooker Ahorro en consumo de vapor Costo del vapor AHORRO ANUAL POR DISMINUCION DE CONSUMO DE VAPOR	60,0%	Kgv/h 454,55 Kgv/h 181,82 Kgv/h 272,73 USD/Kgv 0,01452 USD/AÑO \$31.363,51
AHORROS DE LA INVERSION		USD/AÑO	\$89.113,51

Una vez que se ha analizado el beneficio económico anual de la inversión, se elaboro el presupuesto de instalación en base a la oferta del equipo principal, equipos auxiliares y estimaciones del costo de las instalaciones requeridas. Con el presupuesto de instalación y el costo de la inversión se procede a hallar el retorno del proyecto.

En la tabla 8 se resume los costos de la instalación y en la tabla 9 se muestra el retorno de la inversión del proyecto.

TABLA 8
PRESUPUESTO DE INSTALACION

COCINA CONTINUA DE ALMIDON CATIONIO (JET COOKER)		
		PRESUPUESTO
1	EQUIPOS	USD
	COCINA DE ALMIDON	\$84.000,00
	BOMBA CON MOTOR PARA TANQUE DE DISTRIBUCION AL M1	3.400
	BOMBA CON MOTOR PARA SUMINISTRO DE AGUA FRESCA AL JET COOKER	3.400
	DOS AGITADORES PARA TANQUES	7.000
	MCC	5.000
	TUBERIA Y ACCESORIOS	3.000
	TOTAL EQUIPOS(FOB)	\$105.800,00
	FLETE SEGURO E IMPUESTO	15% 26.450
	TOTAL C & F	\$132.250,00
2	INSTALACION	
	ASISTENCIA TECNICA PARA MONTAJE	0
	OBRAS CIVILES	8.000
	OBRAS MECANICAS	15.000
	OBRAS ELECTRICAS	1.500
	OBRAS ELECTRONICAS	1.200
	SUB TOTAL INSTALACION	25.700
	TOTAL EQUIPO E INSTALACION	\$157.950,00

TABLA 9
RETORNO DE INVERSION DEL PROYECTO

COSTO EQUIPOS + INSTALACION	USD/AÑO	157.950
AHORROS POR LA INVERSION	USD/AÑO	89.113,51
RETORNO DE LA INVERSION	AÑOS	1,8

2.2 Conceptos y cálculos de Ingeniería de la instalación.

La ingeniería de instalación fue desarrollada en base a la información suministrada por el fabricante del Jet Cooker, que básicamente fue el diagrama PID, de donde se determino los requerimientos del equipo para su correcto funcionamiento. (Ver figura 2.1).

Partiendo del diagrama mencionado se elaboro un flujograma del proceso completo hasta los tanques de servicio indicando los equipos auxiliares , y accesorios requeridos para la instalación, ver apéndice A. "Flujograma proceso preparación de almidón".

Dado que este sistema de cocción de almidón brindaría servicio para ambos molinos de papel se definió su ubicación en una zona intermedia, (Ver plano No 1 . Implantación area Jet Cooker).

Breve descripción del sistema automático de cocción a instalarse

La cocina continua de almidón “Jet Cooker”, es un sistema completamente automatizado que es accionado por el control de nivel del tanque de almacenaje de almidon, arrancando con el nivel bajo del mismo y deteniendose con el nivel alto, manteniendo el control de los parametros de proceso y comprobando las condiciones de alarma, se puede arrancar y apagar el equipo de forma manual y esto no interfirera con la secuencia del programa de la cocina.

El ciclo de funcionamiento de la cocina consiste en cuatro modos de funcionamiento:

1) Modo de espera : Es el modo inactivo es necesario para ajustar la capacidad neta de la cocina a la demanda real.

2) Pre calentamiento: Se acciona cuando el nivel de producto del tanque de distribución cae por debajo del nivel ajustado, precalentando la cocina hasta la temperatura de funcionamiento pero con agua enviando este flujo al drenaje hasta que los parámetros del serpentín estén ajustados alimentando en este punto almidón.

3) Modo de cocción: Comienza cuando el modo de precalentamiento esta completo, y el almidón cocinado sale del serpentín, adicionando agua fresca diluyendo a la concentración deseada, se activa la válvula de desviación direccionando el flujo hacia el tanque de distribución.

4) Enjuague: Este modo se activa cuando se alcanza el nivel alto del tanque de distribución, la válvula de desviación ordena la descarga de la cocina al drenaje, la válvula de mezcla se cierra y la válvula de agua de enjuague se abre limpiando la cocina con un chorro de agua, después de un tiempo determinado la cocina entra en el modo de enjuague frío cerrándose la válvula de alimentación de vapor y el lazo de control de la temperatura se fija en posición remoto. Después de un determinado tiempo la cocina vuelve al modo de espera.

El Jet Cooker , esta formado por: Una tolva de alimentación, un tornillo alimentador provisto de un motor achúrate Feedeer, un tanque de mezcla con su respectivo agitador, una bomba moyno para almidón, una unidad hidrotermica, un serpentín de calentamiento, un mezclador estático y otros accesorios.

La unidad hidrotérmica es el dispositivo de transferencia de calor capaz de tener una eficiencia de transferencia de calor del 100 %, y un preciso control de temperatura.

Es un calentador por inyección de vapor de contacto directo. Dentro del dispositivo el vapor es mezclado directamente con el líquido o mezcla en un medio altamente turbulento, o que provee una transferencia instantánea de calor desde el vapor hasta el líquido. Este dispositivo posee una geometría interna única para controlar el proceso de inyección de vapor.

Debido a la inyección directa del vapor la capacidad calorífica es total es decir, el calor latente y sensible es utilizado logrando una eficiencia del 100 %.

Tiene una capacidad de 145 Kg/h , al 2.5 % de concentración de almidón. A este equipo debe suministrarse una línea de vapor saturado para la cocción con un flujo de 225 Kg/h de vapor, @ 180 psig (12.4 bar) de presión. Y una línea de agua de dilución y enjuague del circuito interno del Jet Cooker con un flujo de 125 L/min. (7.5 m³/hr) @ 80 psig., Y también una línea de aire @ 80 psig, para el accionamiento de los elementos neumáticos internos del Jet Cooker.

A continuación se muestra una fotografía del equipo y una imagen en autocad 3D , desarrollada para efecto del diseño de la instalación.



FIGURA 2.2 JET COOKER.

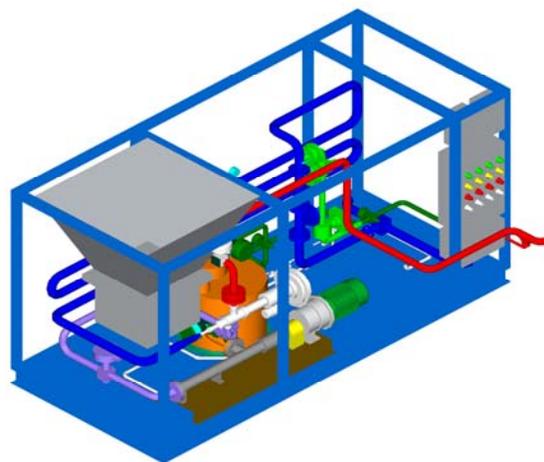


FIGURA 2.3 PERSPECTIVA JET COOKER

Una vez identificado los requerimientos del equipo principal se procedió a elaborar la ingeniería de detalle que básicamente consta de:

- a) Dimensionamiento de tanques
- b) Selección de bombas requeridas
- c) Análisis de sistema de reducción-Saturación de vapor
- d) Cálculos para Cimentación de tanques y estructura soporte del polipasto de 2 Tm.

a) DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES.

Para poder dimensionar el tanque de distribución y los tanques de servicio se debió calcular primero los requerimientos de almidón de los molinos, para lo cuales se tomo el promedio de consumo de meses anteriores que fue de 7 Kg almidón por Tonelada de producción de papel., conociendo que la producción del molino 1 es de 100 Tm/día y la del molino 2 es de 150 Tm/día. Ver tabla 10.

En la tabla 11 se evalúa dos alternativas de capacidad requerida de tanques considerando un tiempo de abastecimiento a los molinos o de vaciado de tanques de 2 y 3 tres horas.

TABLA 10
REQUERIMIENTO DE ALMIDON DE LOS MOLINOS

	Producción de papel	Consumo de almidon	Consumo almidon/dia	Consumo almidon/Hora		Prod de almidon Jet Cooker			
				Kg/hr	lb/hr	Kg/hr	% C	GPM	m3/hr
	Tm/d	Kg/Tm	Kg/dia	Kg/hr	lb/hr	Kg/hr	% C	GPM	m3/hr
Molino # 1	100	7	700	29,2	64,2				
Molino # 2	150	7	1050	43,8	96,3				
Total	250	7	1750	72,9	160,4	145	2,5	25,5	5,8

TABLA 11
CAPACIDAD REQUERIDA DE TANQUES .

Parametros	Unidad	Tanque de Distribución		Tanque de Servicio M1		Tanque de Servicio M2	
Tiempo de abtecimiento	[h]	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0
Almidón requerido	[Kg]	145,8	218,8	58,3	87,5	87,5	131,3
Concentración	[%]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Volumen	[Lt]	5833,3	8750,0	2333,3	3500,0	3500,0	5250,0
Volumen	[m3]	5,83	8,75	2,33	3,50	3,50	5,25

Debido a que una consideración del proyecto era de utilizar los equipos que se encuentren en buen estado se analizo la posibilidad de reutilizar los tanques, para tal efecto se determino el tiempo de abastecimiento permitido por la capacidad de los tanques existentes, información que se muestra en la tabla 12.

En la tabla 13 se indica la distribución de tanques propuesta y su tiempo de abastecimiento a los molinos. Notándose que el tiempo mas corto se da para el Molino 1 con: 2.8 horas, el mismo que es considerado suficiente para algún ajuste requerido por el Jet Cooker sin que esto influya en desabastecimiento al molino. A pesar de que se podría mejorar este tiempo haciendo un intercambio entre los tanques de servicio del molino 1 con el del molino 2, se decidió planificar la instalación de acuerdo a esa distribución debido a una estrategia de montaje.

Se ilustra en la tabla 14, la distribución de los tanques y los tiempos de llenado y vaciado para estas condiciones.

Se muestra en el plano No.2, una vista de planta de la “Distribución de equipos del Jet Cooker”, indicándose los requerimientos de espacio tanto del equipo principal como de los equipos auxiliares.

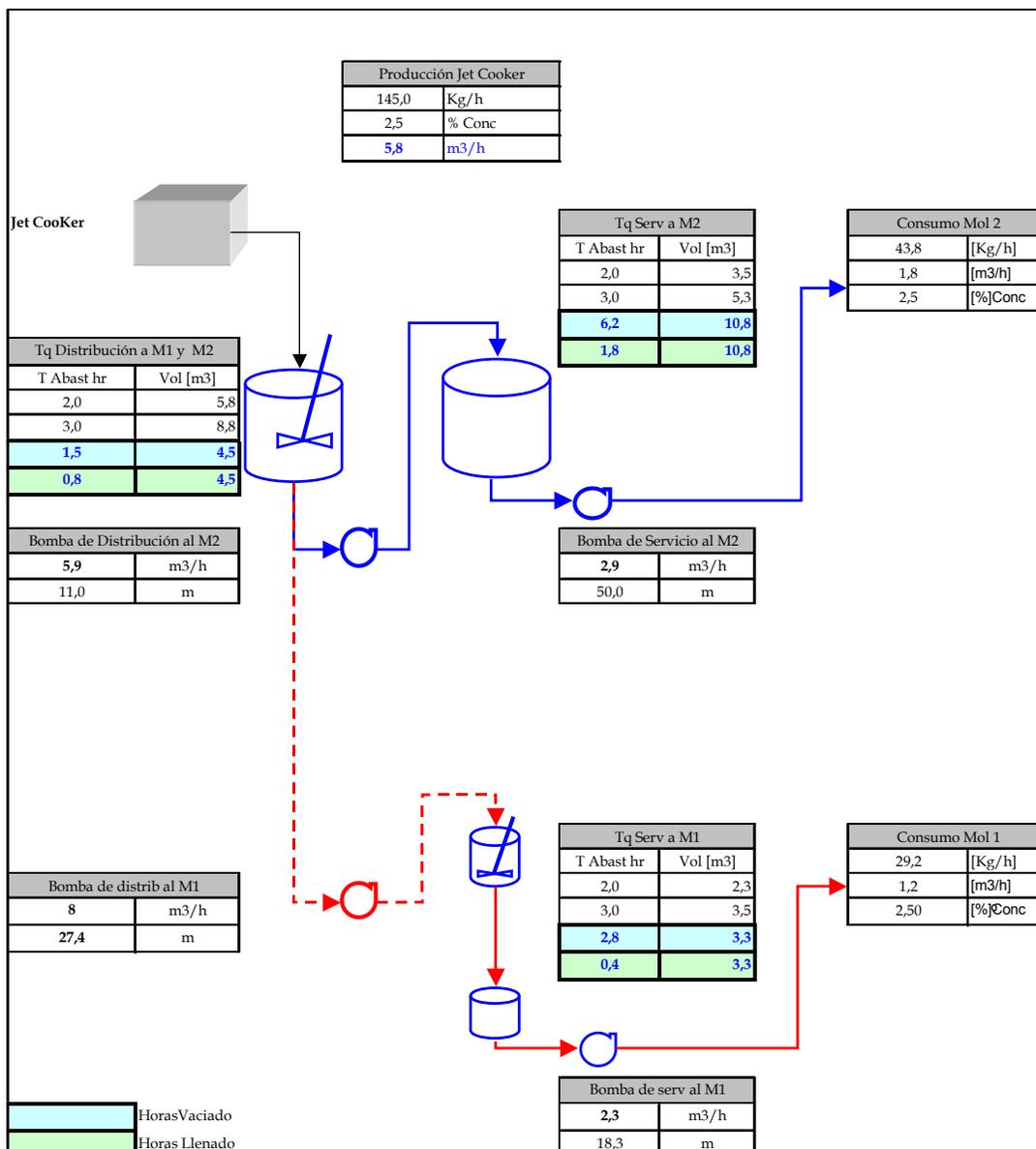
TABLA 12
CAPACIDAD DE TANQUES EXISTENTES .

Tanques Existentes	Unid	Tq Prep M2	Tq serv M2	Tq prep M1	Tq serv M1
Diametro (d)	Ft	5,8	7,8	4,2	4,2
Altura (h)	Ft	6	8	4,2	4,2
Volumen (V)	Ft ³	158,5	382,3	58,2	58,2
Capacidad	Gal	1.185,80	2.859,40	435,3	435,3
Capacidad	m³	4,48	10,82	1,65	1,65

TABLA 13
TIEMPO DE ABASTECIMIENTO Y LLENADO DE TANQUES

USO EN NUEVA INSTALACION		Tq. de Distrib. M1 y M2	Tq. de Servicio M 1		Tq. de Servicio M2
USO EN INSTALACION EXISTENTE		Tq. prep M2	Tq. PrepM1 + Tq. serv M1		Tq. de Servicio M2
Diametro	[Ft]	5,8	4,2	4,2	7,8
Altura	[Ft]	6	4,2	4,2	8
Volumen	[Gal]	1185,8	435,3	435,3	2859,4
Volumen	[m ³]	4,5	1,6	1,6	10,8
Req Molinos	[Gal]-[m ³]	768-2,9	306-1,16		462-1,75
Tiempo de abastecimiento	h	1,5	2,8		6,2
Producción del Jet Cooker	[Kg/h]	145	145		145
Caudal del Jet Cooker	[gpm] - [m ³ /hr]	25,5 - 5,8			
Caudal Bomba a Tq serv M1	[gpm] - [m ³ /hr]		26 - 5,9		
Caudal Bomba a Tq serv M2	[gpm] - [m ³ /hr]				36-8,18
Tiempo de llenado	[h]	0,78	0,56		1,32

TABLA 14
FLUJO DE ALMIDON PROCESADO Y DIMENSIONAMIENTO DE TANQUES.



b) SELECCIÓN DE BOMBAS REQUERIDAS

Las bombas requeridas para esta instalación se muestran en la tabla 15 .

TABLA 15
LISTA DE BOMBAS REQUERIDAS

ITEM	DESCRIPCION	CANT
1	Bomba Tq distrib a Mol 1	1
2	Bomba Tq distrib a Mol 2	1
3	Bomba Tq serv a Mol 2	1
4	Bomba Tq serv a Mol 1	1
5	Bomba de Agua fresca al jet cooker	1

Una vez mas usando el criterio de usar equipos existentes en buen estado de la anterior instalación se decide reutilizar 3 bombas, ya que trabajarían en similares condiciones, no así para la bomba de agua fresca al jet cooker y la bomba de distribución al molino 1, las mismas que son adicionadas en esta instalación, por tal motivo para

estas dos bombas se realizo el análisis hidráulico que consta básicamente de:

b1.- Hoja de flujo de proceso

En la tabla 14, “Flujo de almidón procesado y dimensionamiento de tanques”, se indica el flujo del almidón mostrando los servicios de las bombas y de acuerdo al tiempo de llenado de los tanques también se muestra la capacidad requerida de las bombas de almidón. Para la bomba de agua fresca al Jet Cooker la capacidad fue indicada por el fabricante del jet Cooker. Determinándose los requerimientos de las mismas tal como se muestra en la tabla 16.

TABLA 16.

REQUERIMIENTOS DE BOMBAS

ITEM	DESCRIPCION	PRODUCTO	% CONC	GPM REQ	HEAD REQ
1**	Bomba Tq distrib. a Mol1	Almidón	2,50%	36	a determinar
2*	Bomba Tq distrib. a Mol2	Almidón	2,50%	26	determinada
3*	Bomba Tq servicio a M1	Almidón	2,50%	10	determinada
4*	Bomba Tq servicio a M2	Almidón	2,50%	12,8	a determinar
5**	Bomba agua fresca a Jet Cooker	Agua	0,00%	33	a determinar

* Se reutiliza equipo de instalación anterior.

** Equipos nuevos

b2.- Análisis Hidráulico

Este análisis que se detalla a continuación fue desarrollado para la bomba de agua fresca al jet Cooker y para la Bomba de distribución al molino 1, no realizándose para las demás bombas por estar trabajando en similares condiciones que en anterior instalación.

Siendo el análisis similar para las dos bombas se desarrollara el procedimiento tomando como referencia el caso de la bomba de distribución de almidón al molino 1.

Cabe notar que la diferencia en el análisis entre las dos bombas a seleccionar radica en el producto bombeado siendo considerado el caso más general que es para almidón a una consistencia de 2.5 %.

b3.- Diagrama esquemático de instalación .- En este diagrama se indica la trayectoria de la tubería con sus distancias y sus respectivos accesorios como son válvulas, reducciones y codos, indicándose las cantidades requeridas. Este esquema se incluye en la figura 2.4.

b4 .- Calculo de Perdidas por fricción en tuberías y accesorios.

Para realizar este calculo se requiere tener la información básica del fluido a bombear para este caso almidón de papa, a continuación se los muestra en la tabla 17.

TABLA 17
DATOS GENERALES DEL FLUIDO E INSTALACION

Propiedades	Cantidad		unidad		Simbolo / formula
Caudal a bombearse:	8,17	36	m3/h	[gpm]	Q
Temperatura:	50	50	[°C]	[°C]	T
Presion de vapor:	0,12	1,8	bar	[psia]	Pv
Gravedad específica:	1030	1.03	Kg/m3	[gr/cm3]	SG
*Viscosidad cinemática:	0,00017	173	m2/s	[cstokes]	√
Altura sobre el nivel del mar:	0	0	[m]	[Ft]	H
Presión barométrica:	1,013	14,7	bar	[psi]	P
Gravedad	9,8	32,2	m/s2	ft/s ²	g

Para datos de presión de vapor, gravedad específica y viscosidad cinemática ver: Apendice B y C.

* La viscosidad indicada es para una mezcla de agua con almidón al 2.5 % de concentración a 50° C, el valor tomado de pruebas de laboratorio fue de 173 centistokes.

La metodología utilizada para determinar el punto de operación de la bomba fue realizando una evaluación del sistema ,determinando las perdidas y obteniendo el Cabezal dinámico Total “TDH” , usando las tablas existentes en varios textos de flujo de fluidos las mismas que son basadas en la formula de Darcy-Weisbach , para agua y corrigiendo al final con los factores correspondientes dada la diferente viscosidad con el fluido a bombear.

En la tabla 18, se muestra las velocidades recomendadas para flujo de agua en tuberías para determinados tipos de servicios. En la tabla 19 y 20, se muestra el calculo de perdidas en tuberías y accesorios, calculo de cabezal de succión y descarga.

TABLA 18.
VELOCIDADES RECOMENDADAS PARA FLUJO DE AGUA EN
TUBERIAS

Servicio	Velocidad recomendada [m/s] [Ft/s]
Alimentación de agua a calderas.	2,4 a 2,6 (8 a 15)
Succión de bombas y descargas.	1,2 hasta 2,1 (4 a 7)
Servicios generales	1,2 a 3 (4 a 10)
Distribucion de agua potable	Hasta 2,1 (7)

TABLA 19
EVALUACION DE PERDIDAS EN TUBERIAS Y ACCESORIOS

TUBERIA DE SUCCION (Diámetro):	2"	[Pulg sch 40]	fórmula								
Caudal:	0,08	[ft ³ /seg]	Q=GPM/(7.48 x 60)								
Diámetro interior de la tubería:	2,067	[Pulg]	d								
Area de flujo:	0,023	[ft ²]	A=0.25pd ²								
Velocidad en la tubería:	3,44	[pie/seg]	V=Q/A								
Sumergencia mínima requerida:	2,0	[Pies]									
TUBERIA DE DESCARGA (Diámetro):	1,5"	[Pulg sch 40]									
Caudal:	0,08	[ft ³ /seg]	Q=GPM/(7.48 x 60)								
Diámetro interior de la tubería:	1,61	[Pulg]	d								
Area de flujo:	0,014	[ft ²]	A=0.25pd ²								
Velocidad en la tubería:	5,67	[pie/seg]	V=Q/A								
EVALUACION DEL SISTEMA:											
Succión (evaluación de pérdidas)											
PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA SUCCION DE LA BOMBA:											
ITEM	size:	d _{int}	Area	Veloc	CANT		Perd x fricc	PERDIDA			
	(pulg)	(pulg)	(pie ²)	(pie/seg)	(mt)	(ft)	Ft/100FT	(mt)	(ft)		
Tubería, (diámetro) =	2"	2,067	0,023	3,44	2,0	6,56	2,38	0,05	0,156		
TOTAL:	INCREMENTADO EN 15% POR FACTOR DE SEGURIDAD POR RUGOSIDAD								0,05	0,180	
PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA SUCCION DE LA BOMBA											
ITEM	size:	d _{int}	Area	Veloc	CANT	K	V ² /2g	PERDIDA			
	(pulg)	(pulg)	(pie ²)	(pie/seg)				(mt)	(ft)		
Válvula de compuerta 2	2	2,067	0,02	3,44	1	0,15	0,184	0,008	0,03		
reducción	2 x 1 1/2"	1,61	0,01	5,67	1	0,73	0,500	0,111	0,36		
entrada	1 1/2"	1,61	0,01	5,67	1	0,78	0,500	0,119	0,39		
TOTAL:								0,239	0,78		
								(mt)	(ft)		
TOTAL PERDIDAS EN LA SUCCION:								0,29	0,96		
Descarga (evaluación de pérdidas)											
PERDIDAS EN LA TUBERIA A LA DESCARGA DE LA BOMBA:											
ITEM	size:	d _{int}	Area	Veloc	CANT		Perd x fric	PERDIDA			
	(pulg)	(pulg)	(pie ²)	(pie/seg)	(mt)	(ft)	[FT/100FT]	(mt)	(ft)		
Tubería,(diám)	1,5"	1,61	0,01	5,67	160,6	526,8	8,8	14,13	46,4		
TOTAL:	INCREMENTADO EN 15% POR FACTOR DE SEGURIDAD POR RUGOSIDAD								0,00	0,0	
								16,25	53,3		
PERDIDAS EN ACCESORIOS UBICADOS EN LA DESCARGA DE LA BOMBA											
ITEM	size:	d _{int}	Area	Veloc	CANT	K"	h _v =V ² /2g	PERDIDA			
	(pulg)	(pulg)	(pie ²)	(pie/seg)				(mt)	(ft)		
Expansión de:	1 a 1 1/2"	1,61	0,01	5,67	2	1,56	0,500	0,48	1,56		
Válvula de compuerta c	1 1/2"	1,61	0,01	5,67	1	0,15	0,500	0,02	0,07		
codos	1 1/2"x90°	1,61	0,01	5,67	20	0,63	0,500	1,92	6,30		
Tee	1 1/2"	1,61	0,01	5,67	1	0,42	0,500	0,06	0,21		
TOTAL:								2,48	8,14		
								(mt)	(ft)		
TOTAL PERDIDAS EN LA DESCARGA								18,74	61,45		

VER APENDICE D : PERDIDAS POR FRICION EN TUBERIAS

TABLA 20
CABEZAL DINAMICO DE SUCCION Y DESCARGA

Columna estática total				
Considerando la diferencia de niveles en las condiciones más desfavorables, entre el espejo de succión (en su nivel mínimo) y el espejo del tanque de entrega (en su nivel máximo) es de: 6.00 [m]				
	MIN [mt]	MAX [mt]	MIN [ft]	MAX [ft]
NIVEL Tanque de succion (Tanque de preparación de Almidón)	1,22	2,4	4,0	8,0
NIVEL punto de entrega (Tanque de Servicio Mol 1)	4,8	4,8	15,744	15,7
COLUMNA ESTATICA TOTAL:		3,58		11,7
Descarga: (Presión requerida en la entrega)				
[PSIg]	[BAR]	[PIES]	[mt]	
0	0	0,0	0,00	
PRESION DE DESCARGA:	0,0	[mt]	0,0	[Pies]
Cabezal de velocidad en la brida de succión:				
Diámetro de brida de succión de la bomba	1,50 [Pulg]			
Caudal:	36,0 [GPM]			
Velocidad:	5,67 [Pie/seg]			
Cabezal de velocidad: $h_v=V^2/2g$	0,50 [Pies]			
Cabezal de velocidad: $h_v=V^2/2g$	0,15 [mt]			
CABEZAL DE VELOCIDAD:	0,15	[mt]	0,50	[Pies]
Cabezal de velocidad en la brida de descarga:				
Diámetro de brida de descarga de la bomba	1,00 [Pulg]			
Caudal:	36,0 [GPM]			
Velocidad:	13,30 [Pie/seg]			
Cabezal de velocidad: $h_v=V^2/2g$	2,75 [Pies]			
Cabezal de velocidad: $h_v=V^2/2g$	0,84 [mt]			
CABEZAL DE VELOCIDAD:	0,84	[mt]	2,75	[Pies]
Cabezal dinamico de succion				
DETALLE		[mt]	[Pies]	
A.2.1	Columna estatica succion(min)	1,22	4,00	
A.2.2	Cabezal de Velocidad (brida succion)	0,15	0,50	
A.2.3	total perdidas en la succion	-0,29	-0,96	
CABEZAL DINAMICO DE SUCCION (Hs)		1,08	3,5	
Cabezal dinamico de descarga				
DETALLE		[mt]	[Pies]	
A.2.1	Columna estatica descarga(max)	4,80	15,74	
A.2.2	Cabezal de Velocidad (brida descarga)	0,84	2,75	
A.2.3	total perdidas en la descarga	18,74	61,45	
A.2.4	Presion requerida a la entrega	0,00	0,00	
CABEZAL DINAMICO DE DESCARGA (Hd)		24,37	79,9	

VER APENDICE E : CABEZAL DINAMICO TOTAL

Dada la condición de instalación de succión positiva el cálculo del TDH es realizado según la fórmula $TDH = h_d - h_s$, indicado en la tabla 21.

TABLA 21
ALTURA DINAMICA TOTAL

			[mt]	[Pies]
ALTURA DINAMICA TOTAL (TDH) = $H_d - H_s$			23,29	76,4
<u>Punto de operación para selección del equipo</u>				
36,0	GPM	@	76,4	FT
8,2	m3/Hr	@	23,3	mt

Determinación del NPSH disponible

En el apéndice F, "Evaluación de NPSH", tomado del Manual de bombas Goulds se indican los casos posibles de succión que son:

- Con suministro abierto a la atmósfera con succión Lift
- Con suministro abierto a la atmósfera con succión Head
- Con suministro cerrado a la atmósfera con succión lift
- Con suministro cerrado a la atmósfera con succión Head.

De acuerdo al tipo de succión con cabezal de succión positiva y abierto a la atmósfera se realiza el cálculo mostrado en la tabla 22.

TABLA 22.
CALCULO DE NPSH

NPSH_(Disponible) = P_(Atmosférica) + H_(De succión) - (P_(De vapor) + H_{f(En la succión)})			
NPSH _(Disponible) =	+	34,0 [pies]	Presión _(Atmosférica) Columna(Hde succión) Presion _(De vapor) Hf _(en la succión)
	+	4,0 [pies]	
	-	4,16 [pies]	
	-	0,96 [pies]	
NPSH _(Disponible) =		32,8 [pies]	
NPSH _(Disponible) =		10,0 [mt]	
NPSH_(Disponible) =		10,0 [mt]	32,8 [ft]

Una vez encontrado el punto de operación de la bomba se procede a su selección, para lo cual se calcula la velocidad específica N_s , para tener una referencia del tipo de impulsor requerido.

$$N_s = N (Q)^{1/2} H^{1/2} ; N = \text{RPM} ; Q = \text{gpm} ; H = \text{TDH (Ft)}$$

De donde $N_s = 798$, encontrándose en la zona de 500 a 1000, donde se recomienda usar un impulsor del tipo Radial. Tal como se muestra en la figura 2.5.

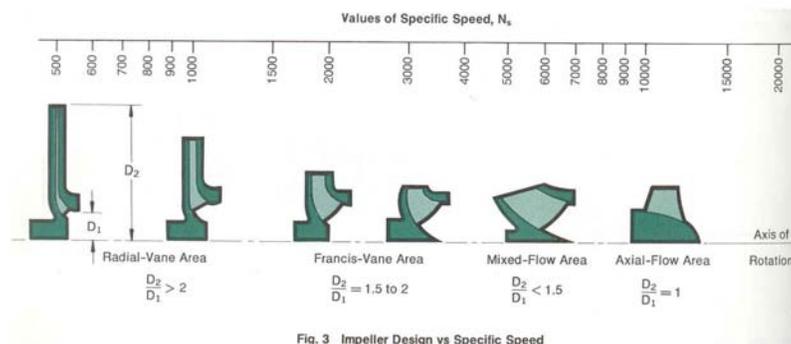


FIGURA 2.5 VALORES DE VELOCIDAD ESPECIFICA N_s .

Haciendo uso de un software de selección de bombas se ingresa el punto de operación el modelo de bomba requerido y las RPM, dándonos varias opciones que cumplen con el requerimiento, escogiéndose la de mayor eficiencia en ese punto de operación, que es la bomba Modelo: 3196, Size: 1 x 1.5 –6 STX, señalada en la figura. 2.6.

Model	Type	Stages No	Group	Size	RPM	Feature	Power (hp)	Eff	NPSHr (ft)	%BEP	Nos L	%Shutoff	Dia (in)	Min Dia (in)	Max Dia (in)
<input checked="" type="checkbox"/> 3196	Chemical P...	1	STX	1x1.5-6	3500	Math=...	2.1	40	2	45	8121	4	4.625	3.5	6.062
<input type="checkbox"/> 3196H...	Chemical P...	1	STX	2x3-6	3500	Math=...	3.2	26	7	16	8473	0	4.875	4	6.062
<input type="checkbox"/> 3196H...	Chemical P...	1	STX	1.5x3-6	3520	Math=ALL	2.6	32	8	26	7945	2	4.625	4	6.062
<input type="checkbox"/> 3196H4...	Chemical P...	1	STX	2x3-6	3500	Math=...	3.5	24.5	8	16	8473	2	4.875	4	6.062
<input type="checkbox"/> 3196H4...	Chemical P...	1	STX	1x1.5-6	3500	Math=...	2	40.5	2.4	44	8121	1	4.5	3.5	6.062
<input type="checkbox"/> 3196H4...	Chemical P...	1	MTX	1x2-10	3560	Math=...	2.8	30	3	46	7862	10	5.125	5	10

FIGURA 2.6 SELECCIÓN DE TAMAÑO DE BOMBA

Nota : En esta figura tomada de la corrida del software Goulds pumps, se aprecia las alternativas al escoger el tamaño de la bomba.

A continuación se muestra en la Fig. 2.7, la curva Caudal vs. Cabezal de la bomba seleccionada, en esta ilustración se aprecia la eficiencia y

la potencia requerida para este punto de operación. Con esta eficiencia se calcula la potencia en forma analítica.

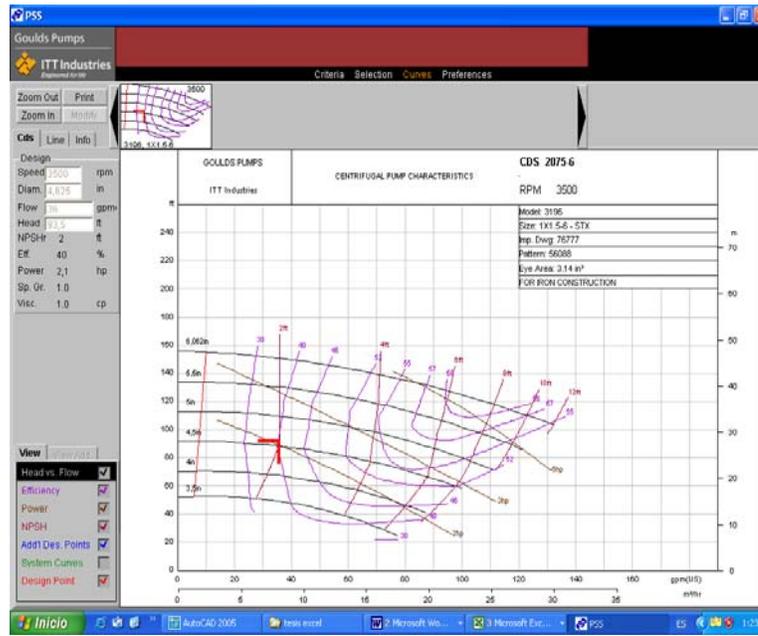


FIGURA 2.7 CURVA CAUDAL-CABEZAL DE BOMBA SELECCIONADA

Esta curva de operación de la bomba considera que el fluido bombeado es agua, para las condiciones de viscosidad reales debe aplicarse los factores de corrección respectivos. Estos factores de corrección para las condiciones reales de viscosidad del fluido bombeado fueron tomados del manual del fabricante de la bomba y es incluido en el apéndice G. "Viscosity Corrections for capacities of 100 gpm or less".

A continuación se muestra en la tabla No 23, las condiciones de diseño, usando los factores de corrección, aplicados al punto de operación de la bomba y se realiza el cálculo de la potencia requerida considerando la eficiencia real una vez aplicado el factor de corrección de la eficiencia.

TABLA 23.

CONDICIONES DE DISEÑO Y FACTORES DE CORRECCION

CONDICIONES DE DISEÑO			
Q =	36	GPM	
H =	80	FT	
Viscosidad =	173,0	centistokes	
FACTORES DE CORRECCION		DISEÑO EQUIVALENTE EN AGUA	
CQ =	0,6	Qv =	60
CH =	0,9	Hv =	88,9
CE =	0,28		

TABLA 24

POTENCIA REAL REQUERIDA.

LA OPCION SELECCIONADA TIENE UNA EFICIENCIA = 52%			
EFICIENCIA	52%		
FACTOR DE CORRECCION		EFICIENCIA EQUIV. EN AGUA	
CE =	0,30%	Ev =	15,6%
CALCULO BHP			
BHP=(Q _v XH _v XSp.Gr.)/(3960XEF _{v bomba})		BHP=	4,8

c) ANALISIS DEL SISTEMA DE SATURACION DE VAPOR

Los requerimientos de vapor del Jet Cooker , fueron indicados por el fabricante del equipo , cuyos valores son los siguientes :

PRESION : 180 psi (12.4 bar) ; FLUJO VAPOR : 225 kg/h

La generación de vapor en PANASA esta dada por la operación de las calderas 1 y 2 en forma simultanea o con solo la caldera 3.

A continuación se muestra los datos de operación de las mismas:

TABLA 25
DATOS OPERACIONALES DE CALDERAS

	PRESION		TEMP		FLUJO	
	bar	Psig	°C	°F	Kg/h	Lb/h
CALD C3	20,7	300	215,6	420	34090,9	75000
CALD C1+C2	27,6	400	343,3	650	18909,1	41600

Por tanto se requiere saturar el vapor para ser suministrado al equipo en las condiciones requeridas, usando para este análisis los conceptos de la primera Ley de la termodinámica para el caso de estrangulamiento.

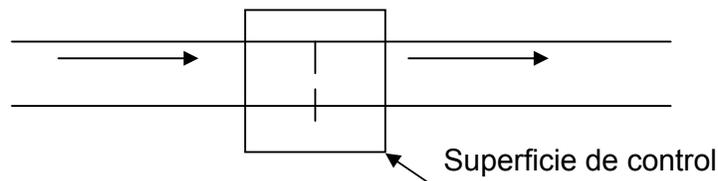
El proceso de estrangulamiento: Es un proceso de estado estable y flujo estable, a través de una restricción, con resultado de un

descenso de presión. Un ejemplo típico es el flujo a través de una válvula abierta parcialmente, o con una restricción en la línea. En la mayoría de los casos esto sucede tan rápidamente y en un espacio tan pequeño que no hay sección suficiente, ni tiempo suficiente tampoco, para mucha transmisión de calor, por esta razón asumimos que tal proceso es adiabático.

Si consideramos la superficie de control que muestra la figura a continuación figura 2.8, podremos escribir la ecuación de energía de estado estable y flujo estable para este proceso. No hay trabajo, no hay cambio de energía potencial y podemos hacer la suposición razonable de que no hay transmisión de calor. La ecuación de energía de estado estable es: $h_i + v_i^2/2gc = h_e + v_e^2/2gc$

FIGURA 2.8 PROCESO DE ESTRANGULAMIENTO

$$h_i + v_i^2/2gc = h_e + v_e^2/2gc$$



Si el fluido es un gas, en este proceso aumentara siempre el volumen especifico y como consecuencia la energía cinética del fluido aumentara, siendo constante el diámetro de la tubería.

Calculo del flujo de agua de saturación: Dado que en condiciones normales la generación de vapor esta dada por la operación de las calderas 1 y 2, se realizo él calculo del flujo de agua de saturación requerida para estas condiciones, calculo que se detalla en la tabla 26 y que se basa en un balance de masa y de energía. Para los datos de propiedades de liquido comprimido y vapor de agua recalentado se elaboraron tablas interpolando los valores requeridos en base a las tablas existentes. Se incluyen como tabla 27 (liquido comprimido) y tabla 28 (Vapor sobrecalentado), para vapor saturado se uso directamente la tabla anexa en el apéndice H. "Properties del vapor saturado".

En la figura 2.9 , se ilustra la configuración del suministro de vapor saturado al Jet cooker, mostrándose la toma del vapor desde el manifold de la planta de fuerza y el agua de saturación desde la bomba de alimentación de agua a calderas la misma que se utilizo por tener el cabezal suficiente para esta aplicación.

TABLA 26
CALCULO DE SATURACION DE VAPOR

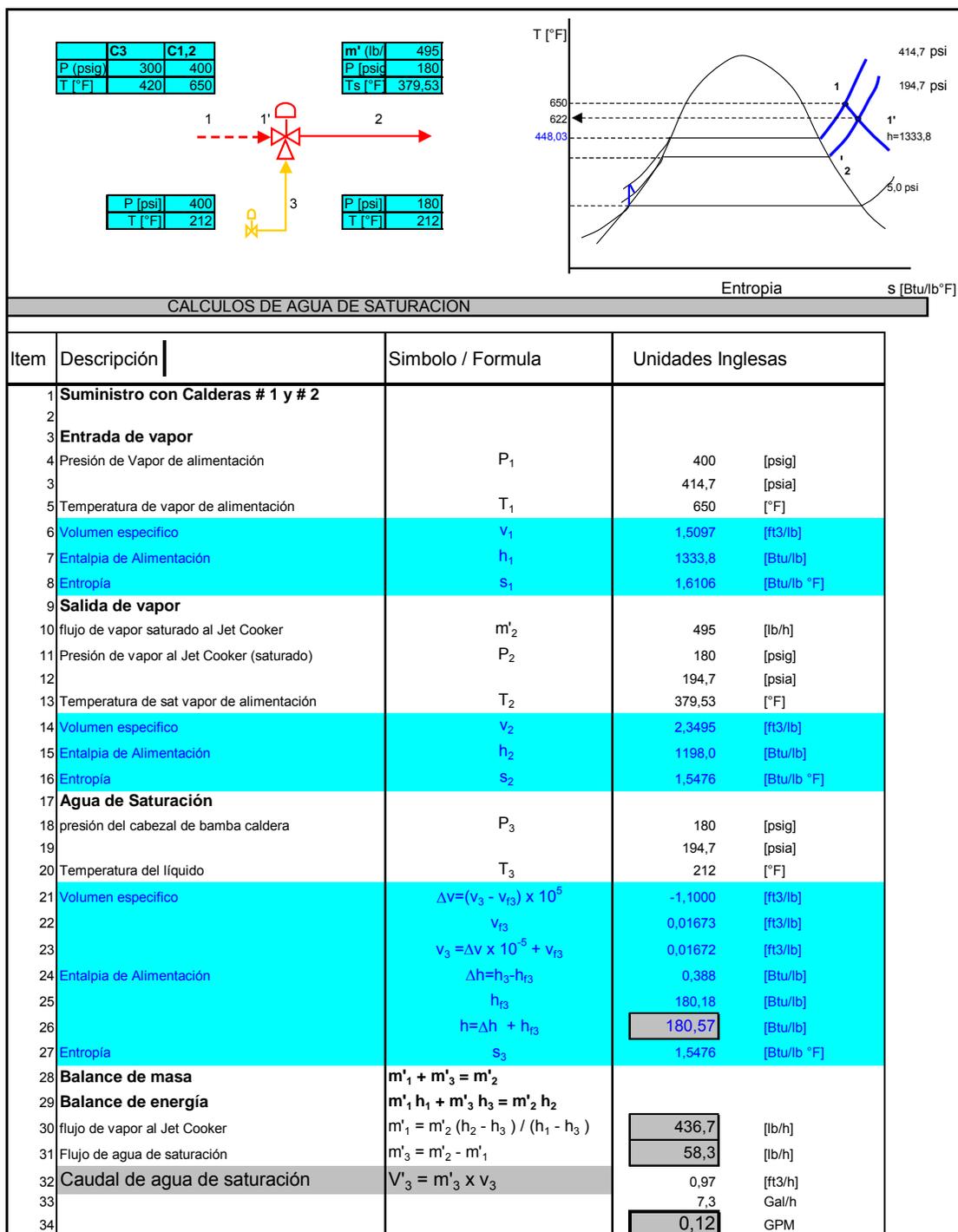


TABLA 28
VALORES DE INTERPOLACION DE TABLA DE VAPOR
SOBREALENTADO

Presió Abs (Psi)	Temp sat (°F)	TEMPERATURA ° F													
		400	450	500	550	600	620	622	625	640	650	660	680	700	800
180 373,06	v	2,649	2,8520	3,0440	3,2290	3,4110	3,4816		3,4993		3,5875			3,7640	
	h	1214	1243,5	1271,0	1297,6	1323,5	1333,7		1336,3		1349,1			1374,7	
	s	1,5745	1,6077	1,6373	1,6642	1,6894	1,6986		1,7009		1,71245			1,7355	
194,7	v					3,1530	3,2188	3,2253	3,2352		3,31739				
	h					1322,5	1332,8	1333,8	1335,3		1348,18				
	s					1,6801	1,6927	1,6939	1,6958		1,71154				
200 381,79	v	2,361	2,5490	2,7260	2,8950	3,0600	3,1240		3,1400		3,2200			3,3800	
	h	1210,3	1240,7	1268,0	1295,8	1322,1	1332,4		1335,0		1347,85			1373,6	
	s	1,5594	1,5937	1,6240	1,6513	1,6767	1,6860		1,6883		1,7000			1,7232	
300 417,33	v		1,6364	1,7675	1,8891	2,0050								2,2270	2,4420
	h		1225,8	1257,6	1286,8	1314,7								1368,3	1420,6
	s		1,5360	1,5701	1,5998	1,6268								1,6751	1,7184
350 431,72	v		1,3734	1,4932	1,6010	1,7036								1,8980	2,0840
	h		1217,7	1251,5	1282,1	1310,9								1365,5	1418,5
	s		1,5119	1,5481	1,5792	1,6070								1,6563	1,7002
400 444,59	v		1,1744	1,2851	1,3843	1,4770					1,5639			1,6508	1,8161
	h		1208,8	1245,1	1277,2	1306,9					1334,8			1362,7	1416,4
	s		1,4892	1,5281	1,5607	1,5894					1,6146			1,6398	1,6842
414,7 448,02686	v										1,50967				
	h										1333,79				
	s										1,61059				
450 456,28	v			1,1231	1,2155	1,3005	1,3332			1,3652	1,37945	1,3967	1,4278	1,4584	1,6074
	h			1238,4	1272,0	1302,8	1314,6			1326,2	1331,35	1337,5	1348,8	1359,9	1414,3
	s			1,5095	1,5437	1,5735	1,5845			1,5951	1,59925	1,6054	1,6153	1,6250	1,6699
500 467,01	v			0,9927	1,0800	1,1591	1,1893			1,2188		1,2478	1,2763	1,3044	1,4405
	h			1231,3	1266,8	1298,6	1310,7			1322,0		1334,2	1345,7	1357,0	1412,1
	s			1,4919	1,5280	1,5588	1,5701			1,5810		1,5915	1,6016	1,6115	1,6571

Para la instalación del aislamiento térmico de la tubería de vapor se contó con la asesoría del proveedor de las trampas de vapor, cuyas recomendaciones se indica a continuación:

El diámetro de la tubería dada la carga de vapor 500 lb./h y la presión máxima de operación de 400 psi, a 650 °F, debe ser 1 ¼”.

a) De acuerdo al recorrido de la tubería se recomendó que se instalaran dos patas de goteo, la primera a la mitad del recorrido de la tubería, para asegurarse de recoger el condensado de una distancia considerable (60 m), además que estaría delante de una elevación por lo que el vapor se elevaría seco, y la segunda antes de la válvula de saturación con la finalidad de protegerla.

b) Se recomendó usar trampas modelo 800, que es un modelo recomendado para vapor sobrecalentado.

c) Se recomendó que el espesor adecuado para las cañuelas sea de 2”, dada la tubería de 1 ¼”.

El tendido de la línea de agua de saturación fue en tubería de $d = \frac{1}{2}$ ”, hasta la válvula reductora y de $\frac{1}{4}$ ” desde esta hasta la válvula saturadota.

d) CALCULO DE LA CIMENTACION DE TANQUES Y ESTRUCTURA DEL POLIPASTO DE ALIMENTACION AL EQUIPO.

Este calculo de la cimentación de los tanques fue realizado en dos fases:

Estudio Geotécnico del terreno donde se realizara la instalación del nuevo sistema de preparación de almidón: Este estudio fue contratado con una compañía especializada en esa rama de la ingeniería y fue realizada en un área aproximada de 10 x 10 m, donde fueron ejecutadas dos perforaciones mecánicas de 10 m, de profundidad cada una. A continuación se resume el informe.

El terreno se encontraba relleno con aproximadamente 0.60 m de espesor, siendo el relleno de características homogéneas, compuesto por cantos rodados con arena, esto es lastre proveniente de los alrededores de la zona, los suelos subyacentes a este relleno lo constituyen una intercalación de arcillas, limos y arenas, dispuestos en capas de diferentes espesores.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados siguiendo las normas ASTM, Se elaboro las hojas resumen donde se indica la estratigrafía del terreno y los parámetros geotécnicos seleccionados para cada

estrato en los sondeos realizados, los mismos que fueron ejecutados mecánicamente por el método de percusión y lavado.

Las conclusiones y recomendaciones del informe: muestran que la estratigrafía del terreno es la siguiente: Relleno compuesto de grava arenosa color gris claro, precedido de una capa de arcilla café oscura intercalada con arena, la misma que alcanza una profundidad promedio de 2.50 m. Una alternancia de limo arenoso intercalado con arcilla café oscura de plasticidades bajas y de consistencia media a baja, hasta una profundidad de 7.0 m y finalmente una capa de arcilla café oscura de plasticidad media y de consistencia de media a alta.

Como el subsuelo natural existente al momento es ligeramente reconsolidado, los asentamientos por consolidación bajo el nivel de esfuerzos que se tendría, son tolerables, y se espera que ocurran durante el proceso constructivo debido a la infinidad de capas de arena existente, aunque se conoce que estos serán muchos menores en realidad.

En el mismo informe se hace la siguiente recomendación sobre la cimentación a construirse:

- Que la profundidad de desplante de la cimentación sea de 0.60m , con el propósito de que la mayor cantidad de carga sea absorbida en los primeros metros por el estrato de relleno y arcilla preconsolidada.
- El tipo de cimentación recomendado es de zapatas corridas, con una descarga máxima de 7.0 Tm/m².

Calculo de la cimentación de tanques y área de servicios: El diseño estructural de la cimentación fue realizado bajo la responsabilidad técnica del contratista a quien se adjudico la construcción, basado en el estudio geotécnico y la distribución de los equipos que se le entrego y que básicamente se elaboro bajo la consideración de la existencia de dos zonas; la de carga, que es donde están los tanques de distribución y almacenamiento y la zona de servicios donde están los equipos auxiliares. Diseñándose para una capacidad de carga de 7 Tm/m², para la zona de carga y de 4 Tm/m² para la zona de servicios. La construcción no se realizo tipo zapata corrida, se la hizo como una losa monolítica.

El hormigón de la losa fue de una resistencia de 210 Kg./cm².

Para las cimentaciones de las bombas se considero hormigón con una resistencia de 280 Kg./cm², considerando las vibraciones que se pueden presentar en estos equipos.

La resistencia del acero es $f_y = 4200 \text{ Kg./cm}^2$. Se muestra a continuación la figura 2.10 , “Sección de losa”, donde se aprecia la distribución del hierro.

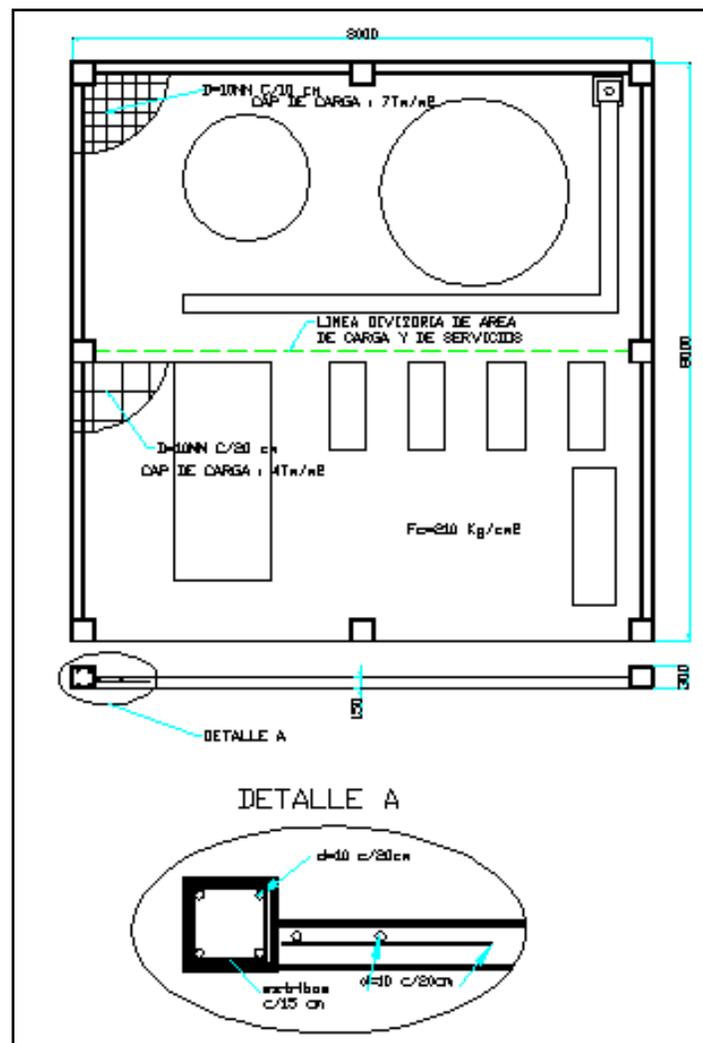


FIGURA 2.10 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOSA

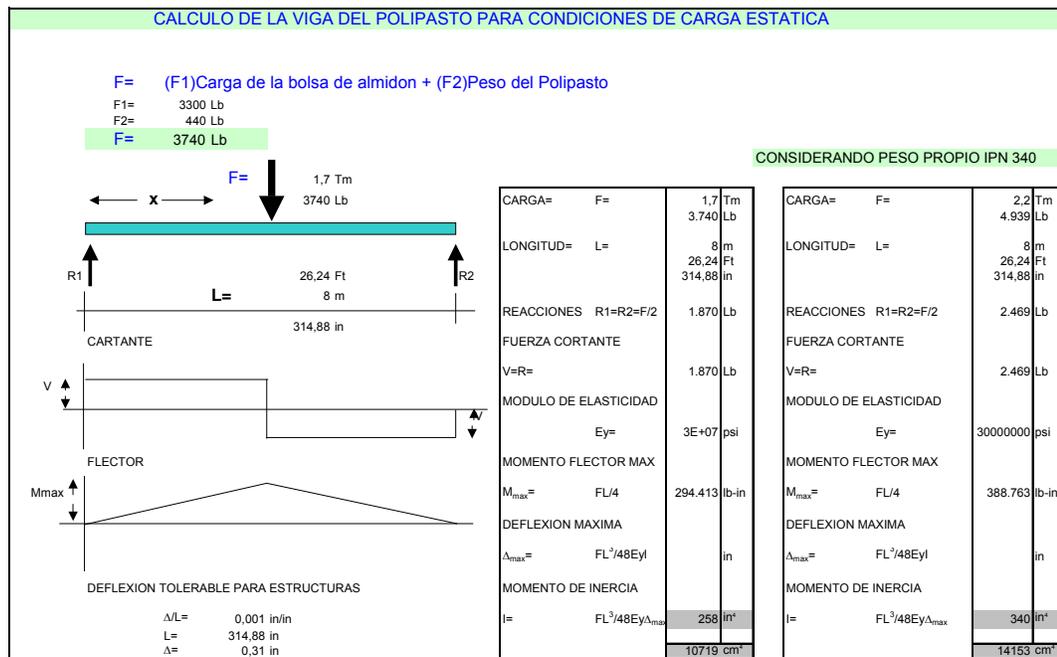
Calculo de estructura soporte del polipasto de alimentación al equipo:

Cabe indicar que el proveedor del polipasto nos definió el tamaño mínimo de la viga carrilera en base al diseño de los elementos del mismo, como son la longitud del pin de regulación de las ruedas, el diámetro y la distribución de las mismas, de tal forma que el ala de la viga tenga la capacidad requerida de carga, por tanto la comprobación que se hizo fue referente a la flexión de la viga dada la distancia entre apoyos (8 m), mayor a la recomendada por el fabricante (4m), considerándose su punto crítico cuando la carga esta en el centro de la viga. Para el calculo se la considero como una viga simplemente apoyada. (Ver apéndice I, “Beams Diagrams and Formulas”).

Adicionalmente se calculo el pórtico que serviría de soporte de la viga carrilera en la posición crítica que es cuando la carga esta justo debajo analizándose sus componentes es decir las columnas y la viga cargadora. No se considero la carga dinámica originada por la aceleración de la misma dado que el arranque tanto para el movimiento de ascenso como para el de traslación tienen una aceleración muy baja originando una fuerza que puede ser despreciable.

El desarrollo de este calculo se muestra en las tablas 29,30,31 y el plano de la estructura en el plano 4.

TABLA 29
CALCULO DE VIGA DEL POLIPASTO



POSIBLES VIGAS

IPN	AREA	DEPTH	FLANGE		WEB THICKN		AXIS X-X			AXIS Y-Y			Nom Weight	Total Weight
			WIDTH	THICKNESS			l	W	r	l	S	r		
			b	tf	tw		cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm		
300	69.1	300	125	16.2	10.8	9800	653	11.9	451	72.2	2.56	54.2	433.6	
320	77.8	320	131	17.3	11.5	12510	782	12.7	555	84.7	2.67	61.1	488.8	
340	86.8	340	137	18.3	12.2	15700	923	13.5	674	98.4	2.8	68.1	544.8	
360	97.1	360	143	19.5	13	19610	1090	14.2	818	114	2.9	76.2	609.6	
380	107	380	149	20.5	13.7	24010	1260	15	975	131	3.02	84	672	

$\Delta_{max} = FL^3/48EyI$ 0.21 in

I =	377.19 in ⁴
S =	56.32 in ³

factor de seguridad Sy
σ_t

ESFUERZO ADMISIBLE S_y = 36000 psi

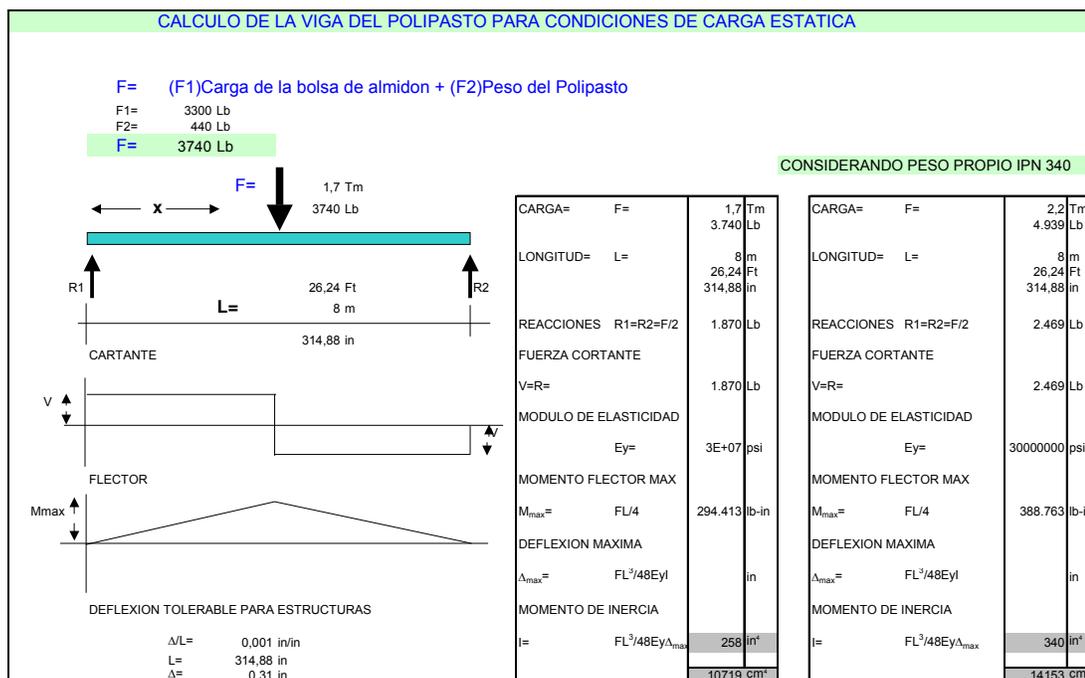
POR TANTO AL SELECCIONAR ESTA IPN 340, SE ESTA TRABAJANDO CON UN

NOTA

DIAGRAMA Y FORMULAS DE VIGAS TOMADO DEL MANUAL AISC. VER APENDICE A-4: "BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS"

DIMENSIONES DE PERFILES HEB TOMADOS DE PRONTUARIO EMSIDESA. VER APENDICE A-5 : VALORES ESTATICOS DE PERFILES HEB

TABLA 30
CALCULO DE VIGA CARGADORA



POSIBLES VIGAS

DESIGNATION	AREA		DEPTH		FLANGE		WEB THICKN		AXIS X-X			AXIS Y-Y			Nom Weight kg/m	Total Weight kg.
	A	h	b	tf	tw	I	W	r	I	S	r					
	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm					
300	69,1	300	125	16,2	10,8	9800	653	11,9	451	72,2	2,56			54,2	433,6	
320	77,8	320	131	17,3	11,5	12510	782	12,7	555	84,7	2,67			61,1	488,8	
340	86,8	340	137	18,3	12,2	15700	923	13,5	674	98,4	2,8			68,1	544,8	
360	97,1	360	143	19,5	13	19610	1090	14,2	818	114	2,9			76,2	609,6	
380	107	380	149	20,5	13,7	24010	1260	15	975	131	3,02			84	672	

$\Delta_{max} = FL^3/48EyI$ 0,21 in I = 377,19 in⁴
 ESFUERZO ADMISIBLE S_y= 36000 psi S= 56,32 in³ factor de seguridad S_y
 σ_t
 POR TANTO AL SELECCIONAR ESTA IPN 340, SE ESTA TRABAJANDO CON UN

NOTA
 DIAGRAMA Y FORMULAS DE VIGAS TOMADO DEL MANUAL AISC. VER APENDICE A-4: "BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS"
 DIMENSIONES DE PERFILES HEB TOMADOS DE PRONTUARIO EMSIDESA. VER APENDICE A-5 : VALORES ESTATICOS DE PERFILES HEB

TABLA 31
CALCULO DE COLUMNA

CALCULO DE LA COLUMNA PARA CONDICIONES DE CARGA ESTATICA																																																																																																																					
DEL DIAGRAMA DE FUERZAS TENEMOS						$R1 = R2 = F/2$																																																																																																															
		$F =$		$L =$																																																																																																																	
		0,91 TM 2006 LBS		196,8 PULG																																																																																																																	
		PRESION CRÍTICA		$F_{cr} = \pi^2 E_y I / L_e^2$																																																																																																																	
		ESFUERZO CRÍTICO		$\sigma_{cr} = F_{cr} / A$																																																																																																																	
		AREA		$A = I / r^2$																																																																																																																	
		ESFUERZO CRÍTICO		$\sigma_{cr} = \pi^2 E_y / (L_e / r)^2$																																																																																																																	
		$L_e =$		138 PULG																																																																																																																	
		$\sigma_{cr} = \pi^2 E_t / (L_e / r)^2$																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th>UNID</th> <th>HEB 100</th> <th>HEB 120</th> <th>HEB 140</th> <th>HEB 160</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\sigma_{cr} =$</td> <td>PSI</td> <td>45.886</td> <td>67.353</td> <td>93.240</td> <td>121.886</td> </tr> <tr> <td>$E_t =$</td> <td>PSI</td> <td>3,02E+07</td> <td>3,02E+07</td> <td>3,02E+07</td> <td>3,02E+07</td> </tr> <tr> <td>$r =$</td> <td>in</td> <td>1,64</td> <td>1,98</td> <td>2,33</td> <td>2,67</td> </tr> <tr> <td>$I =$</td> <td>in⁴</td> <td>10,81</td> <td>20,76</td> <td>36,28</td> <td>59,82</td> </tr> <tr> <td>$A =$</td> <td>in²</td> <td>4,0</td> <td>5,3</td> <td>6,7</td> <td>8,4</td> </tr> <tr> <td>$F_{cr} =$</td> <td>lb</td> <td>184.424</td> <td>356.658</td> <td>623.101</td> <td>1.022.767</td> </tr> <tr> <td>$F =$</td> <td>lb</td> <td>2.006</td> <td>2.006</td> <td>2.006</td> <td>2.006</td> </tr> <tr> <td>$L_e =$</td> <td>in</td> <td>138</td> <td>138</td> <td>138</td> <td>138</td> </tr> <tr> <td>$L_e / r =$</td> <td></td> <td>84</td> <td>70</td> <td>59</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>$L =$</td> <td>in</td> <td>197</td> <td>197</td> <td>197</td> <td>197</td> </tr> </tbody> </table>													UNID	HEB 100	HEB 120	HEB 140	HEB 160	$\sigma_{cr} =$	PSI	45.886	67.353	93.240	121.886	$E_t =$	PSI	3,02E+07	3,02E+07	3,02E+07	3,02E+07	$r =$	in	1,64	1,98	2,33	2,67	$I =$	in ⁴	10,81	20,76	36,28	59,82	$A =$	in ²	4,0	5,3	6,7	8,4	$F_{cr} =$	lb	184.424	356.658	623.101	1.022.767	$F =$	lb	2.006	2.006	2.006	2.006	$L_e =$	in	138	138	138	138	$L_e / r =$		84	70	59	52	$L =$	in	197	197	197	197																																								
	UNID	HEB 100	HEB 120	HEB 140	HEB 160																																																																																																																
$\sigma_{cr} =$	PSI	45.886	67.353	93.240	121.886																																																																																																																
$E_t =$	PSI	3,02E+07	3,02E+07	3,02E+07	3,02E+07																																																																																																																
$r =$	in	1,64	1,98	2,33	2,67																																																																																																																
$I =$	in ⁴	10,81	20,76	36,28	59,82																																																																																																																
$A =$	in ²	4,0	5,3	6,7	8,4																																																																																																																
$F_{cr} =$	lb	184.424	356.658	623.101	1.022.767																																																																																																																
$F =$	lb	2.006	2.006	2.006	2.006																																																																																																																
$L_e =$	in	138	138	138	138																																																																																																																
$L_e / r =$		84	70	59	52																																																																																																																
$L =$	in	197	197	197	197																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>σ_{cr}</th> <th>E_t</th> <th>r</th> <th>L_e / r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>45.886</td> <td>3,02E+07</td> <td>1,64</td> <td>80,60</td> </tr> <tr> <td>67.353</td> <td>3,02E+07</td> <td>1,98</td> <td>66,52</td> </tr> <tr> <td>93.240</td> <td>3,02E+07</td> <td>2,33</td> <td>56,54</td> </tr> <tr> <td>121.886</td> <td>3,02E+07</td> <td>2,67</td> <td>49,45</td> </tr> <tr> <td>155.579</td> <td>3,02E+07</td> <td>3,02</td> <td>43,77</td> </tr> </tbody> </table>												σ_{cr}	E_t	r	L_e / r	45.886	3,02E+07	1,64	80,60	67.353	3,02E+07	1,98	66,52	93.240	3,02E+07	2,33	56,54	121.886	3,02E+07	2,67	49,45	155.579	3,02E+07	3,02	43,77																																																																																		
σ_{cr}	E_t	r	L_e / r																																																																																																																		
45.886	3,02E+07	1,64	80,60																																																																																																																		
67.353	3,02E+07	1,98	66,52																																																																																																																		
93.240	3,02E+07	2,33	56,54																																																																																																																		
121.886	3,02E+07	2,67	49,45																																																																																																																		
155.579	3,02E+07	3,02	43,77																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="12" style="text-align: left;">HEB</th> </tr> <tr> <th rowspan="3">DESIGNATION</th> <th>AREA</th> <th>DEPTH</th> <th colspan="2">FLANGE</th> <th colspan="2">WEB THICKN</th> <th colspan="3">AXIS X-X</th> <th colspan="2">AXIS Y-Y</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>h</th> <th>b</th> <th>tf</th> <th>tw</th> <th>l</th> <th>S</th> <th>r</th> <th>I</th> <th>S</th> <th>r</th> </tr> <tr> <th>cm²</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>mm</th> <th>cm⁴</th> <th>cm³</th> <th>cm</th> <th>cm⁴</th> <th>cm³</th> <th>cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100</td> <td>26</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>450</td> <td>89,9</td> <td>4,16</td> <td>167</td> <td>33,9</td> <td>2,53</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>34</td> <td>120</td> <td>120</td> <td>11</td> <td>6,5</td> <td>864</td> <td>144</td> <td>5,04</td> <td>318</td> <td>52,9</td> <td>3,06</td> </tr> <tr> <td>140</td> <td>33,7</td> <td>140</td> <td>140</td> <td>12</td> <td>7</td> <td>1510</td> <td>216</td> <td>5,93</td> <td>550</td> <td>78,5</td> <td>3,58</td> </tr> <tr> <td>160</td> <td>42,6</td> <td>160</td> <td>160</td> <td>13</td> <td>8</td> <td>2490</td> <td>311</td> <td>6,78</td> <td>889</td> <td>111</td> <td>4,05</td> </tr> <tr> <td>180</td> <td>51,2</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>14</td> <td>8,5</td> <td>3830</td> <td>426</td> <td>7,66</td> <td>1360</td> <td>151</td> <td>4,57</td> </tr> </tbody> </table>												HEB												DESIGNATION	AREA	DEPTH	FLANGE		WEB THICKN		AXIS X-X			AXIS Y-Y		A	h	b	tf	tw	l	S	r	I	S	r	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	100	26	100	100	10	6	450	89,9	4,16	167	33,9	2,53	120	34	120	120	11	6,5	864	144	5,04	318	52,9	3,06	140	33,7	140	140	12	7	1510	216	5,93	550	78,5	3,58	160	42,6	160	160	13	8	2490	311	6,78	889	111	4,05	180	51,2	180	180	14	8,5	3830	426	7,66	1360	151	4,57
HEB																																																																																																																					
DESIGNATION	AREA	DEPTH	FLANGE		WEB THICKN		AXIS X-X			AXIS Y-Y																																																																																																											
	A	h	b	tf	tw	l	S	r	I	S	r																																																																																																										
	cm ²	mm	mm	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm																																																																																																										
100	26	100	100	10	6	450	89,9	4,16	167	33,9	2,53																																																																																																										
120	34	120	120	11	6,5	864	144	5,04	318	52,9	3,06																																																																																																										
140	33,7	140	140	12	7	1510	216	5,93	550	78,5	3,58																																																																																																										
160	42,6	160	160	13	8	2490	311	6,78	889	111	4,05																																																																																																										
180	51,2	180	180	14	8,5	3830	426	7,66	1360	151	4,57																																																																																																										
<p>NOTA :</p> <p>TABLA DE DIMENSIONES DE PERFILES HEB TOMADOS DE PRONTUARIO EMSIDESA. VER APENDICE 7</p> <p>FORMULAS TOMADAS DEL TEXTO RESISTENCIA DE MATERIALES DE SINGER.</p>																																																																																																																					

2.3 PLANIFICACION DE LA INSTALACION

Esta planificación esta conformada de dos fases:

a) Procedimiento general de conducción operativa de Proyectos: Esta es la etapa formal que es regulada por los procedimientos de la empresa y que se basa en el registro de ciertos documentos denominados de control tales como: pedido de materiales, Orden de trabajo externa, Orden de trabajo api-pro, Póliza de Seguro, Ingreso a activos, Solicitud de baja de equipos desmontados, entre otros, brevemente describo a continuación la secuencia de estas actividades

Una vez que ha sido aprobada la ejecución del proyecto se solicita al departamento financiero un Centro de Costo para este proyecto donde puedan ser cargados todos los costos de equipos, materiales y mano de obra, y de esta forma poder hacer un comparativo al final del proyecto del costo real contra lo presupuestado.

Seguido se realiza la actualización del cronograma de instalación, indicándose los plazos para cada actividad a realizarse y los responsables de las mismas. Ver apéndice K. “ Cronograma de Instalación”.

Luego se realiza una reunión con representantes de las áreas involucradas y del proveedor del equipo donde se discute el cronograma y se despejan cualquier clase de dudas hasta ese momento. De estas reuniones debe elaborarse un acta de reunión que será la guía de las acciones a ejecutar hasta la próxima reunión.

Una vez definida la fecha de montaje de los equipos se solicita al área de seguros la contratación de una póliza de seguro de montaje para amortiguar los efectos de posibles daños en los equipos a instalarse o equipos de trabajo, esto se realiza para instalaciones industriales o inversiones mayores a \$ 50.000 USD, tal como es el caso del proyecto en mención.

Se elaboran los planos definitivos de la instalación, que incluyen: la distribución de equipos del Jet Cooker (**Plano 2**), Plano de estructura soporte del polipasto (**Plano 3**), Isométrico de instalación de equipos y tuberías (**Plano 4**), Plano de cubierta (**Plano 5**), y otros.

Una vez finalizados los planos son enviados al departamento de Seguridad industrial para que evalúe los riesgos potenciales del anteproyecto y elabore un informe de sugerencias de cambio en materiales a usar, formas de trabajo, ubicación y horarios, si el anteproyecto lo amerita.

Con los planos definitivos se procede a elaborar los pedidos de materiales los mismos que son canalizados por el departamento de compras.

A la par de la elaboración del pedido de materiales se realiza la cantidad de obra que es adjuntada a los planos y entregada a los contratistas calificados para que coticen los trabajos, una vez recibida las tres cotizaciones se elabora un cuadro comparativo de las ofertas y se crea una orden de trabajo externa, documentos que son entregados a la Gerencia de desarrollo industrial para su aprobación.

Una vez aprobada alguna de las ofertas se elabora una orden de trabajo de planificación donde se indica los materiales y equipos a usarse y queda registrado en el sistema la inclusión de los nuevos equipos para que puedan ser considerados como nuevos activos de la empresa. Creándose en este momento los códigos respectivos con los que serán identificados de allí en adelante.

b) Procedimiento de montaje: Denominamos Procedimiento de montaje a las acciones específicas de la instalación debido a las circunstancias particulares en que se desarrollara, se elabora planes de acción, para las actividades ya planificadas en la 1 etapa pero detallando los recursos requeridos para la misma.

Cabe destacar que en la planificación de esta instalación se tomo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Que el montaje del nuevo sistema no involucre tiempos improductivos para la empresa:

Por tanto deben coincidir estos trabajos de interconexiones con alguna parada programada por mantenimiento y no por proyectos.

- Que se reutilice los equipos existentes del sistema anterior que se encuentren operando a satisfacción:

Para cumplir este requerimiento fue necesario realizar el montaje en dos paradas programadas, ya que considerando que la ubicación del nuevo sistema seria en un área distinta de la que actualmente se encontraba el sistema de preparación por etapas y se requería usar varios equipos de esta instalación, lo primero que se debió hacer fue trasladar este sistema completo a la nueva área pero con la nueva distribución requerida para la instalación de los equipos nuevos, por tanto la obra civil debió ser considerada terminarla antes de esta actividad.

- Que el funcionamiento de este sistema sea independiente de las paradas programadas de los molinos, debiendo ser capaz de dar servicio a un molino estando en parada de mantenimiento el otro, esto se consiguió tomando la fuerza eléctrica, el vapor y la línea de aire

comprimido directamente desde la planta de fuerza, la línea de agua fresca fue tomada de un By-pass donde podía ser alimentado tanto por la bomba de agua fresca del molino 1 o del molino 2.

- Formular un plan de contingencia ya que es política del departamento de Proyectos que cada que se realiza una nueva instalación donde existe algún riesgo en el proceso de arranque se analice la posibilidad de tener un plan de contingencia que permita regresar al anterior sistema hasta que se pueda resolver el problema que origino tal situación, para este caso específico se lo realizo dejando la alimentación de vapor, agua, y el agitador del tanque de preparación operativos. Tanto para el sistema de preparación del molino 2 como para el molino 1, los mismos que una vez probado totalmente el sistema de cocción automático podían ser desmontados.

2.3 EJECUCION DE TRABAJOS DE INSTALACION.

La ejecución de los trabajos fue de acuerdo a lo planificado con una que otra variación considerada como de poca trascendencia y que son normales en todo proceso de montaje.

Siguiendo la secuencia planificada de los trabajos de ejecución se inicio con la obra civil, la misma que fue desarrollada en el tiempo

requerido y de acuerdo al diseño presentado por el contratista responsable del diseño estructural. A continuación se muestra dos fotografías de la secuencia de esta actividad.



FIGURA 2.11 PREPARATIVOS DE FUNDICION DE LOSA



FIGURA 2.12. FUNDICION DE LOSA

a) Primera etapa de montaje:

Traslado de sistema de preparación por etapas.

Como se indico en la sección anterior de planificación de la instalación se debió hacer el montaje en dos etapas para poder reutilizar los equipos existentes en buen estado, efectuándose estos trabajos en una parada programada del molino 2, donde se traslado el tanque de preparación, el tanque de servicio y las bombas respectivas.

Para tal efecto se realizo una instalación provisional de la ubicación de las bombas sobre bases metálicas para no tener que cambiar en esta etapa el sistema de tuberías pues se cambio tal y como estaba del sistema existente, uno de los objetivos de esta etapa era el ubicar a los tanques en la posición definitiva, la misma que se puede apreciar en la Figura 2.13.

Una vez montados estos tanques se podía continuar con el montaje del resto de equipos que es delante de los mismos, Hecho que no se hubiera podido realizar de manera inversa es decir montar todos los equipos que están en la parte frontal y en una sola parada reubicar los tanques y las bombas a reutilizarse pues hubiera sido muy complicado por no decir imposible montar en esta situación los tanques con todo

un sistema de tuberías ya instalado delante de la ubicación de los mismos

b) Segunda etapa de montaje:

Instalación de equipo principal – auxiliares y arranque del sistema automático de cocción del almidón.

Esta etapa fue desarrollada sin interferir con el proceso productivo montándose el equipo principal “Jet Cooker”, las bombas de agua fresca y de distribución de almidón al molino 1, el polipasto de alimentación al equipo, la instalación de tuberías, se muestra en la figura 2.14, la realización de estos trabajos, cabe indicar que solo se dejó pendiente la última unión con la tubería suministro del vapor para ejecutarse en una parada corta, la misma que a diferencia de lo planificado se la tomó desde la línea principal de alimentación al molino 2, y no desde la planta de fuerza, evitando así una parada de toda la fábrica ya que se hizo coincidir la interconexión final con una parada programada del molino 2 dejando pendiente la conexión definitiva desde la planta de fuerza para la parada Programada de fin de año en que se para la producción en ambos molinos.



FIGURA 2.13 SISTEMA DE PREPARACION POR ETAPAS
REUBICADO



FIGURA 2.14 MONTAJE DEL JET COOKER

En lo que respecta a la parte eléctrica estos trabajos fueron realizados por un contratista bajo la supervisión de la superintendencia eléctrica. Estos trabajos fueron terminados antes del arranque del equipo de tal forma que se pudo tener probados los nuevos equipos instalados para esta fecha.

La calibración del equipo fue realizada por la superintendencia de instrumentación en coordinación con los técnicos representantes del proveedor, dejando al equipo configurado de acuerdo a los requerimientos de producción.

En la figura No 2.15 , se muestra el momento en que se están dando señales de arranque del sistema.



FIGURA 2.15 ARRANQUE DEL JET COOKER.

3.1 COSTOS REALES DE INSTALACION E INDICES DEL PROYECTO.

Una vez obtenidos los datos de los costos reales incurridos en la ejecución del proyecto estos fueron comparados con lo presupuestado. Cabe recalcar que si bien es cierto hubo variaciones en los rubros, en el global del presupuesto de instalación esta diferencia fue muy corta, quedando dentro de los márgenes de desviación aceptados por la empresa que es del orden del 5%.

En la tabla No. 32, se muestra el detalle de los costos clasificados en: Equipos - materiales de importación e Instalación.

En la parte de equipos y materiales de importación se puede apreciar que en el presupuesto existen equipos que no fueron adquiridos y por tanto en la columna de costos reales aparecen con un valor de cero, en cambio no aparecen otros que si fueron comprados, pero si se los indica en la columna de los costos reales, esto es debido a decisiones tomadas en el desarrollo del proyecto pero que en el costo final no tuvieron mayor incidencia.

También se incluye en la tabla 33, Resumen de costos del proyecto, en la que se puede apreciar la desviación en el costo total de la inversión que fue del + 3.7 %.

TABLA 32

**DETALLES COSTOS DEL PROYECTO (REAL VS.
PRESUPUESTO)**

DESCRIPCION	Presupuesto USD	Real USD
EQUIPOS Y MATERIALES DE IMPORTACION		
COCINA DE ALMIDON	\$84.000,00	\$84.000,00
BOMBA CON MOTOR PARA TANQUE DE DILUCIÓN	3.400	\$0,00
BOMBA CON MOTOR PARA TANQUE DE SERVICIO	3.400	\$0,00
bombas con motor para dosificar a Molino (36GPM;90ft)		\$3.180,95
Bomba booster de agua fresca Caudal 125 lt/min; Presión 80 Psi		\$5.327,95
DOS AGITADORES PARA TANQUES	7.000	\$0,00
MCC (Motores de Jet Cooker (3), bomba almidón a mol 1, teclé eléctrico)	5.000	\$5.280,00
TUBERIA Y ACCESORIOS	3.000	
Polipasto eléctrico 1TM carrera gancho = 5m (DEMAG tipo EUDKUN 5-500 V1 2/1)		\$4.800,00
Lazo de control de vapor saturado 180 psi (12,4 bar)		\$0,00
Medidr de flujo de vapor ((225 Lb/hr)		\$3.511,20
Interruptor		\$784,00
Varios Instrumentos		\$1.353,60
TOTAL EQUIPOS	\$105.800,00	\$108.237,70
FLETE SEGURO E IMPUESTO	26.450	\$16.654
TOTAL C & F	\$132.250,00	\$124.891,23
INSTALACION (MANO DE OBRA Y MATERIALES LOCALES)		
ASISTENCIA TECNICA PARA MONTAJE	0	\$0
OBRAS CIVILES	8.000	\$4.738,00
Cimentación de: Jet cooker, estructura polipasto, bases de bombas (OT428)		\$4.738,00
OBRAS MECANICAS	15.000	\$20.342,23
Reubicar Tanques de Almidón bombas y tuberías almidon agua, vapor (OT471)		\$4.897,83
Estructura para Polipasto y Cubierta		\$1.789,82
Tubería de vapor 423 ft (d= 1 1/2" sch 80)		\$1.562,39
Tubería de saturación Long= 423 ft (d= 1/2" sch 80)		
Tubería par bomba de agua fresca (Long = 360 ft; d= 2,5 ")		\$7.473,69
Tubería de ac. Inox desde Area de preparación de almidon m2 a m1		
Montaje Jet Cooker		
Tuberías de Bombas de Almidón, aire comprimido, agua de sello		
Aislamiento de tubería de vapor (OT 540)		880,82
CONSTRUCCION E INSTALACION DE CUBIERTA LATERAL		3737,68
OBRAS ELECTRICAS	1.500	\$1.400,00
Reubicar acometidas electricas Traslado de tanques almidón Parada Mol 2		\$1.400,00
Acometidas electricas nuevos motores Jet Cooker		
OBRAS ELECTRONICAS	1.200	\$720,00
Desmontar Valvula Reductora-Saturadora Linea 10,5 bars Mol 1(OT460)		\$420,00
Cableado de control (OT-525)		\$300,00
SUB TOTAL INSTALACION	25.700	\$27.200,23
TOTAL EQUIPO E INSTALACION	\$157.950,00	\$152.091,46

TABLA 33
RESUMEN DE COSTOS DEL PROYECTO

DESCRIPCION	PRESUP [USD]	REAL [USD]	DIFER [USD]	DESVIAC %
EQUIPOS				
EQUIPO PRINCIPAL	84.000	84.000	0	0,0
OTROS EQUIPOS	21.800	24.237		
TOTAL EQUIPOS	105.800	108.237		
FLETE SEGURO IMPUESTOS	26.450	16.654	9.796	37,0
TOTAL EQUIPOS (CIF)	132.250	124.891	7.359	5,6
INSTALACION				
OBRAS CIVILES	8.000	4.738	3.262	40,8
OBRAS MECÁNICAS	15.000	20.342		
OBRAS ELECTRICAS	1.500	1.400		
OBRAS DE INSTRUMENTACIÓN	1.200	720	480	40,0
TOTAL INSTALACION	25.700	27.200	-1.500	-5,8
TOTAL COSTO DE INVERSION	157.950	152.091	5.859	3,7

En lo que respecta a los índices del proyecto, se calculo los considerados como más útiles para los proyectos de montaje los mismos que se muestran en la tabla 34

TABLA 34
INDICES DE COSTOS DEL PROYECTO

Item	Descripción	%
1	Relación de costo equipo Principal	55,2
2	Relación de costo de equipos auxiliares	15,9
3	Relación de costo de internación de equipos	11
4	Relación de costo de obras civiles	3,1
5	Relación de costo de obras mecánicas	13,4
6	Relación de costo de obras eléctricas	0,9

3.2 PARAMETROS AFECTADOS Y BENEFICIO REAL DE LA INVERSION.

Tal como se indico en el capitulo 2.1 Justificación técnico-económica de instalación de un sistema de preparación de almidón en línea (JET COOKER), los beneficios de la inversión están basados en la disminución del consumo de almidón dado el aumento de la eficiencia de la reacción y en la disminución del consumo de vapor esto debido a la mejor mezcla del almidón con el vapor y mejores condiciones de aislamiento del reactor.

Este beneficio real se calculo proyectando los índices medidos en los primeros meses de operación el equipo, y proyectándolos para todo un año, este análisis se resume en la tabla 35.

TABLA 35.

BENEFICIO REAL DE LA INVERSION

item	Descripcion	Unidad	Presup (usd)	Real (usd)
1	Incremento de la eficiencia de reacción			
	Consumo de Almidón/día , antes proyecto	kg/día	1.750	1.750
	Costo del Almidón	Usd/Kg	1	1
	Disminución del Consumo de Almidón (Presup)	%	10	23
	Consumo de Almidón/día , despues proyecto	kg/día	1575	1347,5
	Beneficio por Disminución Consumo Almidón		57.750	132.825
2	Disminución de Consumo de Vapor			
	Consumo de vapor antes del proyecto	Lbv/h	1000	1000
	Costo del Vapor	Usd/Lbv	0,0066	0,0060
	Disminucion de consumo de vapor	%	60	71,2
	Consumo de vapor despues del proyecto	Lbv/h	400	288
	Beneficio por disminucion consumo vapor	Usd/año	31.363	33.834
Beneficio Total de la Inversión (usd /año)			89.113	166.659

Una vez calculado el beneficio y costo real de la inversión podemos recalcular el retorno de la inversión del proyecto, cuyos resultados se muestran en la tabla 36.

TABLA 36 .

RETORNO REAL DE LA INVERSION

RETORNO DE INVERSION	Presupuesto	Real
Costo Total de la Inversión	157.950	152.091
Beneficios de la Inversión	89.113	169.811
REPAGO DE LA INVERSION	1.8	0,9

3. Con este proyecto se logro unificar la cocción del almidón para ambos molinos y dado el ahorro real obtenido se disminuyo el retorno de la inversión de 1.8 a 0.9 años.
4. Se logro poner en operación el equipo sin solicitar parada de producción por cuenta del proyecto, ya que se programo el arranque el mismo día de una parada de maquina programada por mantenimiento.

Recomendaciones

1. Debido a que este sistema de preparación es diferente al que se tenia se recomendó realizar una inducción al personal que este a cargo de la operación del mismo, lo cual fue realizado por los técnicos del proveedor del equipo.
2. De parte del fabricante se recomendó tener especial cuidado en el control del buen funcionamiento de los ciclos automáticos de lavado del equipo ya que de no ejecutarse podrían ocasionar taponar las tuberías debido al enfriamiento del almidón que hubiera dentro de las mismas.

3. Siguiendo con la filosofía de la actualización tecnológica y disminución de costos al optimizar los procesos de producción se sugiere realizar la etapa completa de centralización de todos los químicos junto al área del Jet Cooker, utilizando sistemas mas seguros en cuanto a evitar derrames y con tecnología mas avanzada para mejorar la eficiencia de estos procesos.

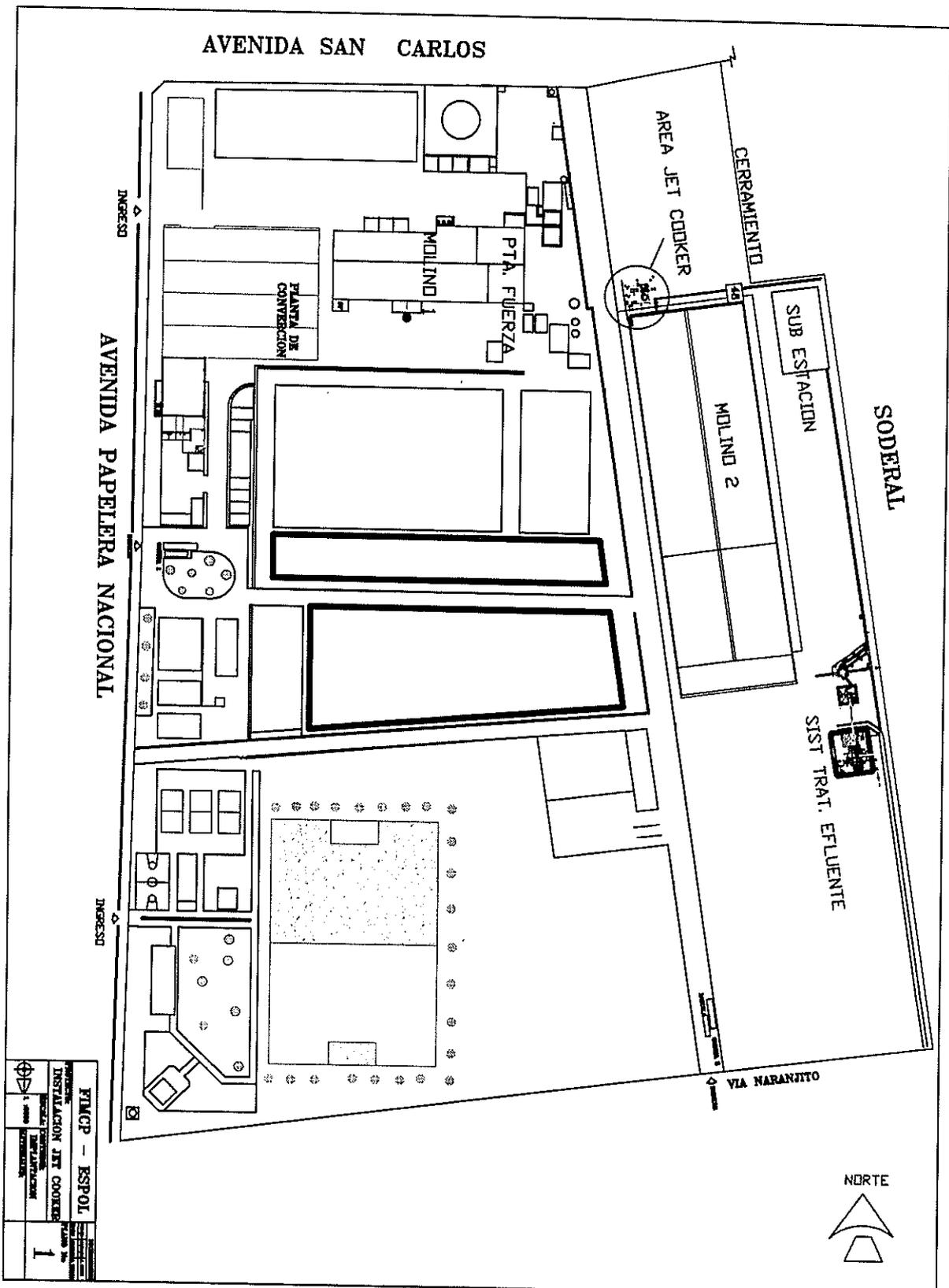
BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DE BOMBAS GOULDS. "Goulds".
2. CAMERON HYDRAULIC DATA, "Ingersoll-Dresser Pumps".
3. FLUJO DE FLUIDOS EN VALVULAS ,ACCESORIOS Y TUBERIAS ,
"Crane".
4. SELECCIÓN USO Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS, "Knneth
McNaughton".
5. FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA, "Sonntang y J. Van Wylen.
6. RESISTENCIA DE MATERIALES, "Singer".
7. MANUAL DE CONSTRUCCIONES EN ACERO, "AISC".

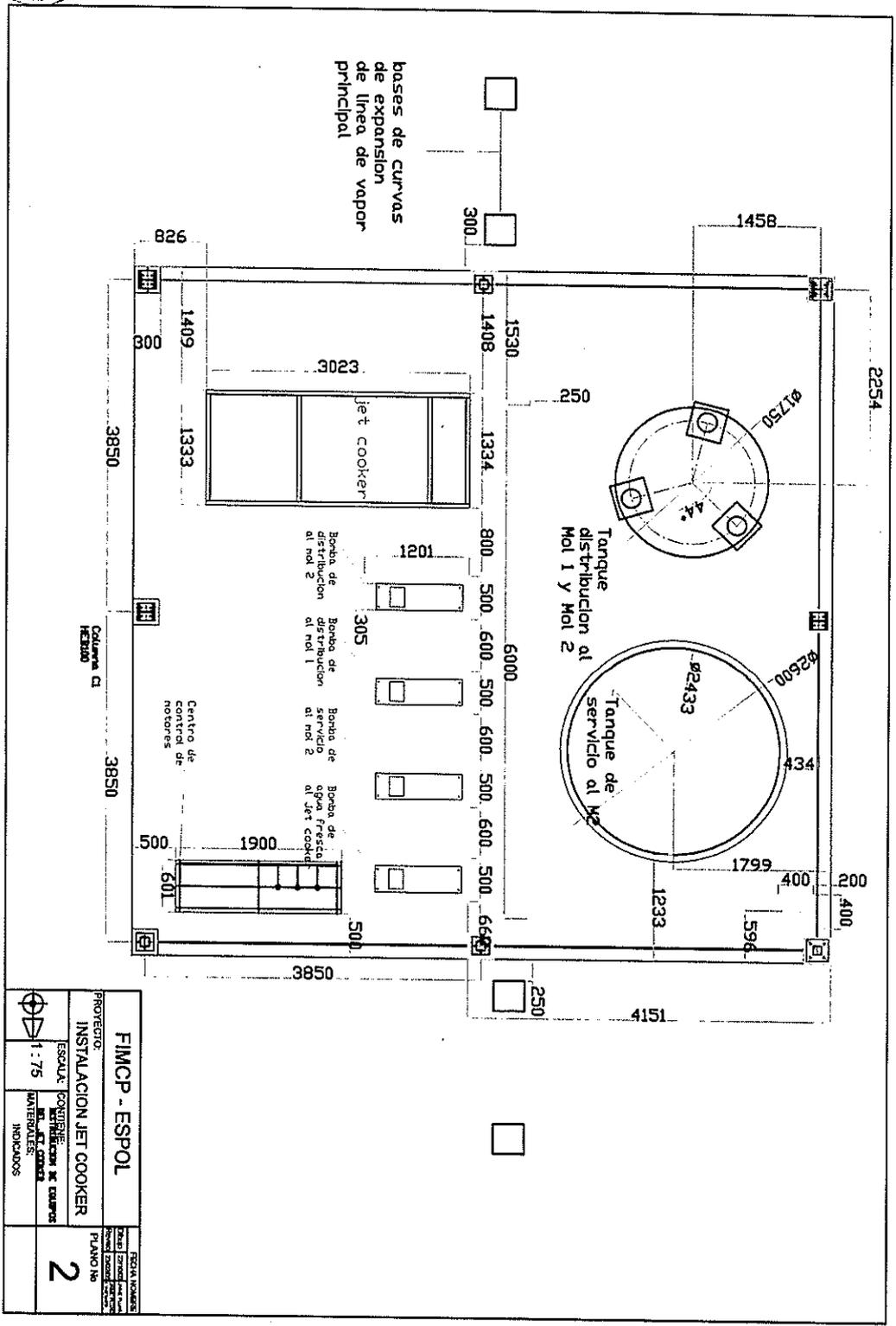
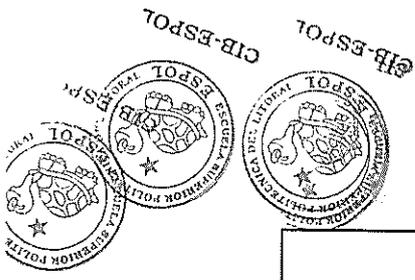
BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DE BOMBAS GOULDS. "Goulds".
2. CAMERON HYDRAULIC DATA, "Ingersoll-Dresser Pumps".
3. FLUJO DE FLUIDOS EN VALVULAS ,ACCESORIOS Y TUBERIAS , "Crane".
4. SELECCIÓN USO Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS, "Kenneth McNaughton".
5. FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA, "Sonntag y J. Van Wylan.
6. RESISTENCIA DE MATERIALES, "Singer".
7. MANUAL DE CONSTRUCCIONES EN ACERO, "AISC".

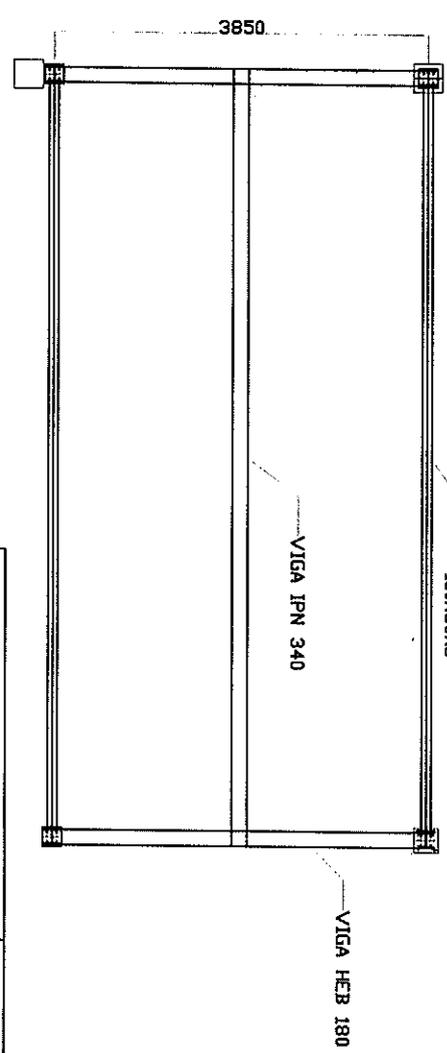
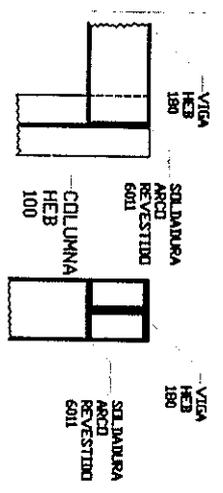
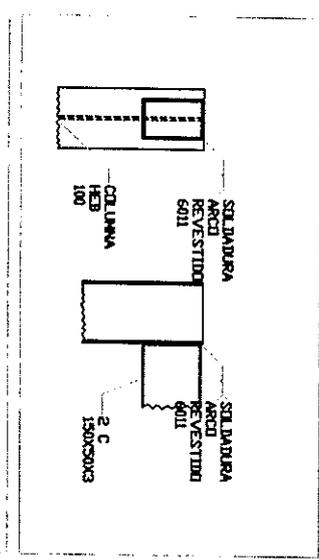
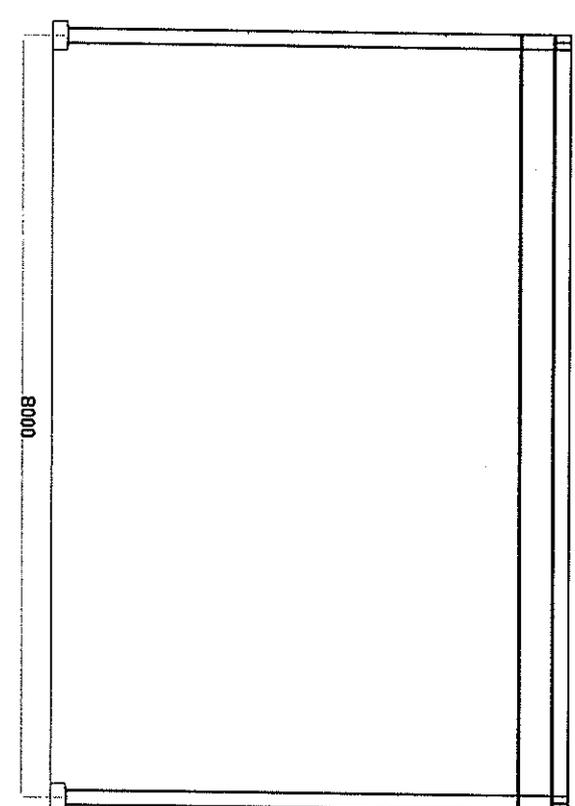
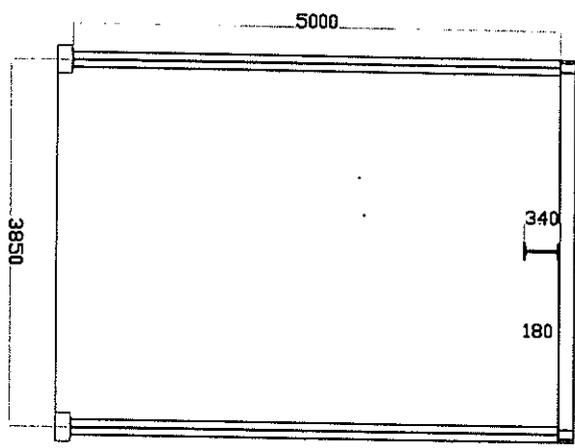
PLANOS



FIMCP - ESPOL INSTALACION JET COOKER	
ESCALA: 1:1000 FECHA: 1988	1

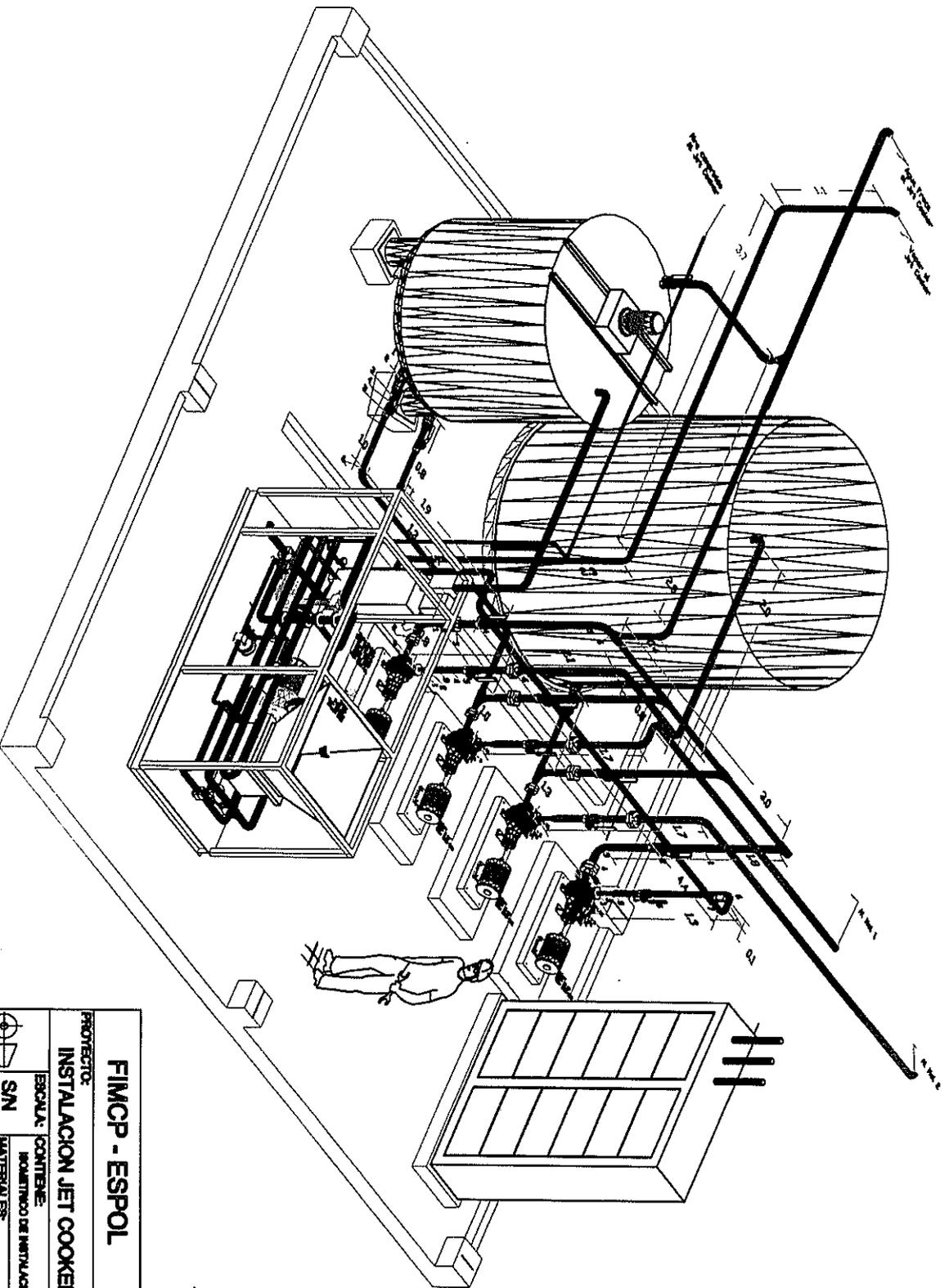


FIMCP - ESPOL PROYECTO: INSTALACION JET COOKER		ESCALA: 1 : 75 CONTIENE: EXTRINSECA DE CURVAS MATERIALES: INDICADOS	FICHA NUMERO: 2 PLANOTE: 2
---	--	--	---

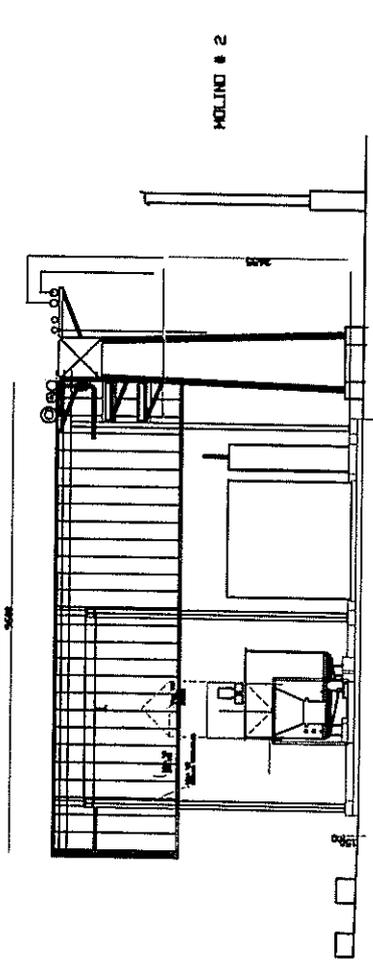


FIMCP - ESPOL PROYECTO: INSTALACION JET COOKER		FECHA NOMBRE DISEÑO 22/10/03 JAE PUN REVISÓ 20/02/05 JAE PUN
ESCALA: 1 : 75	CONTENIDO: DEL PLANTAS MATERIALS: ACERO A36	PLANO No 3

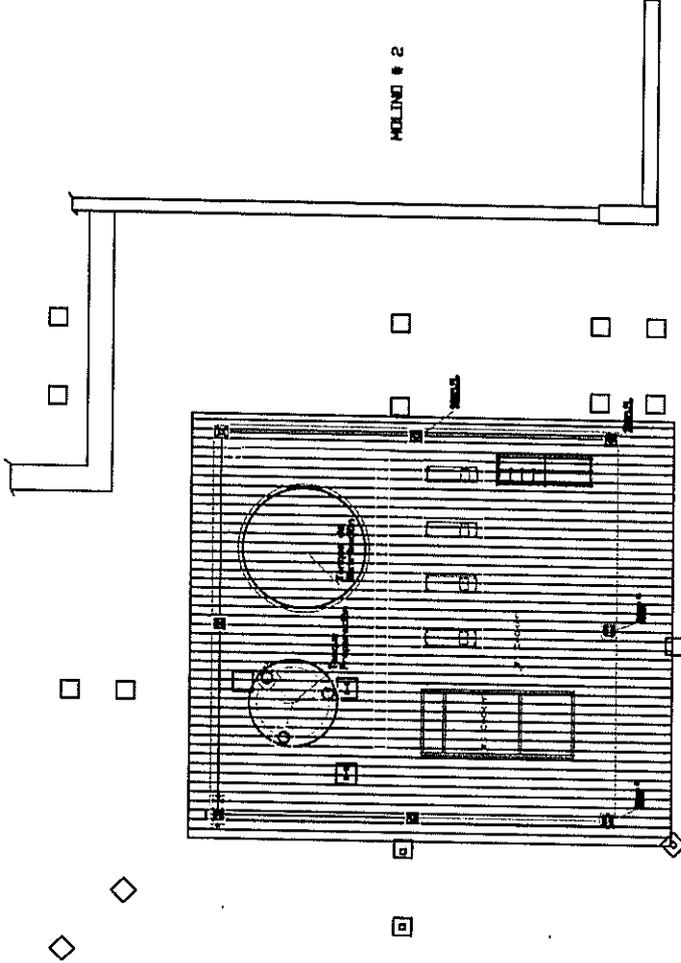
PLANO 4. ISOMETRICO DE INSTALACION DE EQUIPOS Y TUBERIAS



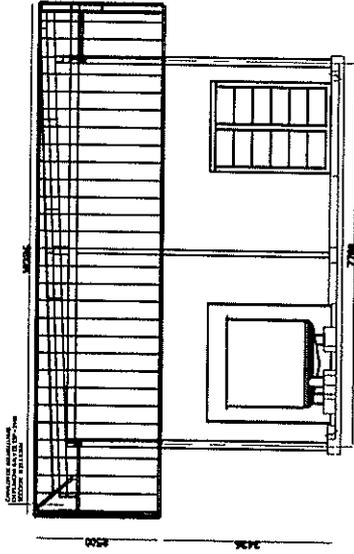
FIMCP - ESPOL		PROYECTO: INSTALACION JET COOKER	PLAN No 4
ESCALA: SN	CONTENIDO: MANTENIMIENTO DE INSTALACION MATERIALES	PLAN No 4	PLAN No 4



ELEV TIP FRONTAL



VISTA DE PLANTA



ELEV TIP LATERAL IZQ.

ESTRUCTURA SOPORTE DESTRUCTURA SOPORTE DE PANTALLA, CANT = 6

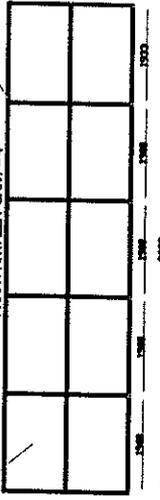


CANALES U DE 100X50X3mm

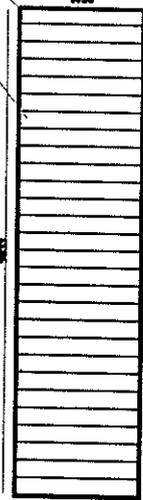


CANALES U DE 100X50X3mm

ANGULOS L DE 1 1/2" esp = 1/8" ESTRUCTURA TIPO PARA PANTALLA CANT = 4



CUBIERTA DE STEEL PANEL
TPO: esp = 0.35 mm
ANGULO DE ALUMINIO DE 2" X 2" X 1/8"



PANEL ESTILOX
TIPO: esp = 0.35 mm
ANGULO DE ALUMINIO UTIL = 50 mm
PISO: 1.375" X 0.75" X 1/8"

FECHA: NOMBRE: DISEÑADO: REVISADO: APROBADO:		PLANO No
PROYECTO: FIMCP - ESPOL		5
ESCALA: CONTIENE:	INSTALACION JET COOKER	
1 : 150	PLANO DE CUBIERTA	
MATERIALES: ALUMINIO AN. S. S.		
STEEL PANEL e = 0.35 mm		



CIB-ESP

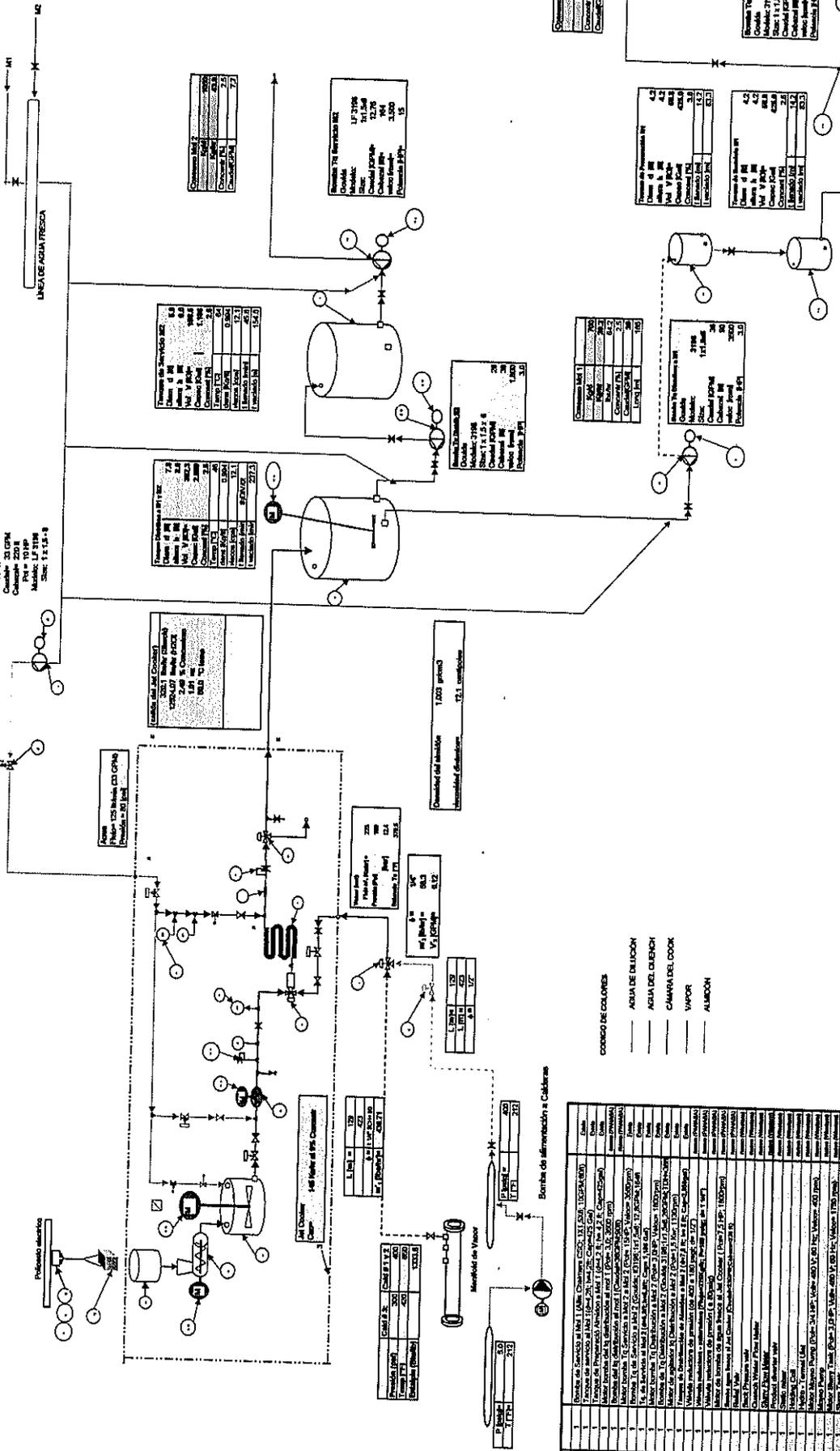
APENDICE A

FLUJOGRAMA PROCESO PREPARACION DE ALMIDON

Cocina continua de Almidón Catiónico (Jet Cooker)

Broches para Frases
AUX Cooker
Caudal: 200 L
Caudal: 200 L
Módulo: LF 3198
SIN: 1 x 1.5 x 0.8

Long = 156m
4 x 7'



DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
Almidón	100	kg	100
Agua	200	L	200
Sal	10	kg	10
... (other materials)	...	...	...

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
Almidón	100	kg	100
Agua	200	L	200
Sal	10	kg	10
... (other materials)	...	...	...

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
Almidón	100	kg	100
Agua	200	L	200
Sal	10	kg	10
... (other materials)	...	...	...

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
Almidón	100	kg	100
Agua	200	L	200
Sal	10	kg	10
... (other materials)	...	...	...

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR
Almidón	100	kg	100
Agua	200	L	200
Sal	10	kg	10
... (other materials)	...	...	...

PAPELERA NACIONAL S.A.
SUB - GERENCIA TÉCNICA

Cocina Continua de Almidón Catiónico
(Jet Cooker)
Inventarios 2003

ESCALA	MATERIAL	FECHA	NOMBRE
21-JUN-03	J.P. Díaz	21-JUN-03	J.P. Díaz
APROBADO	J.P. Díaz	TELÉFONO	ACERCA
SECCION	FABRICA GENERAL	PESO	NOVA

PN-03-00-01

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	ESTADO
1	1	Almidón	...
2	1	Agua	...
3	1	Sal	...
4	1	...	...
5	1	...	...
6	1	...	...
7	1	...	...
8	1	...	...
9	1	...	...
10	1	...	...
11	1	...	...
12	1	...	...
13	1	...	...
14	1	...	...
15	1	...	...
16	1	...	...
17	1	...	...
18	1	...	...
19	1	...	...
20	1	...	...
21	1	...	...
22	1	...	...
23	1	...	...
24	1	...	...
25	1	...	...
26	1	...	...
27	1	...	...
28	1	...	...
29	1	...	...
30	1	...	...
31	1	...	...
32	1	...	...
33	1	...	...
34	1	...	...
35	1	...	...
36	1	...	...
37	1	...	...
38	1	...	...
39	1	...	...
40	1	...	...
41	1	...	...
42	1	...	...
43	1	...	...
44	1	...	...
45	1	...	...
46	1	...	...
47	1	...	...
48	1	...	...
49	1	...	...
50	1	...	...

CONDICIONES DE MATERIALES

ITEM	CONDICIONES
1	Almidón
2	Agua
3	Sal
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

CONDICIONES DE MATERIALES

ITEM	CONDICIONES
1	Almidón
2	Agua
3	Sal
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

CONDICIONES DE MATERIALES

ITEM	CONDICIONES
1	Almidón
2	Agua
3	Sal
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

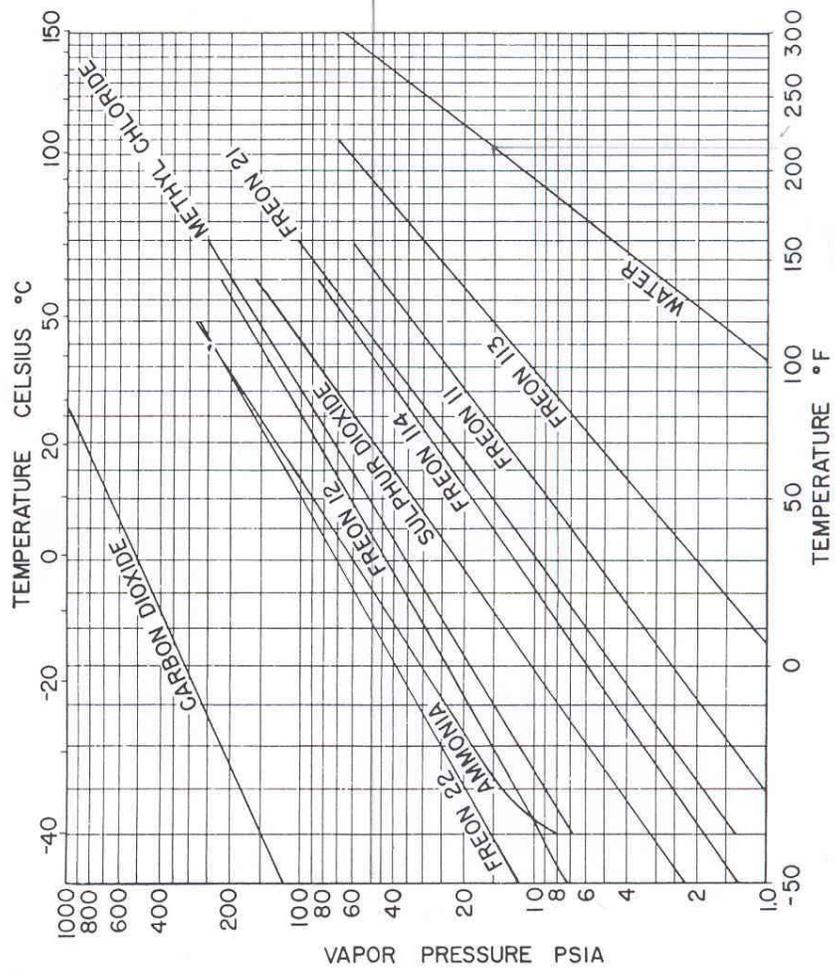
APENDICE B

PRESION DE VAPOR

PRESION DE VAPOR

Ingersoll-Dresser Pumps Cameron Hydraulic Data

Vapor Pressure of Refrigerant Liquids

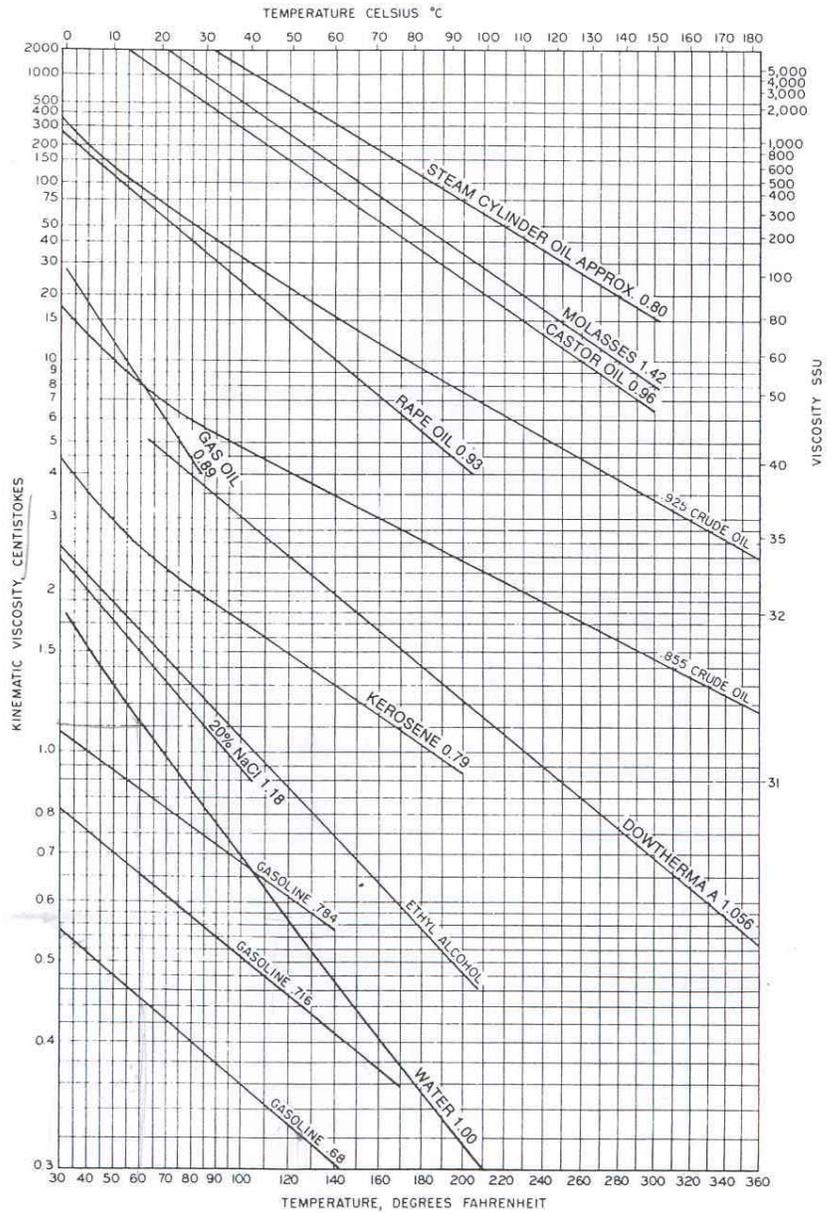


APENDICE C

VISCOSIDAD CINEMATICA Y GRAVEDAD ESPECIFICA

VISCOSIDAD CINEMATICA Y GRAVEDAD ESPECIFICA

Viscosity of Miscellaneous Liquids



Specific gravities shown are for 60°F (15.6°C)

Drawn by Ingersoll-Dresser Pumps based on data from various sources.

APENDICE D

PERDIDA POR FRICCION EN TUBERIAS

Ingersoll-Dresser Pumps

Cameron Hydraulic Data

Friction of Water New Steel Pipe (Continued) (Based on Darcy's Formula) 2 Inch

Flow U S gal per min	Standard wt steel—sch 40			Extra strong steel—sch 80			Schedule 160—steel		
	2.067" inside dia			1.939" inside dia			1.687" inside dia		
	Velocity ft per sec	Velocity head ft	Head loss ft per 100 ft	Velocity ft per sec	Velocity head ft	Head loss ft per 100 ft	Velocity ft per sec	Velocity head ft	Head loss ft per 100 ft
5	.478	.004	.074	.54	.00	.101	.718	.008	.197
6	.574	.005	.102	.65	.01	.139	.861	.012	.271
7	.669	.007	.134	.76	.01	.182	1.01	.016	.357
8	.765	.009	.170	.87	.01	.231	1.15	.020	.452
9	.860	.012	.209	.98	.01	.285	1.29	.026	.559
10	.956	.014	.252	1.09	.02	.343	1.44	.032	.675
12	1.15	.021	.349	1.30	.03	.476	1.72	.046	.938
14	1.34	.028	.461	1.52	.04	.629	2.01	.063	1.20
16	1.53	.036	.586	1.74	.05	.800	2.30	.082	1.53
18	1.72	.046	.725	1.96	.06	.991	2.58	.104	1.90
20	1.91	.057	.878	2.17	.07	1.16	2.87	.128	2.31
22	2.10	.069	1.05	2.39	.09	1.38	3.16	.155	2.76
24	2.29	.082	1.18	2.61	.11	1.62	3.45	.184	3.25
26	2.49	.096	1.37	2.83	.12	1.88	3.73	.216	3.77
28	2.68	.111	1.57	3.04	.14	2.16	4.02	.251	4.33
30	2.87	.128	1.82	3.26	.17	2.46	4.31	.288	4.93
35	3.35	.174	2.38	3.80	.22	3.28	5.02	.392	6.59
40	3.82	.227	3.06	4.35	.29	4.21	5.74	.512	8.49
45	4.30	.288	3.82	4.89	.37	5.26	6.46	.648	10.6
50	4.78	.355	4.66	5.43	.46	6.42	7.18	.799	13.0
55	5.26	.430	5.58	5.98	.56	7.70	7.89	.967	15.6
60	5.74	.511	6.58	6.52	.66	9.09	8.61	1.15	18.4
65	6.21	.600	7.66	7.06	.77	10.59	9.33	1.35	21.5
70	6.69	.696	8.82	7.61	.90	12.2	10.05	1.57	24.8
75	7.17	.799	10.1	8.15	1.03	13.9	10.77	1.80	28.3
80	7.65	.909	11.4	8.69	1.17	15.8	11.48	2.05	32.1
85	8.13	1.03	12.8	9.03	1.27	17.7	12.20	2.31	36.1
90	8.60	1.15	14.3	9.78	1.49	19.8	12.92	2.59	40.3
95	9.08	1.28	15.9	10.3	1.6	22.0	13.64	2.89	44.8
100	9.56	1.42	17.5	10.9	1.8	24.3	14.35	3.20	49.5
110	10.52	1.72	21.0	12.0	2.2	29.2	15.79	3.87	59.6
120	11.5	2.05	24.9	13.0	2.6	34.5	17.22	4.61	70.6
130	12.4	2.40	29.1	14.1	3.1	40.3	18.66	5.40	82.6
140	13.4	2.78	33.6	15.2	3.6	46.6	20.10	6.27	95.5
150	14.3	3.20	38.4	16.3	4.1	53.3	21.53	7.20	109
160	15.3	3.64	43.5	17.4	4.7	60.5	22.97	8.19	124
170	16.3	4.11	49.0	18.5	5.3	68.1	24.40	9.24	140
180	17.2	4.60	54.8	19.6	6.0	76.1	25.84	10.36	156
190	18.2	5.13	60.9	20.6	6.6	84.6	27.27	11.54	174
200	19.1	5.68	67.3	21.7	7.3	93.6	28.71	12.79	192
220	21.0	6.88	81.1	23.9	8.9	113			
240	22.9	8.18	96.2	26.9	10.6	134			
260	24.9	9.60	113	28.3	12.4	157			
280	26.8	11.14	130	30.4	14.4	181			
300	28.7	12.8	149	32.6	16.5	208			

Note: No allowance has been made for age, difference in diameter, or any abnormal condition of interior surface. Any factor of safety must be estimated from the local conditions and the requirements of each particular installation. It is recommended that for most commercial design purposes a safety factor of 15 to 20% be added to the values in the tables—see page 3-5.

APENDICE E

CABEZAL DINAMICO TOTAL

PERDIDA POR FRICCION EN TUBERIAS

Friction of Water New Steel Pipe (Continued)
(Based on Darcy's Formula)
1 1/2 inch

Flow U S gal per min	Standard wt steel—sch 40			Extra strong steel—sch 80			Schedule 160—steel		
	1.610" inside dia			1.500" inside dia			1.338" inside dia		
	Velocity ft per sec	Velocity head ft	Head loss ft per 100 ft	Velocity ft per sec	Velocity head ft	Head loss ft per 100 ft	Velocity ft per sec	Velocity head ft	Head loss ft per 100 ft
4	.63	.006	.166	.73	.01	.233	.913	.013	.404
5	.79	.010	.246	.91	.01	.346	1.14	.020	.601
6	.95	.014	.340	1.09	.02	.478	1.37	.029	.832
7	1.10	.019	.447	1.27	.03	.630	1.60	.040	1.10
8	1.26	.025	.567	1.45	.03	.800	1.83	.052	1.35
9	1.42	.031	.701	1.63	.04	.990	2.05	.065	1.67
10	1.58	.039	.848	1.82	.05	1.20	2.28	.081	2.03
12	1.89	.056	1.18	2.18	.07	1.61	2.74	.116	2.84
14	2.21	.076	1.51	2.54	.10	2.14	3.20	.158	3.78
16	2.52	.099	1.93	2.90	.13	2.74	3.65	.207	4.85
18	2.84	.125	2.40	3.27	.17	3.41	4.11	.262	6.04
20	3.15	.154	2.92	3.63	.20	4.15	4.56	.323	7.36
22	3.47	.187	3.48	3.99	.25	4.96	5.02	.391	8.81
24	3.78	.222	4.10	4.36	.30	5.84	5.48	.465	10.4
26	4.10	.261	4.76	4.72	.35	6.80	5.93	.546	12.1
28	4.41	.303	5.47	5.08	.40	7.82	6.39	.634	13.9
30	4.73	.347	6.23	5.45	.46	8.91	6.85	.727	15.9
32	5.04	.395	7.04	5.81	.52	10.1	7.30	.828	18.0
34	5.36	.446	7.90	6.17	.59	11.3	7.76	.934	20.2
36	5.67	.500	8.80	6.54	.66	12.6	8.22	1.05	22.5
38	5.99	.577	9.76	6.90	.74	14.0	8.67	1.17	25.0
40	6.30	.618	10.8	7.26	.82	15.4	9.13	1.29	27.6
42	6.62	.681	11.8	7.63	.90	16.9	9.58	1.43	30.3
44	6.93	.747	12.9	7.99	.99	18.5	10.04	1.57	33.1
46	7.25	.817	14.0	8.35	1.08	20.1	10.50	1.71	36.1
48	7.56	.889	15.2	8.72	1.18	21.8	10.95	1.86	39.2
50	7.88	.965	16.5	9.08	1.28	23.6	11.41	2.02	42.4
55	8.67	1.17	19.8	9.99	1.55	28.4	12.55	2.45	51.0
60	9.46	1.39	23.4	10.9	1.8	33.6	13.69	2.91	60.4
65	10.24	1.63	27.3	11.8	2.2	39.2	14.83	3.41	70.6
70	11.03	1.89	31.5	12.7	2.5	45.3	15.97	3.96	81.5
75	11.8	2.17	36.0	13.6	2.9	51.8	17.11	4.55	93.2
80	12.6	2.47	40.8	14.5	3.3	58.7	18.25	5.17	106
85	13.4	2.79	45.9	15.4	3.7	66.0	19.40	5.84	119
90	14.2	3.13	51.3	16.3	4.1	73.8	20.54	6.55	133
95	15.0	3.48	57.0	17.2	4.6	82.0	21.68	7.29	148
100	15.8	3.86	63.0	18.2	5.1	90.7	22.82	8.08	164
110	17.3	4.67	75.8	20.0	6.2	109.3	25.10	9.78	197
120	18.9	5.56	89.9	21.8	7.4	129.6	27.38	11.6	234
130	20.5	6.52	105	23.6	8.7	151.6	29.66	13.7	274
140	22.1	7.56	122	25.4	10.0	175			
150	23.6	8.68	139	27.2	11.5	201			
160	25.2	9.88	158	29.0	13.1	228			
170	26.8	11.15	178	30.9	14.8	257			
180	28.4	12.50	199	32.7	16.6	288			

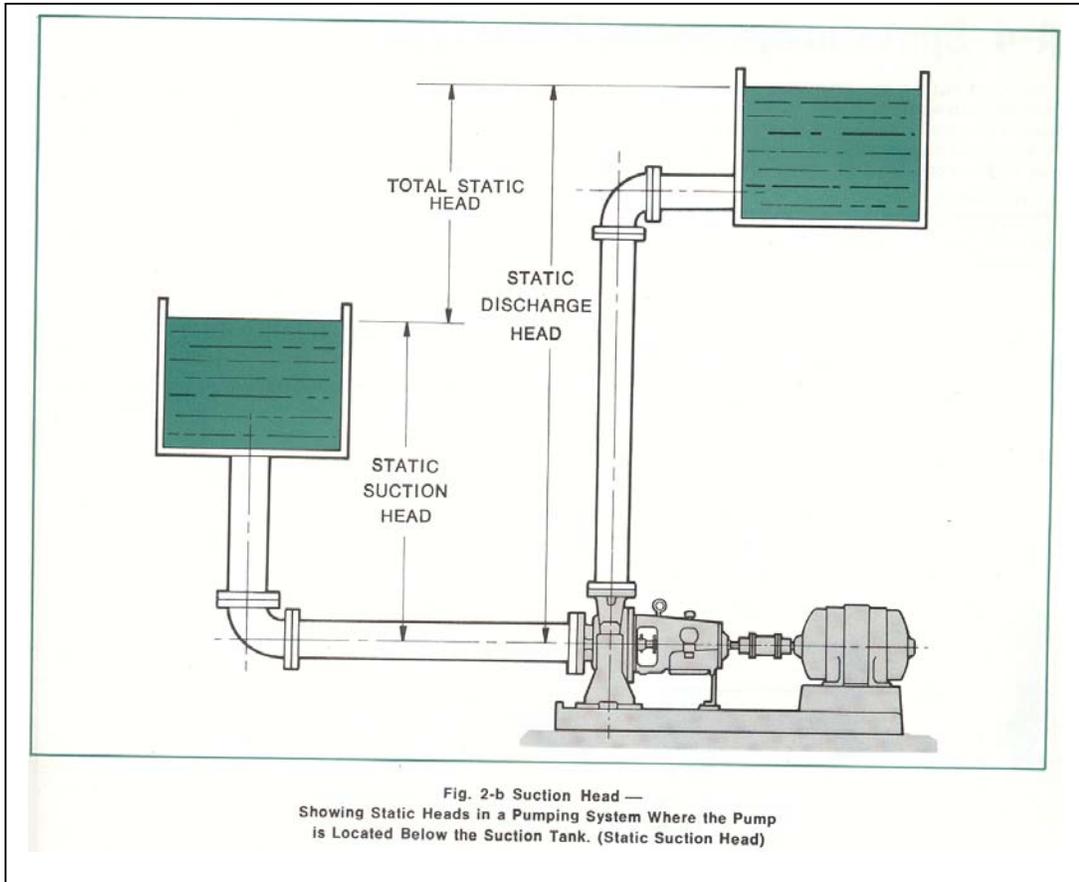
Note: No allowance has been made for age, difference in diameter, or any abnormal condition of interior surface. Any factor of safety must be estimated from the local conditions and the requirements of each particular installation. It is recommended that for most commercial design purposes a safety factor of 15 to 20% be added to the values in the tables—see page 3-5.

APENDICE F

CASOS DE EVALUACION

DE NPSH

CABEZAL DINAMICO TOTAL



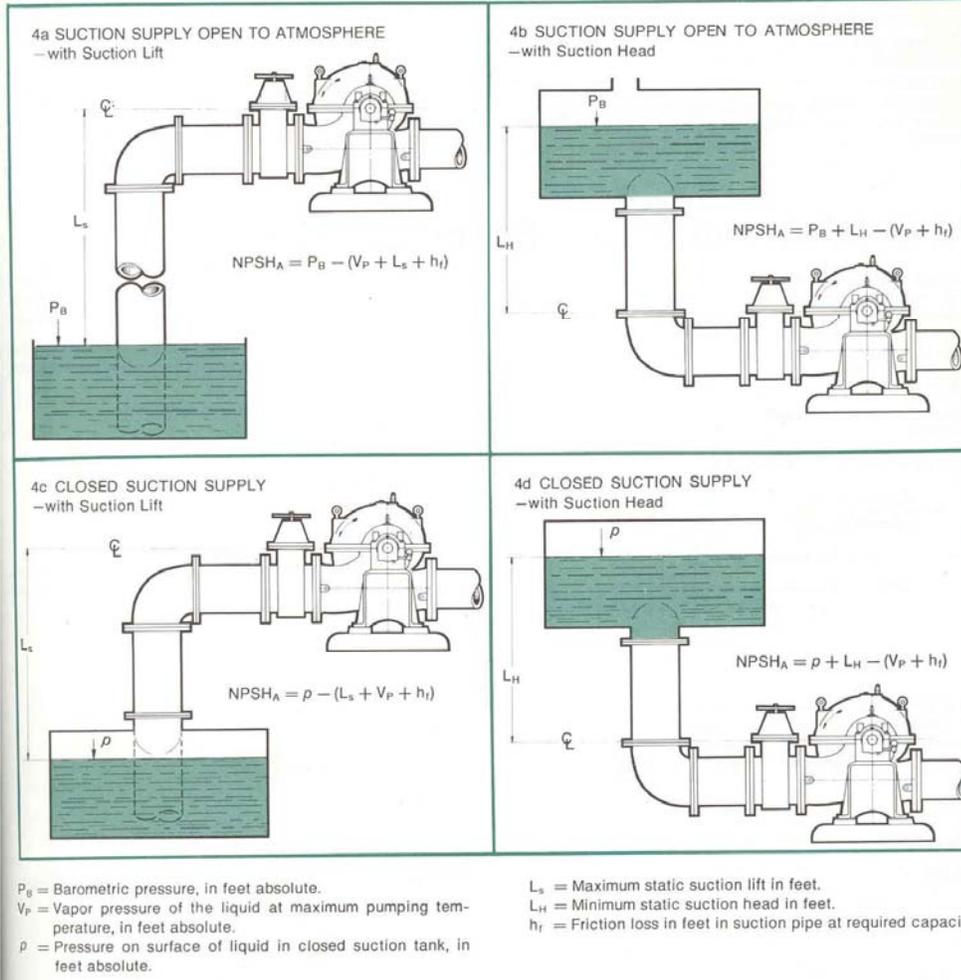
$$TDH = h_d - h_s \quad (\text{Suction Head})$$

h_s Cabeza de succion dinamica total
 h_d Cabeza de descarga dinamica total
TDH Cabezal dinamico Total

APENDICE G

CORRECCIONES DE FLUJO Y CABEZAL POR VISCOSIDAD

CASOS DE EVALUACION DE NPSH

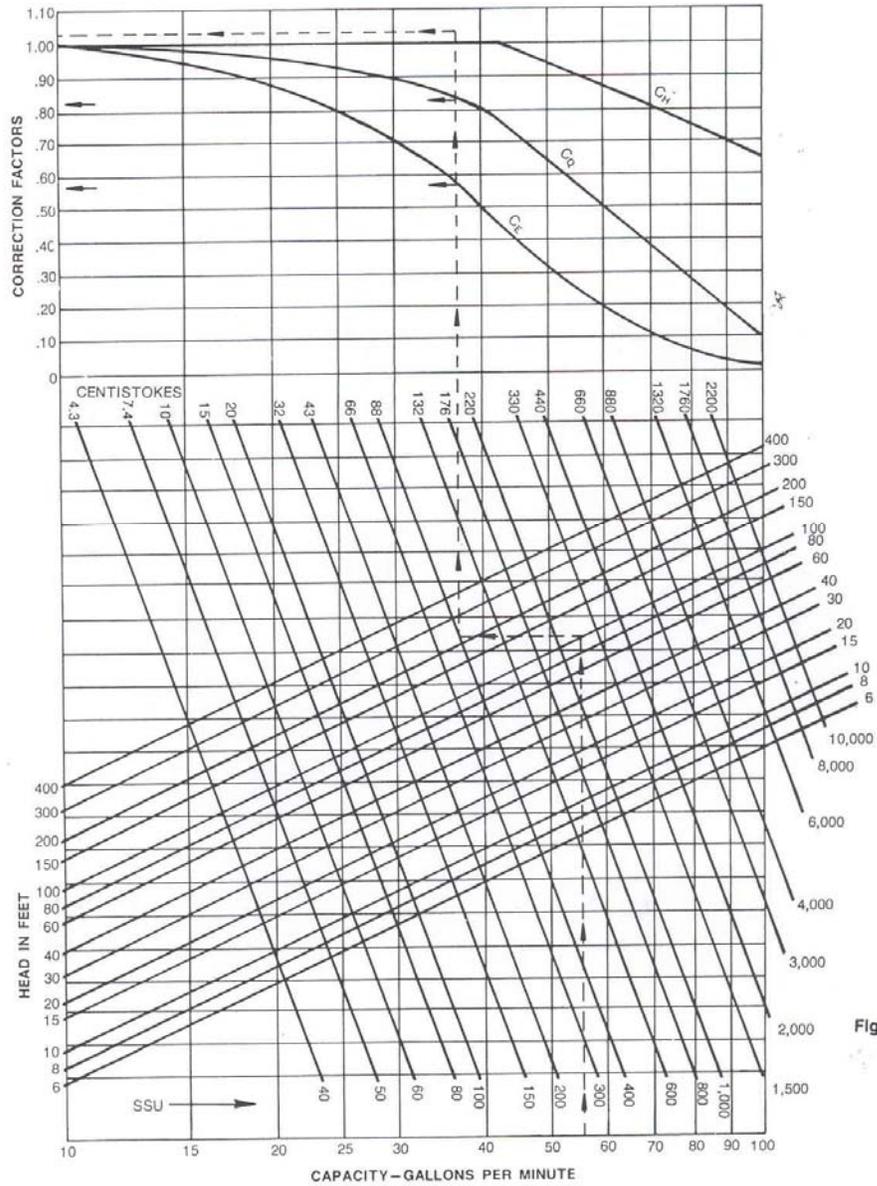


APENDICE H

PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO

CORRECCIONES DE FLUJO Y CABEZAL POR VISCOSIDAD

Viscosity Corrections for Capacities of 100 GPM or Less



APENDICE I

DIAGRAMAS Y FORMULAS DE VIGAS

Properties of Water at Various Temperatures (Continued)

Temp F	Pressure of saturated vapor lb/in ² abs	Specific volume		Density specific wt.		Conversion factor ft ³ /lb/in ²	Kinematic viscosity centistokes	Temperature	
		ft ³ /lb	gal/lb	lb/ft ³	*g/cm ³			°F	°C
200	11.526	0.016637	0.1245	60.11	0.9628	2.396	0.31	200	93.3
210	14.123	0.016705	0.1250	59.86	0.9589	2.406	0.29	210	98.9
212	14.696	0.016719	0.1251	59.81	0.9580			212	100.0
220	17.186	0.016775	0.1255	59.61	0.9549	2.416		220	104.4
230	20.779	0.016849	0.1260	59.35	0.9507	2.426		230	110
240	24.968	0.016926	0.1266	59.08	0.9464	2.437		240	115.6
250	29.825	0.017006	0.1272	58.80	0.9420	2.449	0.24	250	121.1
260	35.427	0.017089	0.1278	58.52	0.9374	2.461		260	126.7
270	41.856	0.017175	0.1285	58.22	0.9327	2.473		270	132.2
280	49.200	0.017264	0.1291	57.92	0.9279	2.486		280	137.8
290	57.550	0.01736	0.1299	57.60	0.9228	2.500		290	143.3
300	67.005	0.01745	0.1305	57.31	0.9180	2.513	0.20	300	148.9
310	77.667	0.01755	0.1313	56.98	0.9128	2.527		310	154.4
320	89.643	0.01766	0.1321	56.63	0.9071	2.543		320	160
330	103.045	0.01776	0.1329	56.31	0.9020	2.557		330	165.6
340	117.992	0.01787	0.1337	55.96	0.8964	2.573		340	171.1
350	134.604	0.01799	0.1346	55.59	0.8904	2.591	0.17	350	176.7
360	153.010	0.01811	0.1355	55.22	0.8845	2.608		360	182.2
370	173.339	0.01823	0.1364	54.84	0.8787	2.625		370	187.8
380	195.729	0.01836	0.1374	54.47	0.8725	2.644		380	193.3
390	220.321	0.01850	0.1384	54.05	0.8659	2.664		390	198.9
400	247.259	0.01864	0.1394	53.65	0.8594	2.684	0.15	400	204.4
410	276.694	0.01878	0.1404	53.25	0.8530	2.704		410	209.9
420	308.780	0.01894	0.1417	52.80	0.8458	2.727		420	215.6
430	343.674	0.01909	0.1428	52.38	0.8391	2.749		430	221.1
440	381.54	0.01926	0.1441	51.92	0.8317	2.773		440	226.7
450	422.55	0.01943	0.1453	51.47	0.8244	2.798	0.14	450	232.2
460	466.87	0.01961	0.1467	50.99	0.8169	2.824		460	237.8
470	514.67	0.01980	0.1481	50.51	0.8090	2.851		470	243.3
480	566.15	0.02000	0.1496	50.00	0.8010	2.880		480	248.9
490	621.48	0.02021	0.1512	49.48	0.7926	2.910		490	254.4
500	680.86	0.02043	0.1528	48.95	0.7841	2.942	0.13	500	260
510	744.47	0.02067	0.1546	48.38	0.7750	2.976		510	265.6
520	812.53	0.02091	0.1564	47.82	0.7661	3.011		520	271.1
530	885.23	0.02118	0.1584	47.21	0.7563	3.050		530	276.7
540	962.79	0.02146	0.1605	46.60	0.7465	3.090		540	282.2
550	1045.43	0.02176	0.1628	45.96	0.7362	3.133	0.12	550	287.8
560	1133.38	0.02207	0.1651	45.31	0.7258	3.178		560	293.3
570	1226.88	0.02242	0.1677	44.60	0.7145	3.228		570	298.9
580	1326.17	0.02279	0.1705	43.88	0.7029	3.281		580	304.4
590	1431.5	0.02319	0.1735	43.12	0.6908	3.339		590	310
600	1545.2	0.02364	0.1768	42.30	0.6776	3.404	0.12	600	315.6
610	1661.6	0.02412	0.1804	41.46	0.6641	3.473		610	321.1
620	1786.9	0.02466	0.1845	40.55	0.6496	3.551		620	326.6
630	1919.5	0.02526	0.1890	39.59	0.6342	3.637		630	332.2
640	2059.9	0.02595	0.1941	38.54	0.6173	3.737		640	337.8
650	2203.4	0.02674	0.2000	37.40	0.5991	3.851		650	343.3
670	2532.2	0.02884	0.2157	34.67	0.5554	4.153		670	354.4
690	2895.7	0.03256	0.2436	30.71	0.4920	4.689		690	365.6
700	3094.3	0.03662	0.2739	27.31	0.4374	5.273		700	371.1
705.47	3208.2	0.05078	0.3799	19.69	0.3155	7.312		705.47	374.15

* Approximately numerically equal to specific gravity basis temperature reference of 39.2°F (4°C).
 Calculated from data in ASME Steam Tables.

APENDICE K

CRONOGRAMA DE INSTALACION

PROPIEDADES DEL VAPOR SATURADO

Properties of Water at Various Temperatures

Temp F	Pressure of saturated vapor lb/in ² abs	Specific volume		Density specific wt.		Conversion factor ft ³ /lb in ³	Kinematic viscosity centistokes	Tempera- ture	
		ft ³ /lb	gal/lb	lb/ft ³	*g/cm ³			°F	°C
32	0.08859	0.016022	0.1199	62.414	0.9998	2.307	1.79	32	0
33	0.09223	0.016021	0.1198	62.418	0.9999	2.307	1.75	33	0.6
34	0.09600	0.016021	0.1198	62.418	0.9999	2.307	1.72	34	1.1
35	0.09991	0.016020	0.1198	62.420	0.9999	2.307	1.68	35	1.7
36	0.10395	0.016020	0.1198	62.420	0.9999	2.307	1.66	36	2.2
37	0.10815	0.016020	0.1198	62.420	0.9999	2.307	1.63	37	2.8
38	0.11249	0.016019	0.1198	62.425	1.0000	2.307	1.60	38	3.3
39	0.11698	0.016019	0.1198	62.425	1.0000	2.307	1.56	39	3.9
40	0.12163	0.016019	0.1198	62.425	1.0000	2.307	1.54	40	4.4
41	0.12645	0.016019	0.1198	62.426	1.0000	2.307	1.52	41	5
42	0.13143	0.016019	0.1198	62.426	1.0000	2.307	1.49	42	5.6
43	0.13659	0.016019	0.1198	62.426	1.0000	2.307	1.47	43	6.1
44	0.14192	0.016019	0.1198	62.426	1.0000	2.307	1.44	44	6.7
45	0.14744	0.016020	0.1198	62.42	0.9999	2.307	1.42	45	7.2
46	0.15314	0.016020	0.1198	62.42	0.9999	2.307	1.39	46	7.8
47	0.15904	0.016021	0.1198	62.42	0.9999	2.307	1.37	47	8.3
48	0.16514	0.016021	0.1198	62.42	0.9999	2.307	1.35	48	8.9
49	0.17144	0.016022	0.1198	62.41	0.9998	2.307	1.33	49	9.4
50	0.17796	0.016023	0.1199	62.41	0.9998	2.307	1.31	50	10
51	0.18469	0.016023	0.1199	62.41	0.9998	2.307	1.28	51	10.6
52	0.19165	0.016024	0.1199	62.41	0.9997	2.307	1.26	52	11.1
53	0.19883	0.016025	0.1199	62.40	0.9996	2.308	1.24	53	11.7
54	0.20625	0.016026	0.1199	62.40	0.9996	2.308	1.22	54	12.2
55	0.21392	0.016027	0.1199	62.39	0.9995	2.308	1.20	55	12.8
56	0.22183	0.016028	0.1199	62.39	0.9994	2.308	1.19	56	13.3
57	0.23000	0.016029	0.1199	62.39	0.9994	2.308	1.17	57	13.9
58	0.23843	0.016031	0.1199	62.38	0.9993	2.308	1.16	58	14.4
59	0.24713	0.016032	0.1199	62.38	0.9992	2.309	1.14	59	15
60	0.25611	0.016033	0.1199	62.37	0.9991	2.309	1.12	60	15.6
62	0.27494	0.016036	0.1200	62.36	0.9989	2.309	1.09	62	16.7
64	0.29497	0.016039	0.1200	62.35	0.9988	2.310	1.06	64	17.8
66	0.31626	0.016043	0.1200	62.33	0.9985	2.310	1.03	66	18.9
68	0.33889	0.016046	0.1200	62.32	0.9983	2.311	1.00	68	20
70	0.36292	0.016050	0.1201	62.31	0.9981	2.311	0.98	70	21.1
75	0.42964	0.016060	0.1201	62.27	0.9974	2.313	0.90	75	23.9
80	0.50683	0.016072	0.1202	62.22	0.9967	2.314	0.85	80	26.7
85	0.59583	0.016085	0.1203	62.17	0.9959	2.316	0.81	85	29.4
90	0.69813	0.016099	0.1204	62.12	0.9950	2.318	0.76	90	32.2
95	0.81534	0.016114	0.1205	62.06	0.9941	2.320	0.72	95	35
100	0.94924	0.016130	0.1207	62.00	0.9931	2.323	0.69	100	37.8
110	1.2750	0.016165	0.1209	61.98	0.9910	2.328	0.61	110	43.3
120	1.6927	0.016204	0.1212	61.71	0.9886	2.333	0.57	120	48.9
130	2.2230	0.016247	0.1215	61.56	0.9860	2.340	0.51	130	54.4
140	2.8892	0.016293	0.1219	61.38	0.9832	2.346	0.47	140	60
150	3.7184	0.016343	0.1223	61.19	0.9802	2.353	0.44	150	65.6
160	4.7414	0.016395	0.1226	60.99	0.9771	2.361	0.41	160	71.1
170	5.9926	0.016451	0.1231	60.79	0.9737	2.369	0.38	170	76.7
180	7.5110	0.016510	0.1235	60.57	0.9703	2.377	0.36	180	82.2
190	9.340	0.016572	0.1240	60.34	0.9666	2.386	0.33	190	87.8

* Approximately numerically equal to specific gravity basis temperature reference of 39.2°F (4°C).
Calculated from data in ASME Steam Tables.

Note: For complete Steam Tables see pages 5-7 through 5-24.

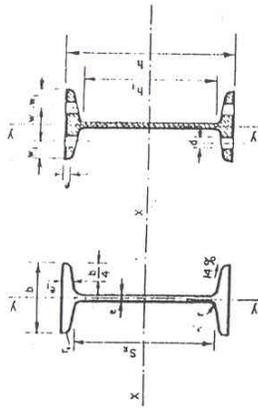
APENDICE J

DIMENSIONES DE PERFILES

IPN Y HEB

TABLA 1.11

VALORES ESTATICOS DE UN PERFIL IPN



A = Area de la seccion
 I = Momento de inercia
 W = Modulo resistente
 $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ = Radio de giro
 $S_x = \frac{I_x}{S_x}$ = Momento estatico de media seccion
 $S_x = \frac{I_x}{S_x}$ = Distancia entre los centros de compresion y traccion
 $\eta = \frac{I_x}{S_x}$ = Rendimiento
 u = Perimetro

IPN	Dimensiones mm						Seccion A cm ²	Peso P kg/m	Referido al eje x-x			Referido al eje y-y			w mm	w ₁ mm	Ø d mm	e _z mm	S _z cm ³	e _y cm	$\eta = \frac{W_z}{P}$ m ² /m	IPN	
	h	b	e = r	e ₁	r ₁	h ₁			I _x cm ⁴	W _x cm ³	I _z cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y = i cm									i _x = i cm
80	80	42	3.9	5.9	2.3	5.9	7.58	5.95	77.8	19.5	3.20	6.29	3.00	0.91	22	10	—	4.43	11.4	6.84	3.28	0.304	80
100	100	50	4.5	6.8	2.7	7.5	10.6	8.32	171	34.2	4.01	12.2	4.88	1.07	28	12	—	5.05	19.9	8.57	4.11	0.370	100
120	120	58	5.1	7.7	3.1	9.2	14.2	11.1	328	54.7	4.81	21.5	7.41	1.23	32	14	—	5.67	31.8	10.3	4.91	0.439	120
140	140	66	5.7	8.6	3.4	10.9	18.3	14.4	573	81.9	5.61	35.2	10.7	1.40	34	16	11	6.29	47.7	13.0	5.70	0.502	140
160	160	74	6.3	9.5	3.8	12.5	22.8	17.9	935	117	6.40	54.7	14.8	1.55	40	18	11	6.91	68.0	13.7	6.54	0.575	160
180	180	82	6.9	10.4	4.1	14.2	27.9	21.9	1450	161	7.20	81.3	19.8	1.71	44	19	13	7.53	93.4	15.5	7.35	0.640	180
200	200	90	7.5	11.3	4.5	15.9	33.5	26.3	2140	214	8.00	117	26.0	1.87	48	22	13	8.15	125	17.2	8.14	0.709	200
220	220	98	8.1	12.2	4.9	17.5	39.6	31.1	3060	278	8.80	162	33.1	2.02	52	23	13	8.77	162	18.9	8.94	0.775	220
240	240	106	8.7	13.1	5.2	19.2	46.4	36.2	4250	354	9.59	221	41.7	2.20	56	25	17	9.39	206	20.6	9.78	0.844	240
260	260	113	9.4	14.1	5.6	20.8	53.4	41.9	5740	442	10.4	288	51.0	2.32	60	27.5	17	10.15	257	22.3	10.5	0.906	260
280	280	119	10.1	15.2	6.1	22.5	61.1	48.0	7590	542	11.1	364	61.2	2.45	62	28.5	17	11.04	316	24.0	11.3	0.966	280
300	300	125	10.8	16.2	6.5	24.1	69.1	54.2	9800	653	11.9	451	72.2	2.56	64	30.5	21	11.83	381	25.7	12.0	1.030	300
320	320	131	11.5	17.3	6.9	25.7	77.8	61.1	12510	782	12.7	555	84.7	2.67	70	30.5	21	12.72	457	27.4	12.8	1.091	320
340	340	137	12.2	18.3	7.3	27.4	86.8	68.1	15700	923	13.5	674	98.4	2.80	74	31.5	21	13.51	540	29.1	13.6	1.152	340
360	360	143	13.0	19.3	7.8	29.0	97.1	76.2	19610	1090	14.2	818	114	2.90	76	34.5	23	14.50	638	30.7	14.3	1.208	360
380	380	149	13.7	20.5	8.2	30.6	107	84.0	24010	1260	15.0	975	131	3.02	82	34.5	23	15.29	741	32.4	15.1	1.266	380
400	400	155	14.4	21.6	8.6	32.3	118	92.6	29210	1460	15.7	1160	149	3.13	86	35.5	23	16.18	857	34.1	15.8	1.330	400
450	450	170	16.2	24.3	9.7	36.3	147	115	45850	2040	17.7	1730	203	3.43	94	39	25	18.35	1200	38.3	17.7	1.478	450
500	500	185	18.0	27.0	10.8	40.4	180	141	68740	2750	19.6	2480	268	3.72	100	42.5	28	20.53	1620	42.4	19.5	1.626	500
550	550	200	19.0	30.0	11.9	44.4	213	167	99180	3610	21.6	3490	349	4.02	110	45	28	23.00	2120	46.8	21.6	1.797	550
600	600	215	21.6	32.4	13.0	48.5	254	199	139000	4680	23.4	4670	434	4.30	120	47.5	28	24.88	2730	50.9	23.2	1.974	600

DATOS PROCEDENTES PRONTUARIO ENHIDESA

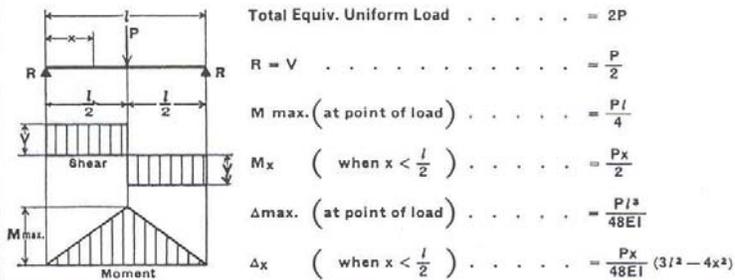
DIAGRAMAS Y FORMULAS DE VIGAS

2 - 298

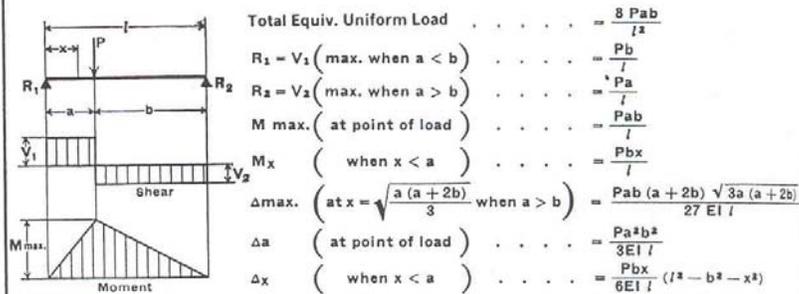
BEAM DIAGRAMS AND FORMULAS For various static loading conditions

For meaning of symbols, see page 2 - 293

7. SIMPLE BEAM—CONCENTRATED LOAD AT CENTER



8. SIMPLE BEAM—CONCENTRATED LOAD AT ANY POINT



9. SIMPLE BEAM—TWO EQUAL CONCENTRATED LOADS SYMMETRICALLY PLACED

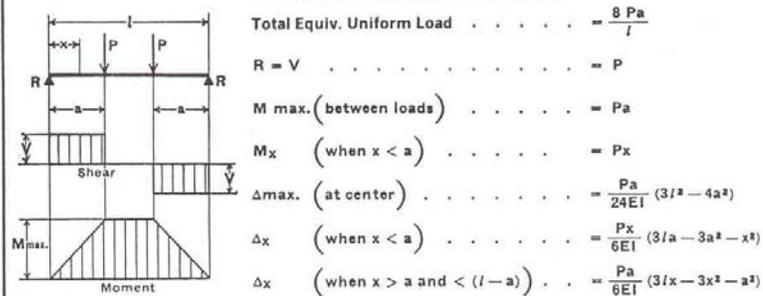


TABLA 1.14

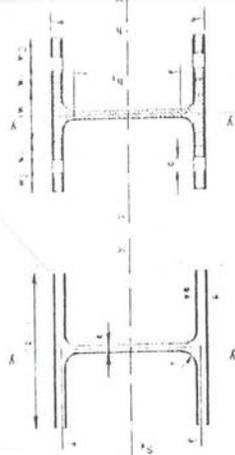
VALORES ESTÁTICOS HEB
DE UN PERFIL

A: Área de la sección
 I_x: Momento de inercia
 W_x: Módulo resistente

$\frac{I_x}{A}$: Radio de giro

S_x: Momento estático de media sección

S₁: S₂: Distancias entre los centros de gravedad
 Y₁: Y₂: Flectores
 U: Perímetro



HEB	Dimensiones mm										Sección A cm ²	Peso P kg/m	Retenido al eje y-y						HEB						
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			K	L	M	N	O	P		Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
100	100	100	10	12	12	30	26,0	22,4	450	65,9	4,16	167	22,6	1,53	51	12,5	10	57,1	8,43	4,41	0,567	100			
120	120	120	11	12	12	34,0	28,7	51,0	510	73,6	5,16	218	27,6	2,06	62	12,5	17	62,6	10,3	5,38	0,686	120			
140	140	140	12	12	12	38,0	33,7	59,3	593	86,4	5,93	258	32,6	2,41	71	12,5	21	71,3	12,3	6,41	0,805	140			
160	160	160	13	13	13	42,0	39,4	67,6	676	101,2	6,76	300	37,6	2,76	81	12,5	25	81,3	14,1	7,50	0,918	160			
180	180	180	14	14	14	46,0	45,1	75,8	758	116,0	7,58	343	42,6	3,07	90	12,5	29	90,3	15,9	8,62	1,04	180			
200	200	200	15	15	15	50,0	51,0	84,0	840	130,8	8,40	388	47,6	3,38	100	12,5	33	100,3	17,7	9,77	1,15	200			
220	220	220	16	16	16	54,0	57,0	92,0	920	145,6	9,20	433	52,6	3,68	110	12,5	37	110,3	19,6	10,93	1,27	220			
240	240	240	17	17	17	58,0	63,0	100,0	1000	160,4	10,00	478	57,6	3,98	120	12,5	41	120,3	21,4	12,10	1,38	240			
260	260	260	18	18	18	62,0	69,0	108,0	1080	175,2	10,80	523	62,6	4,28	130	12,5	45	130,3	23,3	13,27	1,50	260			
280	280	280	19	19	19	66,0	75,0	116,0	1160	190,0	11,60	568	67,6	4,58	140	12,5	49	140,3	25,1	14,44	1,62	280			
300	300	300	20	20	20	70,0	81,0	124,0	1240	204,8	12,40	613	72,6	4,88	150	12,5	53	150,3	26,9	15,61	1,73	300			
320	320	320	21	21	21	74,0	87,0	132,0	1320	219,6	13,20	658	77,6	5,18	160	12,5	57	160,3	28,7	16,78	1,85	320			
340	340	340	22	22	22	78,0	93,0	140,0	1400	234,4	14,00	703	82,6	5,48	170	12,5	61	170,3	30,4	17,95	1,97	340			
360	360	360	23	23	23	82,0	99,0	148,0	1480	249,2	14,80	748	87,6	5,78	180	12,5	65	180,3	32,2	19,12	2,09	360			
400	400	400	24	24	24	90,0	108,0	156,0	1560	273,6	15,60	838	97,6	6,38	200	12,5	73	200,3	35,7	21,61	2,31	400			
450	450	450	26	26	26	100,0	120,0	170,0	1700	302,4	17,00	938	107,6	7,08	220	12,5	81	220,3	40,1	24,30	2,53	450			
500	500	500	28	28	28	110,0	132,0	184,0	1840	331,2	18,40	1038	117,6	7,78	240	12,5	89	240,3	44,5	27,00	2,75	500			
550	550	550	30	30	30	120,0	144,0	198,0	1980	360,0	19,80	1138	127,6	8,48	260	12,5	97	260,3	48,9	30,00	2,97	550			
600	600	600	32	32	32	130,0	156,0	212,0	2120	388,8	21,20	1238	137,6	9,18	280	12,5	105	280,3	53,2	32,90	3,19	600			

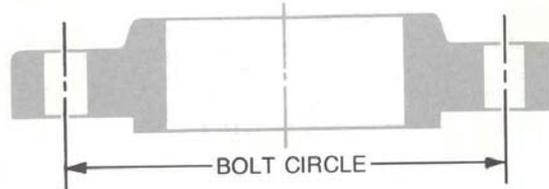
DATOS PRECEDENTES PRONTUARIO EN: ZENIA

APENDICE L

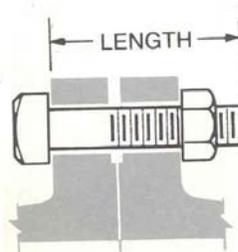
NORMAS ANSI B 16.5

BRIDAS

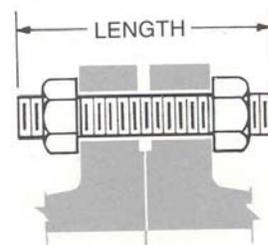
CLASS 150 STEEL PIPE FLANGES



FLANGE



MACHINE BOLT WITH NUT



STUD BOLT WITH NUTS

Pipe Size	BOLTING PATTERN AND BOLT LENGTHS						Pipe Size
	Diameter of Bolt Circle	Diameter of Bolt Holes	Number of Bolts	Diameter of Bolts	Machine Bolts	Stud Bolts	
					0.06 in. Raised Face	0.06 in. Raised Face	
1/2	2.38	0.62	4	1/2	2.00	2.50	1/2
3/4	2.75	0.62	4	1/2	2.25	2.50	3/4
1	3.12	0.62	4	1/2	2.25	2.75	1
1 1/4	3.50	0.62	4	1/2	2.50	2.75	1 1/4
1 1/2	3.88	0.62	4	1/2	2.50	3.00	1 1/2
2	4.75	0.75	4	5/8	2.75	3.25	2
2 1/2	5.50	0.75	4	5/8	3.00	3.50	2 1/2
3	6.00	0.75	4	5/8	3.25	3.75	3
3 1/2	7.00	0.75	8	5/8	3.25	3.75	3 1/2
4	7.50	0.75	8	5/8	3.25	3.75	4
5	8.50	0.88	8	3/4	3.25	4.00	5
6	9.50	0.88	8	3/4	3.50	4.00	6
8	11.75	0.88	8	3/4	3.75	4.25	8
10	14.25	1.00	12	7/8	4.00	4.75	10
12	17.00	1.00	12	7/8	4.25	4.75	12
14	18.75	1.12	12	1	4.50	5.25	14
16	21.25	1.12	16	1	4.75	5.50	16
18	22.75	1.25	16	1 1/8	5.00	6.00	18
20	25.00	1.25	20	1 1/8	5.50	6.25	20
24	29.50	1.38	20	1 1/4	6.00	7.00	24

CONFORMS TO ASTM A105; ANSI B16.5