

870117

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE INGENIERIA

Y 2 Egan



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DISEÑO DE UN CONTACTOR BIOLÓGICO DE SÓLIDOS ROTATIVO (BIODISCO).

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
 Area Sistemas Electricos y Electrónicos
 P R E S E N T A
 FRANCISCO JAVIER AYALA MICHEL

GUADALAJARA, JAL., 1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	PAG.
CAPITULO I	
1.1 Introducción, exposición del problema -----	1
1.2 Objetivos y alcances. -----	5
1.3 Procesos para el tratamiento de aguas residua_ les -----	6
1.4 Diferentes tipos de procesos biológicos -----	12
1.5 Comparación del biodisco con procesos simila_ res -----	25
1.6 Factores que afectan el rendimiento del biodis_ co -----	33
1.7 Método para selección del área requerida -----	37
CAPITULO II	
2.1 Aplicación particular, cálculo del área reque_ rida -----	40
2.2 Descripción de componentes principales -----	44
2.3 Parámetros que deben considerarse para un disc_ o adecuado -----	48
CAPITULO III	
3.1 Diseño del biodisco -----	50

3.2 Placas de polietileno -----	50
3.3 Soportes de las placas -----	52
3.4 Tubos estructurales -----	60
3.5 Flecha central -----	64
3.6 Ejes de Chumanceras -----	72
3.7 Rodamientos y Chumanceras -----	77

CAPITULO IV

4.1 Descripción del proceso para construcción -----	82
4.2 Especificaciones de los componentes definitivos -----	85

CAPITULO V

5.1 Cotización de los componentes principales -----	101
5.2 Esquema para su colocación en plantas de trata- miento -----	113
Conclusiones y comentarios -----	115
Bibliografía -----	116

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.

Esta tesis se realiza con el objetivo de implementar un dispositivo muy útil para el tratamiento de aguas residuales a las alternativas disponibles en el país.

Desde hace varias décadas se han construido biodiscos alrededor del mundo dando muy buenos resultados por su alta confiabilidad, bajo consumo de energía y mínimo mantenimiento.

Se diseñará el biodisco con los cálculos completos estructurales requeridos y se implementará con materiales de fabricación nacional.

En si esta tesis se enfoca a el problema del suministro y aprovechamiento del agua en México el cual está asociado al desarrollo de la planta productiva y al crecimiento vertiginoso de la población; en ambos casos la demanda de líquido aumenta día con día aumentando consecuentemente la generación de aguas de desecho procedentes de los usos doméstico e industrial, las cuales en su mayor parte no reciben ningún tratamiento antes de ser vertidas

a los cuerpos hidrúlicos naturales, originando problemas de contaminación que pueden llegar a ser graves, como en ocasiones ha ocurrido.

Gran parte de las fuentes de abastecimiento del país son de origen subterráneo. Por ejemplo, en los estados de la zona centro-norte existen una gran cantidad de fuentes subterráneas, muchas de las cuales están sobreexplotadas. A pesar de representar una opción de abastecimiento de agua, la explotación de fuentes subterráneas es sumamente costosa, ofrece dificultades técnicas y en algunos casos, como el del D.F. es perjudicial, lo que obliga a recurrir con urgencia a fuentes superficiales. Por lo tanto el déficit del líquido continúa debido al aumento de la demanda por el acelerado crecimiento de la población. Es esta necesidad social la que obliga a que el uso del agua potable sea orientada de manera preferencial hacia la población.

Debido a la necesidad de satisfacer la demanda social y a los esfuerzos enormes que deben hacerse para abastecer las ciudades principales del país, es imperativo el uso racional de los recursos hidrúlicos. El desperdicio de agua potable debe reducirse al mínimo y si es posible, suprimirlo. Hoy en día, lejos de intentarlo, el

desperdicio se ejerce de diversas maneras entre las que pueden señalarse las siguientes:

- Se utiliza un exceso de agua potable para transportar desechos resultantes de las actividades humanas domésticas.
- Se utiliza agua potable para el riego de extensas áreas verdes en las ciudades y, en las zonas aledañas a las metrópolis.
- Se utiliza agua potable en procesos de producción que podrían operar empleando aguas residuales tratadas.

Si se aprovecharan las aguas de desecho mediante tratamientos adecuados, los problemas de contaminación e insuficiencia se verían importantemente reducidos obteniéndose, además, beneficios de tipo económico. Por tanto, cualquier intento serio por eliminar los problemas de contaminación e insuficiencia de agua es justificado y necesario.

Dentro de esta problemática, la reutilización de las aguas residuales contribuye a eliminar los problemas señalados. En algunos casos la reutilización sólo requiere -

de un tratamiento parcial como el que proporciona un sistema biológico para tratamiento de aguas de desecho.

El proceso de biodiscos, al ser un sistema biológico para tratamiento de aguas residuales es una alternativa para obtener agua reutilizable a partir de aguas residuales. El proceso puede utilizarse para la eliminación de la demanda bioquímica de oxígeno soluble. Como alternativa de tratamiento secundario, el uso del proceso de biodiscos se ha incrementado considerablemente desde su aparición a nivel internacional en los años sesenta debido a su alta efectividad y gran versatilidad en el tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, en México, el proceso es una tecnología prácticamente desconocida y además extranjera, por lo cual la inversión debe considerar los costos de importación.

Se propone la solución del aspecto de la importación en esta tesis se demostrará que pueden construirse unidades de biodiscos utilizando materiales de fabricación nacional.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES:

Los objetivos y alcances de esta tesis son:

- 1) Explicar lo que significa el problema de abastecimiento, uso, tratamiento y reuso del agua.
- 2) Ofrecer un panorama general acerca de los métodos utilizados para el tratamiento de aguas ubicando al biodisco en la etapa que le corresponde haciendo la comparación con procesos similares.
- 3) Demostrar las ventajas que ofrece el biodisco en relación con las otras alternativas similares presentadas.
- 4) Exponer un método racional para diseñar sistemas de tratamiento de aguas negras con biodiscos y proponer una aplicación típica.
- 5) Explicar los sistemas mecánicos del biodisco y los parámetros que deben de tomarse en cuenta para un diseño adecuado.
- 6) Diseñar un biodisco para esa aplicación en particular integrándolo con componentes nacionales en su mayorla-

haciendo los cálculos completos correspondientes a los elementos principales que lo componen.

- 7) Obtener las cotizaciones de los materiales principales que integrarán el biodisco.*
- 8) Describir a grandes rasgos el proceso para su construcción.*
- 9) Hacer un esquema de su instalación en una planta de tratamiento de aguas residuales.*

1.3 PROCESOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

A continuación se hace una explicación general de los principales procesos utilizados en el tratamiento de aguas; ubicando al biodisco en la etapa que le corresponde, para así poder dar una idea general de lo que significa el tratamiento de aguas residuales y de los procesos biológicos que realizan funciones similares al biodisco.

Todos estos procesos tienen como objetivo principal la reducción del DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) ya que es un parámetro muy importante para medir la capaci-

dad contaminadora del agua residual.

La demanda de oxígeno del agua residual es creada por: 1) compuestos orgánicos que actúan como fuentes de alimento para los microorganismos. 2) Nitrógeno oxidable producido por compuestos de nitrito, amoníaco y nitrógeno orgánico que también sirve de alimento para las bacterias y 3) compuestos reductores químicos tales como sulfato y acero que se combinan con el oxígeno disuelto.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es la cantidad de oxígeno utilizado por las bacterias para consumir la materia orgánica en una muestra de agua residual durante un período de 5 días a una temperatura de 20°C. La prueba de DBO se utiliza ampliamente para medir la capacidad contaminadora de la muestra de agua ya que da resultados en términos del oxígeno disuelto que sería consumido si el agua residual fuera descargada en una fuente natural de agua. Los tratamientos que a continuación se describirán tienen como objetivo reducir esa demanda de oxígeno y así la contaminación.

Esta DBO se divide en la DBO soluble y la insoluble. La DBO insoluble se separa fácilmente por medio de la sedimentación, pero, la DBO insoluble deberá degradarse me-

diante los procesos biológicos que se describirán a continuación:

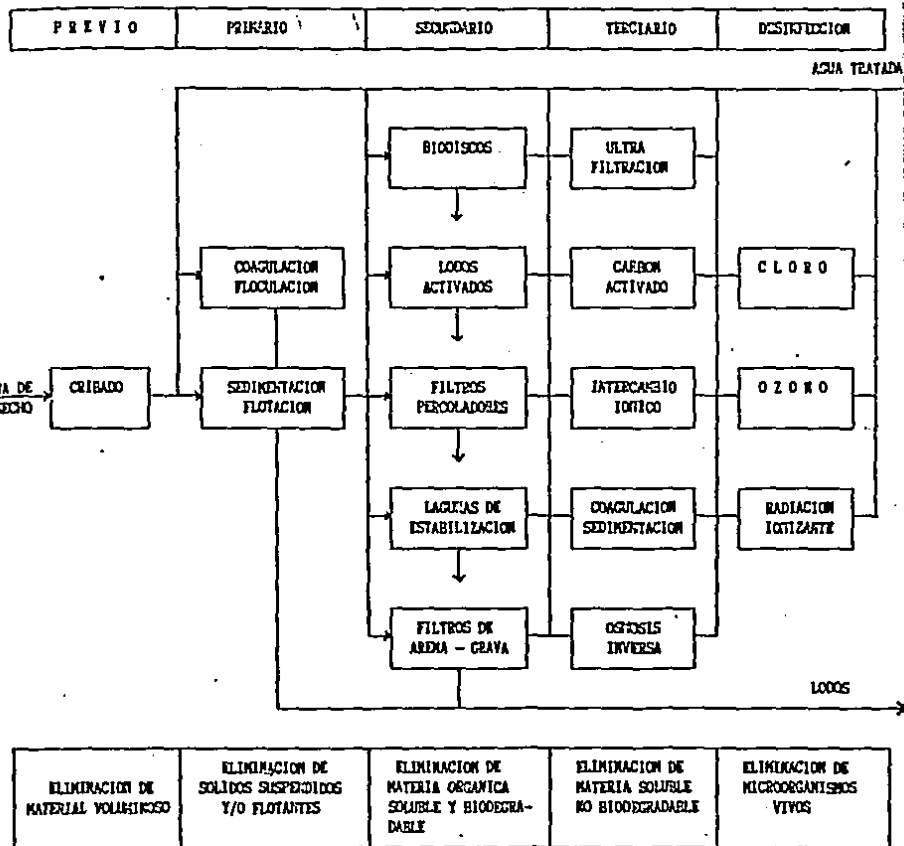
De acuerdo a la etapa de tratamiento y al tipo de contaminantes que se eliminarán, los métodos de tratamiento de las aguas de desecho son clasificados; a continuación se describirán los procedimientos más comunes y sus principios generales de funcionamiento.

Los contaminantes presentes en las aguas de desecho pueden ser eliminados por medios físicos, químicos y biológicos.

La clasificación más común de los métodos de tratamiento de aguas residuales permite diferencias a los siguientes:

- 1) Pretratamiento. Tiene como objetivo la eliminación de materiales voluminosos como animales - - muertos, latas, plásticos, trozos de tela, etc., que pudieran dañar el equipo. Uno de los implementos utilizados con mayor frecuencia es la rejilla de separación.
- 2) Tratamiento primario. Esencialmente son operaciones unitarias en las cuales un proceso físico permite la eliminación de material sobrenadante o sedimentable. Están basados en la sedimentación de sólidos con mayor densidad que el agua y en la flotación de los sólidos o líquidos con menor densidad que ésta.

- 3.- Tratamiento secundario. El tratamiento secundario consiste fundamentalmente en uno o varios procesos en los cuales la eliminación de contaminantes se lleva a cabo gracias a la actividad biológica de microorganismos. El tratamiento biológico se usa principalmente para eliminar sustancias orgánicas biodegradables presentes en las aguas de desecho. Básicamente las sustancias son convertidas en díóxido de carbono, agua y células biológicas que son separadas posteriormente por sedimentación.
- 4.- Tratamiento terciario. Es un tipo de tratamiento que consiste en operaciones específicas para eliminar algunos contaminantes que no fueron eliminados en etapas anteriores, tales como sales de fósforo, compuestos orgánicos no biodegradables, compuestos coloidales, sustancias que producen color, etc. Dentro de las operaciones más comunes se encuentran la coagulación, la filtración, la adsorción sobre carbón activado, el intercambio iónico y la ósmosis inversa.



* Clasificación de los tratamientos de aguas residuales

- 5.- *Desinfección.* Es la última etapa utilizada en el tratamiento de aguas. Tiene como objetivo matar a los microorganismos patógenos presentes en el efluente, lo cual se logra con cloro, ozono o radiaciones.

1.4 Diferentes tipos de procesos biológicos:

La figura No. 1 muestra un diagrama general del tratamiento secundario de aguas de desecho en donde como se dijo anteriormente, el elemento fundamental es el reactor biológico. La característica básica del sistema es la utilización de microorganismos para la conversión de los contaminantes solubles en sólidos biológicos y en otros productos del metabolismo microbiano.

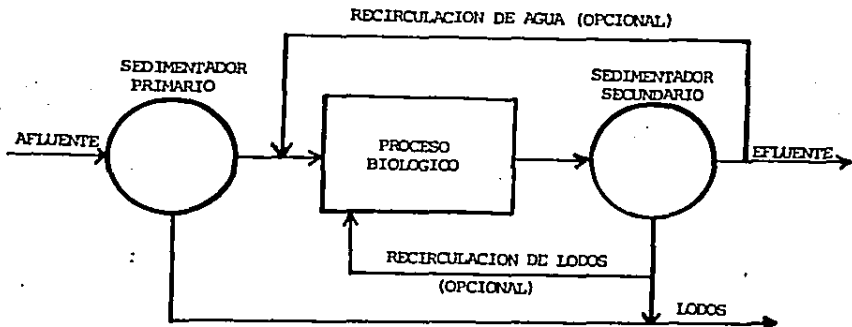


Diagrama general del tratamiento secundario.
Figura No. 1

Los procesos biológicos de tratamiento pueden llevarse a cabo en condiciones aerobicas o anaerobicas dependiendo del tipo de metabolismo que tengan los organismos involucrados. De acuerdo con la forma en que se localicen estos microorganismos en el reactor pueden ser de dos tipos: de floculos suspendidos y de película fija.

En la tabla siguiente se incluyen algunos ejemplos de procesos biológicos.

PROCESOS BIOLÓGICOS PARA TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES

DISTRIBUCION DE LA BIOMASA	METABOLISMO	
	AEROBICO	ANAEROBICO
PELICULA FIJA	-Biodiscos	-Reactor empacado
	-Filtro Percolador	
	-Filtro de arena	
FLOCULOS SUSPENDIDOS	-Lodos Activados	-Digestor Anaerobico
	-Lagunas de Oxidación	-Contactor Anaerobico

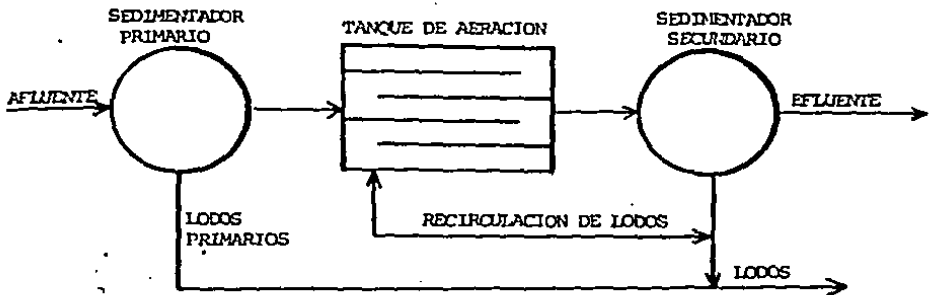
A continuación se describen algunos de los procesos biológicos utilizados comúnmente.

Procesos de floculos suspendidos.

Los procesos de floculos suspendidos mantienen una masa biológica en suspensión dentro del reactor, empleando -mezclado natural o artificial.

El sistema de lodos activados.

El sistema está constituido esencialmente por un reactor y un sedimentador, como se muestra en la figura.



El proceso de lodos activados.

Figura No. 2

El agua de desecho se alimenta al reactor, en donde entra en contacto con la población microbiana, la cual se encuentra suspendida y formando floculos. La materia orgánica que se adsorbe en los floculos, es degradada por medio de enzimas y transformada en material inorgánico y celular. El agua tratada y los floculos (lodos) abandonan el reactor y pasan a un sedimentador (secundario) en donde el material celular es separado por gravedad.

Una parte de la biomasa se recircula al reactor con el objeto de mantener constante la concentración de microorganismos y el resto se desecha. La cantidad de biomasa desechada es igual a la producción neta de la misma. Esto garantiza las condiciones de operación contlnuac del sistema.

Como los organismos presentes en el sistema tienen metabolismo aeróbico, para favorecer las condiciones aerobicas en el reactor o tanque de aeración se introduce aire al sistema por medios artificiales.

Lagunas de oxidación.

Las lagunas de oxidación o de estabilización son consideradas como reactores biológicos completamente mezclados sin recirculación de sólidos. El mezclado se lleva a cabo por procesos naturales (viento, convección, gases en el sistema) aunque también puede inducirse por medios mecánicos.

La figura No. 3 muestra de forma esquemática los procesos involucrados en una laguna de oxidación.

La materia orgánica que entra al sistema es oxidada por las bacterias produciéndose gases y otros productos finales del metabolismo aeróbico; algunos de estos compuestos son utilizados por las algas para su metabolismo y el oxígeno que liberan es usado por las bacterias para continuar con la oxidación de la materia orgánica. La relación simbiótica entre bacterias y algas genera la estabilización del material de desecho que entra al sistema.

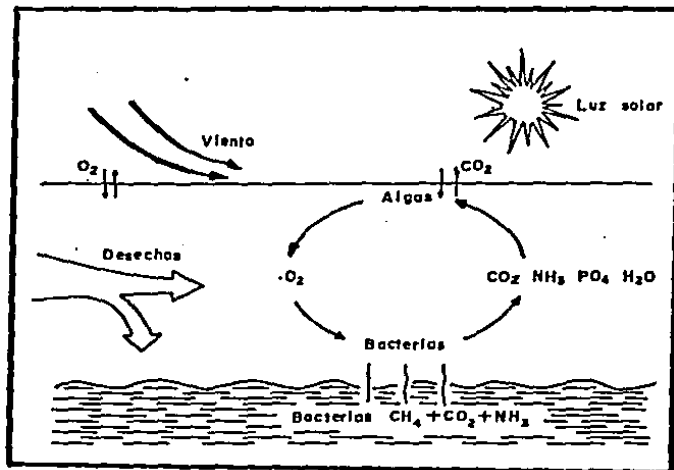


Diagrama esquemático de una laguna de oxidación.

Figura No. 3

Proceso de contacto anaerobico.

Este proceso sigue el mismo patrón que el sistema de lodos activados con la diferencia de que en este caso, los tanques, tanto el de aeración con el de sedimentación, están cerrados para evitar el acceso de oxígeno atmosférico al sistema (ver figura No. 4)

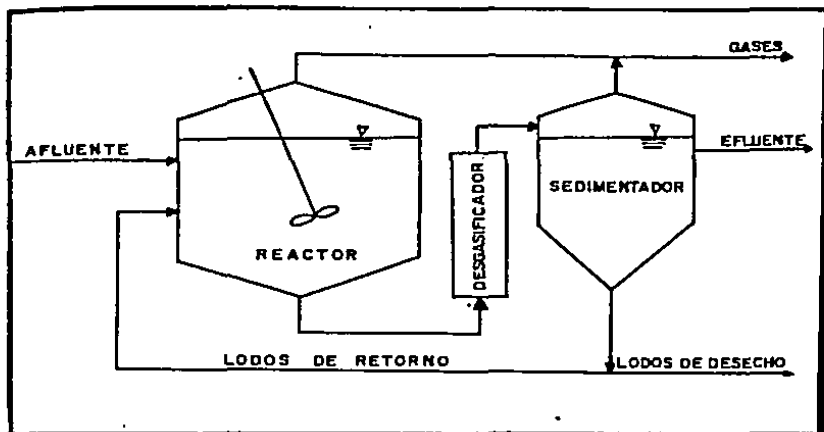


Fig. No. 4 Proceso de contacto anaerobico.

En el reactor los organismos anaerobicos y facultativos convierten el material orgánico principalmente en productos gaseosos.

Procesos de película fija.

Los procesos de película adherida utilizan un medio sólido sobre el cual se acumulan los microorganismos formando una capa delgada o película biológica. El área disponible para el crecimiento microbiano es un parámetro importante de diseño y generalmente es necesario desarrollar

sistemas que presenten un área máxima para el crecimiento de la película en el menor volumen posible.

Filtro intermitente de arena.

Este sistema requiere grandes extensiones de terreno, lo cual hace que no se utilice en ciudades, pero encuentra aplicación en zonas rurales.

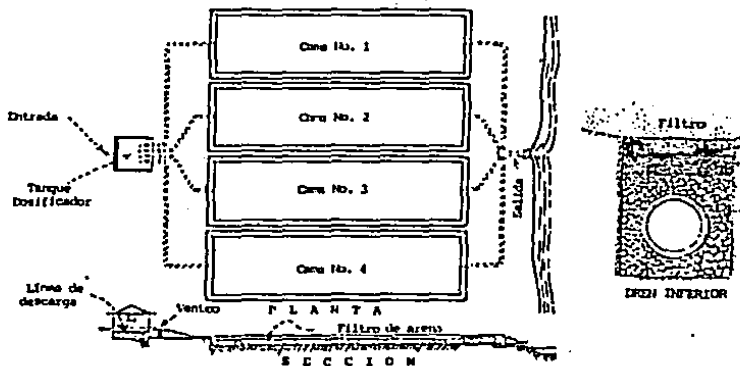


Fig. N 5 Filtro intermitente de arena.

La operación consiste en la aplicación intermitente del agua de desecho sobre la superficie de arena. Los sólidos quedan atrapados en la arena, mientras que la población microbiológica que se desarrolla en la superficie de los granulos absorbe y transforma la materia orgánica soluble y coloidal. Entre cada ciclo de dosificación el aire penetra en el lecho para permitir la oxigenación.

Filtro percolador o filtro rociador.

Los filtros percoladores utilizan como medio de soporte para la película un material poroso como rocas o materiales plásticos. El nombre dado al equipo no es del todo adecuado, ya que el mecanismo fundamental de la eliminación orgánica no es la filtración sino la difusión, y posteriormente, la asimilación y degradación microbiana. Es un sistema aeróbico donde el suministro de oxígeno es permitido por el paso del aire a través de los espacios vacíos del material de soporte.

El agua de desecho que se va a tratar se aplica con un dispositivo distribuidor (rociador) por la parte más alta del sistema y escurre sobre la superficie del material de soporte, "filtrándose" sobre la película de microorganismos que han crecido en dicha superficie. La película -

biológica está constituida principalmente por bacterias, hongos y protozoarios, aunque es frecuente encontrar organismos superiores como rotíferos, larvas de insectos y otros.

La figura No. 6 muestra un diagrama esquemático de un filtro percolador.

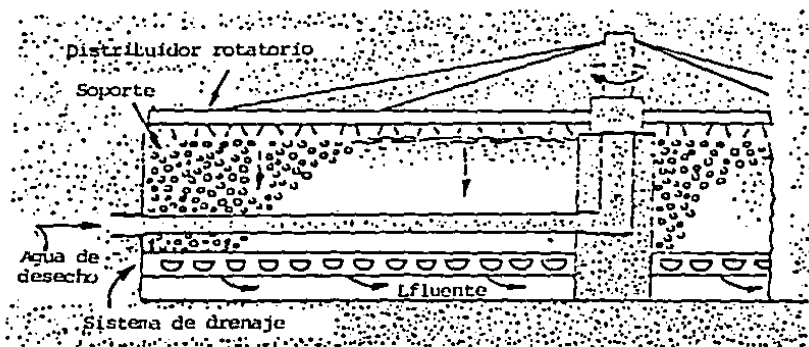


Fig. # 6 Filtro Percolador.

Reactor anaerobico empacado.

Los reactores anaerobicos empacados son sistemas utilizados para el tratamiento de aguas de desecho con altos con

tenidos de material orgánico disuelto.

Un reactor anaerobico empacado es por lo general de forma cilíndrica y está empacado con un material sobre el cual se fijan los microorganismos que llevan a cabo la degradación del material orgánico. El material de empaque se encuentra sumergido en el agua de desecho por tratar. Al igual que en el caso de filtros percoladores el tipo de empaque utilizado se escoge en función de varios factores entre los que se cuentan la facilidad de adherencia de los microorganismos a la superficie, el peso, el área superficial expuesta y los costos.

El agua de desecho se introduce por la parte inferior del reactor, y durante su paso a través del medio empacado, los contaminantes orgánicos son transformados principalmente en metano y dióxido de carbono.

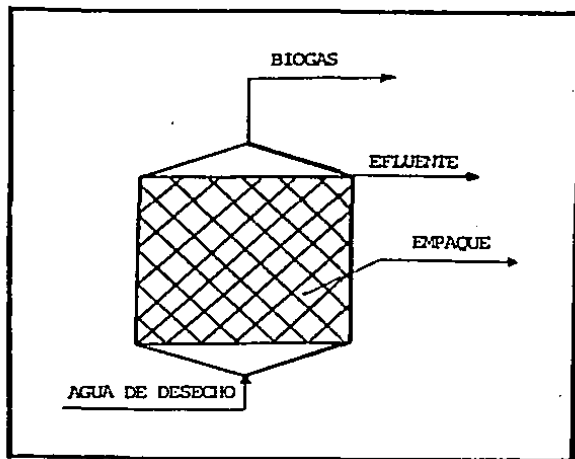


Fig. No. 7 Reactor anaerobico empacado.

El comportamiento del sistema microbiológico de este reactor es similar al de un filtro percolador, con la diferencia de que uno es aerobico y el otro anaerobico. En la entrada del reactor, los microorganismos que se encuentran en esa zona disponen de una mayor cantidad de nutrientes que los que se encuentran en las zonas altas. De esta forma la cantidad y composición de los nutrientes cambia con la altura del reactor. Esto origina una zonación de la composición microbiana con respecto a la altura, lo cual a su vez es la causa de que los reactores de películas biológicas sean eficientes en la eliminación de contaminantes orgánicos: para cada diferente composición de -

nutrientes se tiene en el reactor una población microbiológica especializada en su degradación.

Biodiscos.

De acuerdo con las clasificaciones mencionadas en este capítulo, el proceso de biodiscos es un proceso biológico de tipo aeróbico y de película fija para el tratamiento secundario de aguas residuales. El biodisco está formado por una flecha donde se monta el medio plástico (película fija) siendo soportada en sus extremos sobre chumaceras e impulsado por un motor y reductor de velocidad para girar lentamente.

Es posible utilizar el sistema de biodiscos para eliminación de carbono orgánico (DBO) bajo condiciones aeróbicas.

A continuación se analizan y se comparan características de este proceso, el cual es el objeto de esta tesis.

1.5 COMPARACION CON OTROS PROCESOS SIMILARES.

El proceso realizado en el biodisco tiene un periodo breve de retención del agua (de 60 a 90 minutos) en comparación a desde 4 hasta 24 horas para varios procesos de lodos activados. Lo cual resulta en una reducción importante en la energía necesaria para realizar la mezcla en el biodisco.

Se reducen los requerimientos de transferencia de oxígeno ya que el biodisco requiere oxígeno únicamente para la remoción de la demanda de oxígeno resultante de los contaminantes biodegradables. Esa demanda abreviada (DBO) se remueve mediante asentado y floculación. Los sistemas de lodos activados recirculan los sólidos asentados requiriéndose proporcionar oxígeno para su tratamiento.

A continuación se muestra una tabla donde se compara el consumo de energía para procesos similares. En seguida se da una explicación de las ventajas y desventajas en relación al biodisco que presenta cada proceso.

TABLA COMPARATIVA DE POTENCIAS REQUERIDAS.

PROCESO	DBO (mg/l) efluente	HP/MGD
BIODISCO	30	9.8
FILTRO PERCOLADOR	30	12.5
LODOS ACTIVADOS	30	.32

HP: Caballos de potencia.

MGD: Mega galones por día.

HP/MGD: Potencia requerida por unidad de caudal.

FUENTE: Publicación EPA MCD-32

Filtro Percolador.

A pesar de que el consumo de energía es similar; los costos de construcción, las dificultades para la operación en climas fríos, los problemas de olores y de moscas han provocado que se utilice menos este proceso. La tecnología de los filtros rociadores es simple pero no ofrece la economía requerida para satisfacer las demandas estrictas actuales para el tratamiento de aguas negras.

Proceso de lodos activados.

Los requerimientos de consumo de energía en el proceso de lodos activados se muestran en la tabla adjunta. Las diferencias en la energía requerida dependen de la eficiencia de transferencia de oxígeno. En general, el consumo de energía para lodos activados es de entre 2 a 3 veces el consumo de biodiscos. El consumo de energía para lodos activados se reducirá únicamente en menos del 10% si el requerimiento del DBO en el afluente se aumentara de 20 a 30 mg/l el cual es un valor más común para el efluente del tratamiento secundario. En comparación, el consumo de energía se reducirá en más del 30% en el biodisco.

Además de los tanques de aereación, se requiere ener_

gla para la recirculación de lodo la cual agregará normalmente un 10% al consumo total de energía de la instalación de lodos activados.

ANÁLISIS DE COSTOS TOTALES.

Para evaluar los sistemas de tratamiento secundario, se deben evaluar los costos totales de la planta; la inversión inicial y el costo anual de operación y mantenimiento. Un análisis a valor presente toma el flujo de los costos - futuros anuales de operación y los actualiza al tiempo presente utilizando una tasa de interés determinada. El análisis a valor presente luego evalúa la inversión inicial - y los costos de operación en bases equivalentes de tal manera que la alternativa con el costo a valor presente menor, será la más económica. (2)

Tomando en cuenta todas estas consideraciones, es correcto seleccionar al biodisco como el elemento más adecuado para el tratamiento biológico.

Sin embargo el biodisco también tiene sus desventajas,

2) Fuente: Catálogo Autotrol 1983.

las cuales son expuestas a continuación:

Por lo general los folletos de publicidad resaltan -- las ventajas en letras grandes y las desventajas -- cuando -- se mencionan -- no se señalan directamente, sino de una manera breve y vaga de tal forma que, para un lector ignorante, se presentan como si no fueran importantes o bien como si fueran ventajas.

La principal desventaja de los biodiscos fabricados -- con hojas corrugadas de polietileno es que, generalmente -- se trata de patentes, lo cual no es deseable desde el punto de vista del consumidor y mucho menos si este es foráneo pues el sistema es pesado y voluminoso, lo cual implica gastos adicionales por transporte. Los costos capitales alcanzan niveles superiores a los de otros procesos -- convencionales de tratamiento.

Es necesaria la rigurosidad en el diseño mecánico -- pues se registran varios casos en los que han ocurrido rompimiento y desanclaje de la flecha que soporta los discos.

La instalación requiere generalmente de grandes gruas y personal especializado.

Como el proceso involucra tres fases, líquido, sólido y gas, no ha sido posible desarrollar un modelo matemático que lo represente satisfactoriamente y el diseño se sigue basando de forma importante en la experiencia del ingeniero de diseño. Los modelos simples resultan insuficientes y los complicados involucran tantas variables que es necesario invertir tiempo y capital en su calibración.

A continuación se describe el proceso biológico que ocurre en el biodisco y se profundiza en los factores que afectan el rendimiento del mismo.

Originalmente, el sistema de biodiscos consistía en una serie de discos con diámetros entre 1 y 3.5 m, montados sobre una flecha horizontal que gira mientras que aproximadamente un 40% del área superficial de los discos se encuentra sumergida en el agua de desecho. Actualmente también se utilizan placas de plástico corrugado y otros materiales plásticos en vez de discos.

Cuando el proceso inicia su operación, los microbios del agua de desecho se adhieren a la superficie del material plástico y se desarrollan hasta que toda la superficie queda cubierta con una capa o película microbiana.

De forma general el sistema está constituido por un -
sedimentador primario, biodiscos y sedimentador secundario.

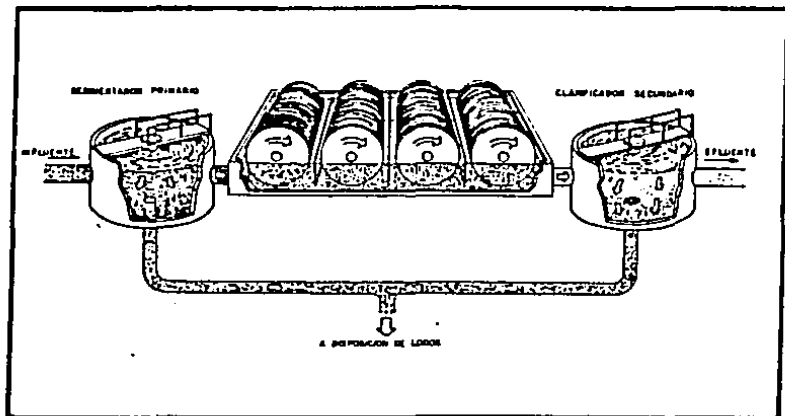


Fig. # 8 El proceso de biodiscos.

Al girar, los discos y la película biológica entran -
en contacto, de forma alternada, con el agua de desecho -
que se encuentra en el tanque y con el oxígeno atmosférico. -
Los discos arrastran sobre la superficie de la película -
biológica una película de agua de desecho hacia la zona -
aerada permitiendo la oxigenación del agua y de los micro-
organismos. Debido a la sucesión de las inmersiones y de-

Las emersiones, la película líquida se renueva constantemente. La oxigenación se lleva a cabo por difusión a través de la película líquida que queda adherida, por capilaridad, a la biomasa. Los microorganismos utilizan el oxígeno molecular disuelto para llevar a cabo la degradación aeróbica de la materia orgánica. Cada vez que la biomasa pasa por el agua de desecho absorbe materia orgánica que es utilizada como fuente de nutrientes. Los principales productos de la oxidación bioquímica son: agua, bióxido de carbono y microorganismos que aumentan la población bacteriana. El exceso de microorganismos se desprende de los discos debido a las fuerzas cortantes originadas por la rotación de los discos al pasar por el agua. Los microorganismos desprendidos se mantienen en suspensión en el líquido y salen del tanque con el agua tratada hacia el sedimentador secundario donde son separados de esta.

Los discos o material plástico cumplen varios propósitos: son un medio de soporte para las poblaciones microbianas, sirven como dispositivo de mezcla en el tanque y permiten la oxigenación del medio.

1.6 FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO:

Existen varios factores que afectan directamente el rendimiento del biodisco; se hace una breve explicación de cada uno de ellos a continuación: (1)

- 1) *Unidad motriz:* Es muy importante que proporcione una velocidad de rotación siempre constante para permitir un crecimiento uniforme de la biomasa.
 - 2) *Densidad del medio plástico:* Cuando se tiene una flecha de alta densidad, la distancia entre las placas es muy pequeña y eso dificulta el crecimiento de la biomasa. Por lo tanto, con un medio plástico de densidad estandar, tendremos mayores espacios entre las placas y se favorecerá el crecimiento de una capa de biomasa más gruesa.
 - 3) *Temperatura:* Se ha comprobado que las temperaturas menores a 15°C disminuyen la capacidad de crecimiento en este proceso. Cuando se espera se presenten temperaturas menores se debe aplicar un factor de corrección.
- (1) Fuente: Operation and maintenance of trickling filters, RBC'S and related process. WPCF publication.

- 4) PH. Valores de PH entre 6.5 y 8.5 se requieren para tener un crecimiento óptimo de las bacterias.
- 5) Velocidad de rotación: Una velocidad muy lenta impedirá la óptima oxigenación de la película microbiada debido a que habrá muy pocas inmersiones y emersiones; sin embargo una velocidad muy grande provocará el desprendimiento de la película microbiana. Experimentos realizados en plantas piloto han concluido que una velocidad periférica de 0.3 m/s es óptima para el biodisco.
- 6) Número de etapas: Al experimentar con dos unidades de biodiscos con igual área superficial total, una dividida en dos y la otra dividida en cuatro etapas, la última eliminó el 85% de la DBO mientras que la primera eliminó sólo el 75%.

Una característica importante de un biodisco dividido en etapas es que permite que la película microbiana contenga diferentes tipos de poblaciones bacterianas en cada etapa y cada una de estas poblaciones está especializada en la degradación de la materia orgánica presente en la etapa correspondiente.

Sin embargo los estudios realizados han concluido que

en un sistema de biodiscos con 4 ó 5 etapas se obtiene prácticamente la misma eficiencia de eliminación que en un sistema con más etapas.

Por lo tanto, es recomendable construir el biodisco con 4 etapas; otra ventaja sería construir el biodisco con el doble del área en la primera etapa ya que se tiene una carga mayor y las otras tres iguales.

- 7) Carga hidráulica: suponiendo que la unidad matriz nos da una velocidad constante, la densidad del medio plástico permite el crecimiento adecuado de la biomasa, la temperatura es mayor a 15°C, tenemos valores de PH entre 6.5 y 8.5, la velocidad periférica es de 0.3 m/s. y el número de etapas es de 4. [condiciones descables para un adecuado rendimiento del biodisco].

El parámetro que nos dará el criterio fundamental de diseño será la carga hidráulica; la cual se define como:

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

Donde CH: Carga hidráulica [L³/L²T]

Q: Gasto [L³/T]

A: Área superficial [L²]

La carga hidráulica representa el caudal que puede -- tratar un área unitaria; es decir, entre menor sea la carga hidráulica, se requerirá mayor área para tratar una undad de caudal.

El método de diseño expuesto a continuación se basa - en este principio. (3) En función de la DBO soluble en el influente y de la DBO requerida en el efluente; en base a - datos obtenidos de biodiscos de cuatro etapas en operación, relaciona las condiciones de eliminación de DBO para obte - ner la carga hidráulica requerida.

(3) Fuente: "Fixed biological surfaces wastewater treatment"
Antonio R.T. Lata.

1.7 METODO PARA SELECCION DEL AREA REQUERIDA:

De acuerdo a la gráfica mostrada a continuación, se obtiene la carga hidráulica requerida relacionando la DBO en el afluente con la DBO en el efluente.

El área requerida se calcula: $A = \frac{Q}{CH}$

En caso de que se espere tener temperaturas menores a 13°C , se debe utilizar la siguiente gráfica y corregir la carga hidráulica resultante con el factor correspondiente; es decir:

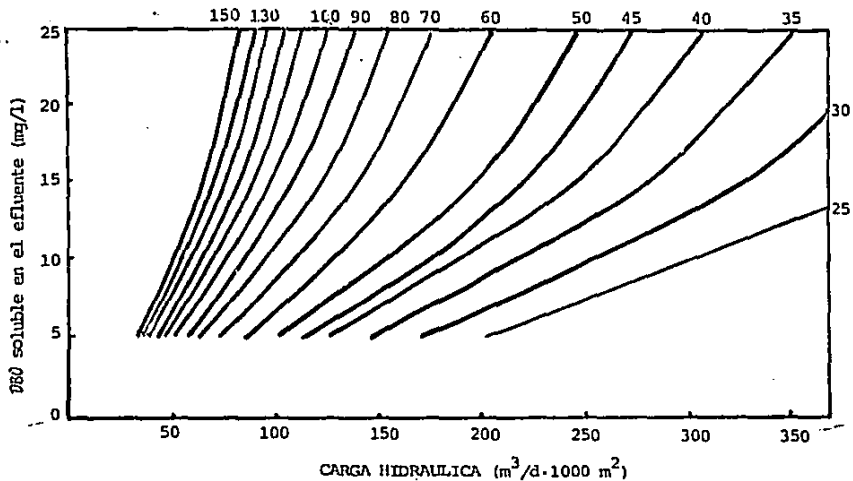
$$CH_0 = \frac{CH_{13}}{\alpha}$$

Donde CH_0 : Carga hidráulica a la temperatura de operación.

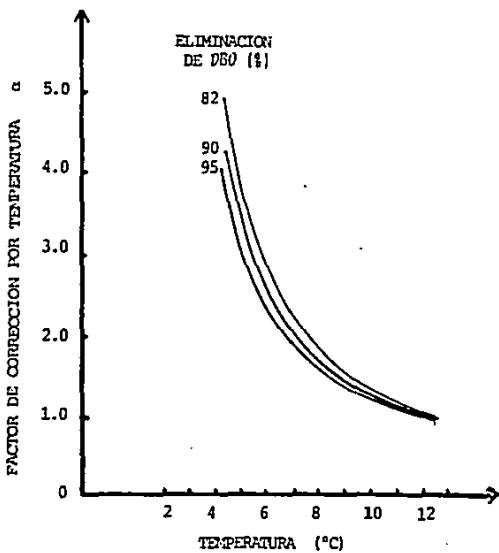
CH_{13} : Carga hidráulica cuando la temperatura de operación es mayor a 13°C

TEMPERATURA DEL AGUA DE DESECHO > 13 °C

DBO soluble en el afluente (mg/l)



DBO en el efluente como función de la carga hidráulica para temperaturas mayores de 13°C
(AUTOTROL, 1978)



Factor de corrección por temperatura, para la eliminación de DBO (ANTONIE, 1976).

CAPITULO II

En el capítulo anterior se han expuesto los principios generales y el método para selección del área superficial requerida en un biodisco.

En este capítulo se expondrá un problema de tratamiento en particular y la selección del área requerida para esa aplicación. Además de una explicación de las partes principales que integran al biodisco y la descripción de los parámetros que es necesario considerar para el diseño mecánico adecuado.

2.1 APLICACION PARTICULAR (SUPOSICION)

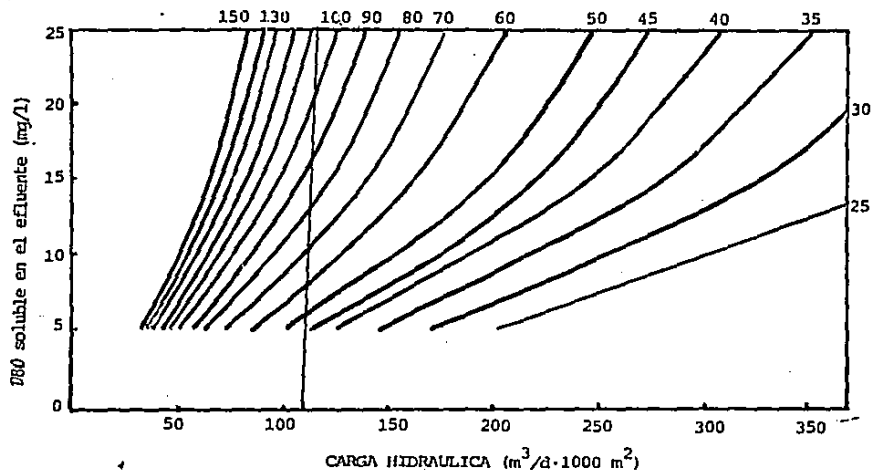
En un fraccionamiento de un club de golf se podrían aprovechar las aguas residuales tratadas para el riego del campo.

Se calcula un total de 3384 habitantes teniendo cada uno un consumo de 300 lts. por día.

Se considera que cada persona tira 54 g de DBO por -

TEMPERATURA DEL AGUA DE DESECCIO > 13 °C

DBO soluble en el afluente (mg/l)



DBO en el efluente como función de la carga
hidráulica para temperaturas mayores de 13°C
(AUTOTROL, 1978)

Lo tanto se calcula el caudal y la concentración de la siguiente manera. (4)

$$Q = \frac{(300 \text{ l/hab/d.}) (5584 \text{ hab.})}{(1000 \text{ l/M}^3)} = 1015 \text{ M}^3/\text{d.}$$

$$DBO_a = \frac{54,000 \text{ mg/hab}}{300 \text{ lts/hab.}} = 180 \text{ mg/l.}$$

Se considera el 60% de la DBO soluble, lo cual da un factor de seguridad amplio ya que normalmente es menor al 50%.

$$DBO = (0.60) (180 \text{ mg/l.}) = 108 \text{ mg/l.}$$

Para que el agua sea apta para riego de acuerdo a las normas de la SEDUE es aceptable que la DBO en el efluente sea de 25 mg/l. Con estos datos entramos a la gráfica y encontramos que la carga hidráulica requerida es $110 \text{ M}^3/\text{d. } 1000 \text{ M}^2$. Por lo tanto, se calcula el área según la fórmula.

$$A = Q/CH = 1015 \times 10^3 / (110) = 9230 \text{ M}^2.$$

(4) Fuente: Conferencia con el Dr. Gualberto Limón, SIAPA-Guadalajara.

Por lo tanto, el biodisco que se propone construir tendrá un área superficial total de 9230 M^2 .

Se considera que se tendrá una temperatura mayor de -13°C por lo que no será necesario aplicar el factor de corrección mencionado en el capítulo anterior.

2.2 Descripción de los componentes principales.

Los componentes principales del sistema son:

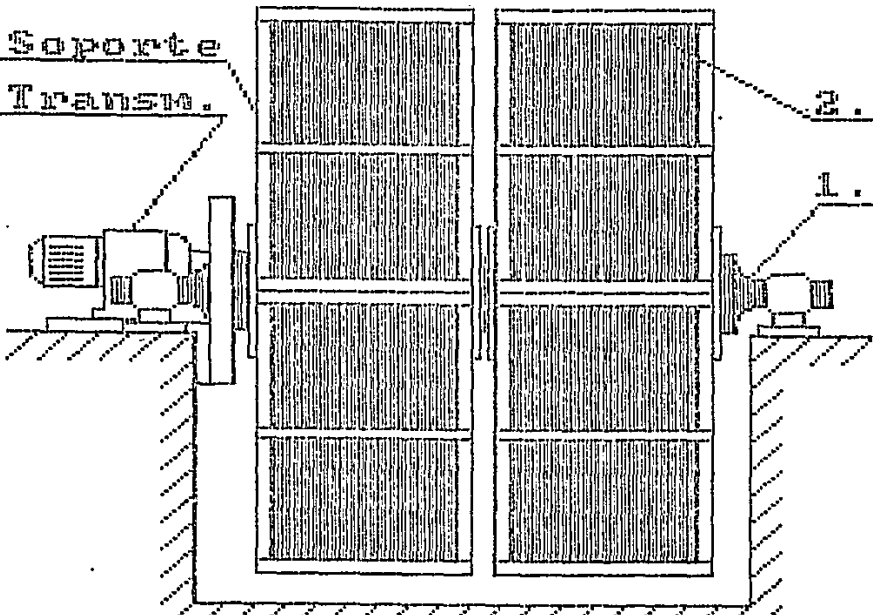
- 1) Flecha principal.
- 2) Medio Plástico.
- 3) Soporte del Medio Plástico.
- 4) Transmisión.

Pudiéndose identificar en la figura No. 9.

La flecha principal (ver elemento 1) es el soporte -- primario del conjunto, y la pieza mecánica que se ve sometida a los mayores esfuerzos, ya que no solamente soporta un par torsor que la pone en movimiento, sino también el peso del conjunto del medio plástico y su biomasa, arreglado en dos discos longitudinales a la flecha. Al estar en constante rotación, la flecha también sufre esfuerzos de fatiga debido a las cargas alternantes en los ciclos del proceso. Estos esfuerzos combinados obligan a cuidar la precisión tanto de fabricación de la flecha como de su montaje, así como el uso de materiales de primera calidad. La flecha principal gira apoyada en dos rodamientos de rodillos, que absorben tanto las cargas como algunas post--

3. Soporte
4. Transm.

2. Medio
Plástico
1. Flecha



Ensamble General del Sistema.

bles pequeñas desalineaciones. Los rodamientos se encuentran integrados a soportes de pie con manguitos de sujeción y aros de fijación.

El medio plástico (ver elemento 2) es el arreglo que soporta el crecimiento de la biomasa, y su sostén. Consta de una configuración a partir de elementos de polietileno de alta densidad, que tanto aprovecha el área superficial disponible del arreglo como promueve el flujo adecuado, hacia adentro y hacia afuera, del agua en tratamiento. La fijación del medio plástico a la flecha principal se logra mediante soportes (ver elemento 3) que forman marcos radiales a la flecha, en un arreglo cilíndrico. Los elementos tubulares se acomodan en el interior de los dos cilindros de la flecha, en 8 secciones de círculo, y se sujetan desde el exterior mediante tirantes tensores. Esta modalidad no solamente facilita el ensamble en campo del medio plástico, sino su desensamble para maniobras de mantenimiento y reemplazo. Los brazos radiales se encuentran finalmente integrados al cuerpo de la flecha principal mediante uniones atornilladas, también soldadas al cuerpo de la flecha.

La transmisión consta de un conjunto motor-reductor de velocidad (ver elemento 4), en línea. El motor eléctrico impulsa el reductor y entrega la velocidad y el par ne

cesarios. Una reducción final de banda se emplea para no sobrecargar el reductor, y para facilitar la transmisión a la flecha, mediante una polea acoplada a la flecha del motor. El conjunto motorreductor consta de una base de montaje que permite la alineación del equipo, y también permite las operaciones de tensar y destensar la banda para facilitar maniobras de montaje y desmontaje. La reducción final de banda se encuentra cubierta íntegramente por una cubierta de construcción metálica. Esta caja, impide el acceso del agua a los elementos de transmisión.

El sistema, así completo, se monta en un tanque de diseño adecuado, y se instala a un tablero de control para regular el funcionamiento eléctrico del motor.

Es deseable que un birodillo tenga una vida útil de cuando menos 25 años, por lo tanto, los cálculos realizados en el diseño mecánico deben de satisfacer esta necesidad.

Existen ciertos elementos sujetos al desajuste, los cuales deben ser diseñados para trabajar por 24 horas al día por lo menos durante 25 años.

En esta sección se expondrán los principales elemen-

tos sujetos a la fatiga y al desgaste y en sí las variables que se deben considerar.

En el siguiente capítulo se efectuarán los cálculos para un diseño mecánico adecuado del biodisco.

2.3 PARAMETROS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA UN DISEÑO ADECUADO.

- 1) La flecha principal es el soporte de toda la estructura que forma al sistema. Deberá tomarse en cuenta el esfuerzo de flexión y hacer los cálculos necesarios para poder mostrar que la flecha no fallará en menos de 25 años a causa de fatiga. El esfuerzo de torsión deberá también tomarse en cuenta.
- 2) Las chumanceras de apoyo deberán tener una capacidad de carga nominal que resista el peso del sistema rotando a la velocidad de trabajo cuando menos por ese lapso.
- 3) Los ejes de las chumanceras que conectan la flecha principal con las chumanceras de apoyo, deberán resistir los esfuerzos de fatiga por ese lapso.
- 4) Los soportes metálicos de las placas de polietileno de

berán tener la suficiente rigidez para asegurar no se aflojen o sufran daños con el tiempo.

- 5) El reductor de velocidad deberá tener cuando menos un factor de seguridad de 1.2 para poder asegurar una operación ininterrumpida debido a que trabaja 24 horas a bajas revoluciones.

Esos son los principales elementos en que es necesario concentrarse para poder lograr un diseño satisfactorio.

Los detalles de diseño así como las variables específicas que es necesario considerar, se muestran en el próximo capítulo.

C A P I T U L O I I I

Va se han descrito en general los componentes principales del biodisco. Ahora es necesario incluir las características particulares del biodisco que se pretende construir y hacer los cálculos mecánicos para demostrar que se puede esperar una vida útil del sistema de cuando menos 25 años.

3.1 Diseño del biodisco.

Es adecuado comenzar mencionando las características de las placas de polietileno para poder obtener los 9230-M² de área afectiva para el tratamiento.

La flecha principal se propone sea de 0.762 m (30 -- pul) de diámetro y el diámetro exterior de las placas de 3.6 m según como se construyen este tipo de arreglos por los principales fabricantes de todo el mundo. [5] el diámetro de la flecha es el requerido para poder soportar toda la carga sin sufrir daño alguno por fatiga. Más adelante se demostrará y se calculará el espesor.

El área de un segmento circular en estas condiciones será:

[5] Fuente: Operation and Maintenance and Related Process. WPCF Publication Of Trickling Filters, RBC'S.

$$A = \frac{\pi}{4} (3.6^2 - 0.762^2) = 9.72 \text{ M}^2$$

Debido a las corrugaciones presentes en la placa y en base a un análisis físico efectuado a una muestra; se concluyó que se deben considerar los dos lados de la placa y esas corrugaciones lo cual hace que el área efectiva de tratamiento sea 3.8 veces el área proyectada.

Por lo tanto, para calcular el número de placas se procede como se indica:

$$N = \frac{9230 \text{ m}^2}{3.8 \times 9.72 \text{ m}^2} = 249.9 \approx 250 \text{ segmentos}$$

En base al análisis a la muestra mencionado anteriormente, se pudo notar que: el grueso de la placa es de 30-milésimas de pulgada y el peso específico es de 957 kg/m^3 .

Con estos datos es posible calcular el peso de cada segmento circular de placas y el total.

El área de cada segmento de 360 grados incluyendo -- las corrugaciones pero de un sólo lado será de:

$$A_p = \frac{3.8}{2} \times 9.72 \text{ m}^2 = 18.47 \text{ m}^2$$

Calculamos el peso mediante la fórmula,

$$Pe = \frac{W}{V} \quad V = Ape \quad W = Pe \times Ape$$

Donde: Pe: Peso específico, Ap: Area de placa, e: es pesor del polietileno.

$$W = (957 \text{ kg/m}^3) (18.47\text{m}^2) (30 \times 10 - 3 \times 0.0254\text{m}) = 13.47 \text{ kg.}$$

El peso total de placas en la primera etapa será del doble de cada una de las restantes y se calcula:

$$W_1 = (100) (13.47) = 1347 \text{ kgs.}$$

Para las etapas segunda a cuarta el peso será:

$$W_2 = W_3 = W_4 = 673.5 \text{ kgs.}$$

El peso total de placas en el biodisco será:

$$W_p = (250) (13.47 \text{ kgs}) = 3367.5 \text{ kgs.}$$

3.3 Diseño de los soportes de las placas.

La primera etapa tendrá una longitud de 2.7 m, las -

etapas restantes de 1.35 m. Esto es en base a una densidad volumétrica de placas de $140 \text{ m}^2/\text{m}^3$ que es lo que comunmente se recomienda para los biodiscos.

Se propone hacer los soportes mediante un canal monten como se muestra en la figura No. 10., siendo éstos - atornillados a anillos anulares soldados al tubo; únicamente para evitar un desacomodo en las placas se atornilla -- otro segmento del mismo canal a la parte superior sin que éste trabaje estructuralmente. Se reúnen las placas por medio de dos tubos los cuales transmitirán el torque a las mismas.

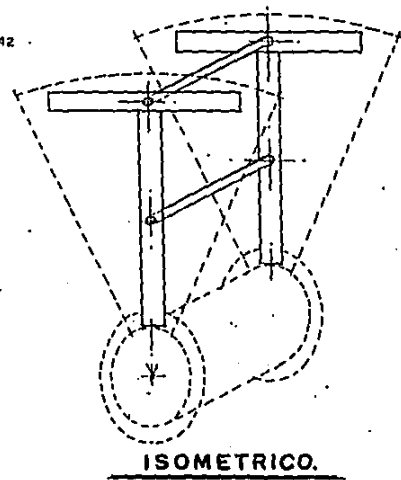
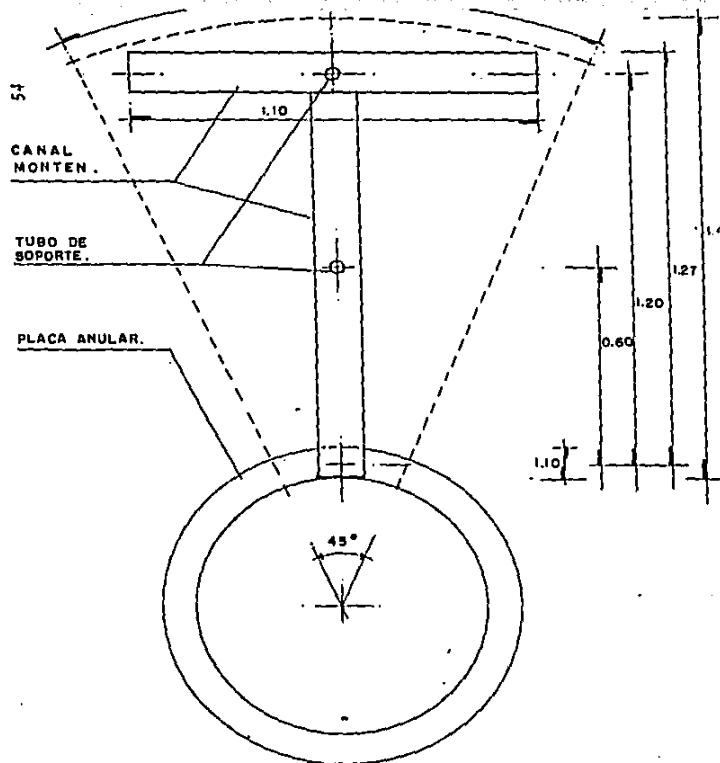
Para una velocidad periférica de 0.3 m/s, la velocidad angular será:

$$W = \frac{(0.3 \text{ m/s}) (60 \text{ s/min})}{(1.8 \text{ m}) (2\pi \text{ rad/rev})} = 1.6 \text{ rpm}$$

El torque total transmitido por todos los soportes, se calcula en base a un motor de 5 HP.

$$T = \frac{\text{Pot} \cdot \frac{\text{Watt}}{\text{HP}}}{W} = \frac{(5 \text{ HP}) (746 \frac{\text{Watt}}{\text{HP}}) (60 \text{ s/min})}{(9.8 \text{ N/kg}) (1.6 \text{ rpm}) (2\pi \text{ rad/rev})} = 2272 \text{ Kgm.}$$

Como se pudo notar en la figura, cada segmento será-



DETALLE DE LOS SOPORTES PARA LOS BIODISCOS.

de 45 grados, es decir, el momento total por cada 45 grados será:

$$M_3 = \frac{2272 \text{ Kg.m}}{45/360} = 284 \text{ Kg.m}$$

En la primera etapa se transmitirá el doble de las otras y será:

$$M_1 = \frac{2}{5} 284 \text{ Kg.m} = 113.6 \text{ Kg.m}$$

Debido a que son 2 soportes por etapa, cada canal tendrá que transmitir 56.8 Kg.m.

$$M = 56.8 \text{ Kg.m (100 cm/m)} = 5680 \text{ Kg.cm.}$$

En base al código AWS de 1981 para una estructura metálica sin soldadura, (clase A) el límite de resistencia a la fatiga será de 24.5 Ksl = 1722 Kg/cm².

El esfuerzo de flexión se calcula según la fórmula:

$$t_f = \frac{M}{S}$$

De donde se encuentra:

$$S_1 = \frac{M}{t_f} = \frac{5680 \text{ Kg.cm}}{1722 \text{ Kg/cm}^2} = 3.3 \text{ cm}^2$$

An American National Standard
Approved by
American National Standards Institute

Structural Welding Code— Steel

Fifth Edition

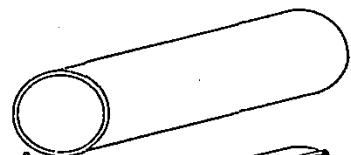
Superseding
AWS D1.1-80

Prepared by
AWS Structural Welding Committee

Under the Direction of
AWS Technical Activities Committee

Approved by
AWS Board of Directors

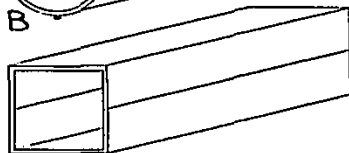
Effective January 1, 1981



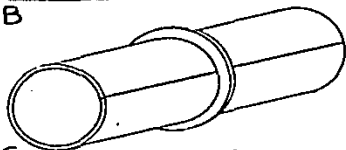
A



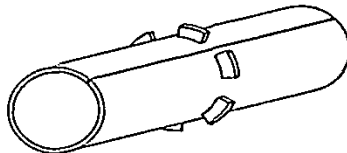
B



B₂



C₂



D

Table 10.7.3
Stress categories for type and location of material for circular sections

Stress category	Situation	Kind of stress
A	Plain unwelded pipe.	TCOR
B	Pipe with longitudinal seam.	TCOR
B ₁	Joint splices, complete joint penetration groove welds, ground flush and inspected by RT or UT (Class R).	TCOR
B ₂	Members with continuously welded longitudinal stiffeners.	TCOR
C ₁	Joint splices, complete joint penetration groove welds, as welded.	TCOR
C ₂	Members with transverse (ring) stiffeners.	TCOR
D	Members with miscellaneous attachments such as clips, brackets, etc.	TCOR
D	Crossform and T-joints with complete joint penetration welds (except at tubular connections).	TCOR

Tubular, Tubular products is a generic term for a family of hollow section products of various cross-sectional configuration. The term "pipe" denotes cylindrical products to differentiate from square and rectangular hollow section products. However, a tube or tubing can also be cylindrical.

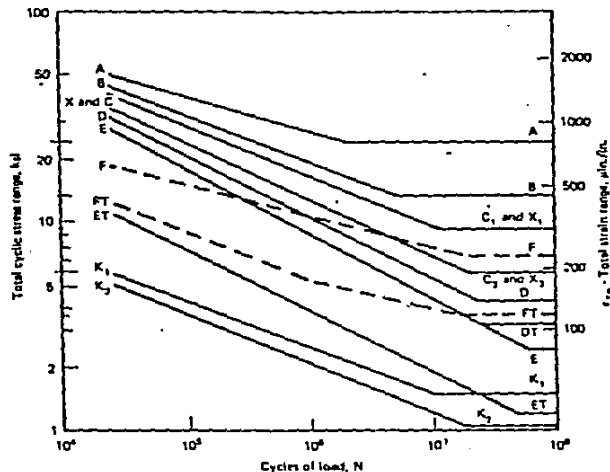


Fig. 10.7.4—Allowable fatigue stress and strain ranges for stress categories (see Table 10.7.3), redundant structures in atmospheric service

light grinding shall be repaired in accordance with 3.7.2.4.

10.8 Effective Weld Area and Length

10.8.1 Groove Welds. The effective area shall be in accordance with 2.3.1 and the following: the effective length of groove welds in structural T-, K-, and Y-connections shall be computed in accordance with 10.8.4 or 10.8.5, using the mean radius or face dimensions of the branch member.

10.8.2 Fillet Welds. The effective area shall be in accordance with 2.3.2 and the following: the effective length of fillet welds in structural T-, Y-, and K-connections shall be computed in accordance with 10.8.4 or 10.8.5, using the radius or face dimensions of the branch member as measured to the center line of the weld.

10.8.3 Shear Area. The effective section for computing punching shear stress in simple T-, Y-, and K-connections shall be the main member thickness times the intersection length defined in 10.8.4 or 10.8.5, using the

effective radius or face dimensions of the branch member as measured to the toe of the connecting weld on the main member outside surface.

10.8.4 Circular T-, Y-, K-Connections. Length of welds and the intersection length in circular T-, Y-, and K-connections shall be determined as $2rK_0$ where

$$K_0 = x + y + 3\sqrt{x^2 + y^2}$$

$$x = \frac{1}{2\pi \sin \theta}$$

$$y = \frac{1}{3\pi} \frac{3 - \beta^2}{2 - \beta^2}$$

θ = the acute angle between the two member axes
 r = the effective radius of the intersection (see 10.8.3)
 R = the outside radius of the main member
 $\beta = \frac{r}{R}$

Note: The following may be used as conservative approximations:

$$K_0 = \frac{1 + \frac{1}{\sin \theta}}{2} \text{ for axial load}$$

TABLA No. 1

SERIES "C" y "Z"
CANALES Y ZETAS DE ACERO MON-TEN
FORMADAS EN FRÍO CON DOS PATINES ATIZADOS
DIMENSIONES Y PROPIEDADES

NOTA: EN CANTIDAD El primer número indica el peso de pulgadas; LIT significa "Acero MON-TEN" al ser número significa el número de la lista de especificaciones de acero. Los números de serie se indican en el artículo mismo particular. (A.I.S.I. No. 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590, 600, 610, 620, 630, 640, 650, 660, 670, 680, 690, 700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790, 800, 810, 820, 830, 840, 850, 860, 870, 880, 890, 900, 910, 920, 930, 940, 950, 960, 970, 980, 990, 1000, 1010, 1020, 1030, 1040, 1050, 1060, 1070, 1080, 1090, 1100, 1110, 1120, 1130, 1140, 1150, 1160, 1170, 1180, 1190, 1200, 1210, 1220, 1230, 1240, 1250, 1260, 1270, 1280, 1290, 1300, 1310, 1320, 1330, 1340, 1350, 1360, 1370, 1380, 1390, 1400, 1410, 1420, 1430, 1440, 1450, 1460, 1470, 1480, 1490, 1500, 1510, 1520, 1530, 1540, 1550, 1560, 1570, 1580, 1590, 1600, 1610, 1620, 1630, 1640, 1650, 1660, 1670, 1680, 1690, 1700, 1710, 1720, 1730, 1740, 1750, 1760, 1770, 1780, 1790, 1800, 1810, 1820, 1830, 1840, 1850, 1860, 1870, 1880, 1890, 1900, 1910, 1920, 1930, 1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000, 2010, 2020, 2030, 2040, 2050, 2060, 2070, 2080, 2090, 2100, 2110, 2120, 2130, 2140, 2150, 2160, 2170, 2180, 2190, 2200, 2210, 2220, 2230, 2240, 2250, 2260, 2270, 2280, 2290, 2300, 2310, 2320, 2330, 2340, 2350, 2360, 2370, 2380, 2390, 2400, 2410, 2420, 2430, 2440, 2450, 2460, 2470, 2480, 2490, 2500, 2510, 2520, 2530, 2540, 2550, 2560, 2570, 2580, 2590, 2600, 2610, 2620, 2630, 2640, 2650, 2660, 2670, 2680, 2690, 2700, 2710, 2720, 2730, 2740, 2750, 2760, 2770, 2780, 2790, 2800, 2810, 2820, 2830, 2840, 2850, 2860, 2870, 2880, 2890, 2900, 2910, 2920, 2930, 2940, 2950, 2960, 2970, 2980, 2990, 3000, 3010, 3020, 3030, 3040, 3050, 3060, 3070, 3080, 3090, 3100, 3110, 3120, 3130, 3140, 3150, 3160, 3170, 3180, 3190, 3200, 3210, 3220, 3230, 3240, 3250, 3260, 3270, 3280, 3290, 3300, 3310, 3320, 3330, 3340, 3350, 3360, 3370, 3380, 3390, 3400, 3410, 3420, 3430, 3440, 3450, 3460, 3470, 3480, 3490, 3500, 3510, 3520, 3530, 3540, 3550, 3560, 3570, 3580, 3590, 3600, 3610, 3620, 3630, 3640, 3650, 3660, 3670, 3680, 3690, 3700, 3710, 3720, 3730, 3740, 3750, 3760, 3770, 3780, 3790, 3800, 3810, 3820, 3830, 3840, 3850, 3860, 3870, 3880, 3890, 3900, 3910, 3920, 3930, 3940, 3950, 3960, 3970, 3980, 3990, 4000, 4010, 4020, 4030, 4040, 4050, 4060, 4070, 4080, 4090, 4100, 4110, 4120, 4130, 4140, 4150, 4160, 4170, 4180, 4190, 4200, 4210, 4220, 4230, 4240, 4250, 4260, 4270, 4280, 4290, 4300, 4310, 4320, 4330, 4340, 4350, 4360, 4370, 4380, 4390, 4400, 4410, 4420, 4430, 4440, 4450, 4460, 4470, 4480, 4490, 4500, 4510, 4520, 4530, 4540, 4550, 4560, 4570, 4580, 4590, 4600, 4610, 4620, 4630, 4640, 4650, 4660, 4670, 4680, 4690, 4700, 4710, 4720, 4730, 4740, 4750, 4760, 4770, 4780, 4790, 4800, 4810, 4820, 4830, 4840, 4850, 4860, 4870, 4880, 4890, 4900, 4910, 4920, 4930, 4940, 4950, 4960, 4970, 4980, 4990, 5000, 5010, 5020, 5030, 5040, 5050, 5060, 5070, 5080, 5090, 5100, 5110, 5120, 5130, 5140, 5150, 5160, 5170, 5180, 5190, 5200, 5210, 5220, 5230, 5240, 5250, 5260, 5270, 5280, 5290, 5300, 5310, 5320, 5330, 5340, 5350, 5360, 5370, 5380, 5390, 5400, 5410, 5420, 5430, 5440, 5450, 5460, 5470, 5480, 5490, 5500, 5510, 5520, 5530, 5540, 5550, 5560, 5570, 5580, 5590, 5600, 5610, 5620, 5630, 5640, 5650, 5660, 5670, 5680, 5690, 5700, 5710, 5720, 5730, 5740, 5750, 5760, 5770, 5780, 5790, 5800, 5810, 5820, 5830, 5840, 5850, 5860, 5870, 5880, 5890, 5900, 5910, 5920, 5930, 5940, 5950, 5960, 5970, 5980, 5990, 6000, 6010, 6020, 6030, 6040, 6050, 6060, 6070, 6080, 6090, 6100, 6110, 6120, 6130, 6140, 6150, 6160, 6170, 6180, 6190, 6200, 6210, 6220, 6230, 6240, 6250, 6260, 6270, 6280, 6290, 6300, 6310, 6320, 6330, 6340, 6350, 6360, 6370, 6380, 6390, 6400, 6410, 6420, 6430, 6440, 6450, 6460, 6470, 6480, 6490, 6500, 6510, 6520, 6530, 6540, 6550, 6560, 6570, 6580, 6590, 6600, 6610, 6620, 6630, 6640, 6650, 6660, 6670, 6680, 6690, 6700, 6710, 6720, 6730, 6740, 6750, 6760, 6770, 6780, 6790, 6800, 6810, 6820, 6830, 6840, 6850, 6860, 6870, 6880, 6890, 6900, 6910, 6920, 6930, 6940, 6950, 6960, 6970, 6980, 6990, 7000, 7010, 7020, 7030, 7040, 7050, 7060, 7070, 7080, 7090, 7100, 7110, 7120, 7130, 7140, 7150, 7160, 7170, 7180, 7190, 7200, 7210, 7220, 7230, 7240, 7250, 7260, 7270, 7280, 7290, 7300, 7310, 7320, 7330, 7340, 7350, 7360, 7370, 7380, 7390, 7400, 7410, 7420, 7430, 7440, 7450, 7460, 7470, 7480, 7490, 7500, 7510, 7520, 7530, 7540, 7550, 7560, 7570, 7580, 7590, 7600, 7610, 7620, 7630, 7640, 7650, 7660, 7670, 7680, 7690, 7700, 7710, 7720, 7730, 7740, 7750, 7760, 7770, 7780, 7790, 7800, 7810, 7820, 7830, 7840, 7850, 7860, 7870, 7880, 7890, 7900, 7910, 7920, 7930, 7940, 7950, 7960, 7970, 7980, 7990, 8000, 8010, 8020, 8030, 8040, 8050, 8060, 8070, 8080, 8090, 8100, 8110, 8120, 8130, 8140, 8150, 8160, 8170, 8180, 8190, 8200, 8210, 8220, 8230, 8240, 8250, 8260, 8270, 8280, 8290, 8300, 8310, 8320, 8330, 8340, 8350, 8360, 8370, 8380, 8390, 8400, 8410, 8420, 8430, 8440, 8450, 8460, 8470, 8480, 8490, 8500, 8510, 8520, 8530, 8540, 8550, 8560, 8570, 8580, 8590, 8600, 8610, 8620, 8630, 8640, 8650, 8660, 8670, 8680, 8690, 8700, 8710, 8720, 8730, 8740, 8750, 8760, 8770, 8780, 8790, 8800, 8810, 8820, 8830, 8840, 8850, 8860, 8870, 8880, 8890, 8900, 8910, 8920, 8930, 8940, 8950, 8960, 8970, 8980, 8990, 9000, 9010, 9020, 9030, 9040, 9050, 9060, 9070, 9080, 9090, 9100, 9110, 9120, 9130, 9140, 9150, 9160, 9170, 9180, 9190, 9200, 9210, 9220, 9230, 9240, 9250, 9260, 9270, 9280, 9290, 9300, 9310, 9320, 9330, 9340, 9350, 9360, 9370, 9380, 9390, 9400, 9410, 9420, 9430, 9440, 9450, 9460, 9470, 9480, 9490, 9500, 9510, 9520, 9530, 9540, 9550, 9560, 9570, 9580, 9590, 9600, 9610, 9620, 9630, 9640, 9650, 9660, 9670, 9680, 9690, 9700, 9710, 9720, 9730, 9740, 9750, 9760, 9770, 9780, 9790, 9800, 9810, 9820, 9830, 9840, 9850, 9860, 9870, 9880, 9890, 9900, 9910, 9920, 9930, 9940, 9950, 9960, 9970, 9980, 9990, 10000, 10010, 10020, 10030, 10040, 10050, 10060, 10070, 10080, 10090, 10100, 10110, 10120, 10130, 10140, 10150, 10160, 10170, 10180, 10190, 10200, 10210, 10220, 10230, 10240, 10250, 10260, 10270, 10280, 10290, 10300, 10310, 10320, 10330, 10340, 10350, 10360, 10370, 10380, 10390, 10400, 10410, 10420, 10430, 10440, 10450, 10460, 10470, 10480, 10490, 10500, 10510, 10520, 10530, 10540, 10550, 10560, 10570, 10580, 10590, 10600, 10610, 10620, 10630, 10640, 10650, 10660, 10670, 10680, 10690, 10700, 10710, 10720, 10730, 10740, 10750, 10760, 10770, 10780, 10790, 10800, 10810, 10820, 10830, 10840, 10850, 10860, 10870, 10880, 10890, 10900, 10910, 10920, 10930, 10940, 10950, 10960, 10970, 10980, 10990, 11000, 11010, 11020, 11030, 11040, 11050, 11060, 11070, 11080, 11090, 11100, 11110, 11120, 11130, 11140, 11150, 11160, 11170, 11180, 11190, 11200, 11210, 11220, 11230, 11240, 11250, 11260, 11270, 11280, 11290, 11300, 11310, 11320, 11330, 11340, 11350, 11360, 11370, 11380, 11390, 11400, 11410, 11420, 11430, 11440, 11450, 11460, 11470, 11480, 11490, 11500, 11510, 11520, 11530, 11540, 11550, 11560, 11570, 11580, 11590, 11600, 11610, 11620, 11630, 11640, 11650, 11660, 11670, 11680, 11690, 11700, 11710, 11720, 11730, 11740, 11750, 11760, 11770, 11780, 11790, 11800, 11810, 11820, 11830, 11840, 11850, 11860, 11870, 11880, 11890, 11900, 11910, 11920, 11930, 11940, 11950, 11960, 11970, 11980, 11990, 12000, 12010, 12020, 12030, 12040, 12050, 12060, 12070, 12080, 12090, 12100, 12110, 12120, 12130, 12140, 12150, 12160, 12170, 12180, 12190, 12200, 12210, 12220, 12230, 12240, 12250, 12260, 12270, 12280, 12290, 12300, 12310, 12320, 12330, 12340, 12350, 12360, 12370, 12380, 12390, 12400, 12410, 12420, 12430, 12440, 12450, 12460, 12470, 12480, 12490, 12500, 12510, 12520, 12530, 12540, 12550, 12560, 12570, 12580, 12590, 12600, 12610, 12620, 12630, 12640, 12650, 12660, 12670, 12680, 12690, 12700, 12710, 12720, 12730, 12740, 12750, 12760, 12770, 12780, 12790, 12800, 12810, 12820, 12830, 12840, 12850, 12860, 12870, 12880, 12890, 12900, 12910, 12920, 12930, 12940, 12950, 12960, 12970, 12980, 12990, 13000, 13010, 13020, 13030, 13040, 13050, 13060, 13070, 13080, 13090, 13100, 13110, 13120, 13130, 13140, 13150, 13160, 13170, 13180, 13190, 13200, 13210, 13220, 13230, 13240, 13250, 13260, 13270, 13280, 13290, 13300, 13310, 13320, 13330, 13340, 13350, 13360, 13370, 13380, 13390, 13400, 13410, 13420, 13430, 13440, 13450, 13460, 13470, 13480, 13490, 13500, 13510, 13520, 13530, 13540, 13550, 13560, 13570, 13580, 13590, 13600, 13610, 13620, 13630, 13640, 13650, 13660, 13670, 13680, 13690, 13700, 13710, 13720, 13730, 13740, 13750, 13760, 13770, 13780, 13790, 13800, 13810, 13820, 13830, 13840, 13850, 13860, 13870, 13880, 13890, 13900, 13910, 13920, 13930, 13940, 13950, 13960, 13970, 13980, 13990, 14000, 14010, 14020, 14030, 14040, 14050, 14060, 14070, 14080, 14090, 14100, 14110, 14120, 14130, 14140, 14150, 14160, 14170, 14180, 14190, 14200, 14210, 14220, 14230, 14240, 14250, 14260, 14270, 14280, 14290, 14300, 14310, 14320, 14330, 14340, 14350, 14360, 14370, 14380, 14390, 14400, 14410, 14420, 14430, 14440, 14450, 14460, 14470, 14480, 14490, 14500, 14510, 14520, 14530, 14540, 14550, 14560, 14570, 14580, 14590, 14600, 14610, 14620, 14630, 14640, 14650, 14660, 14670, 14680, 14690, 14700, 14710, 14720, 14730, 14740, 14750, 14760, 14770, 14780, 14790, 14800, 14810, 14820, 14830, 14840, 14850, 14860, 14870, 14880, 14890, 14900, 14910, 14920, 14930, 14940, 14950, 14960, 14970, 14980, 14990, 15000, 15010, 15020, 15030, 15040, 15050, 15060, 15070, 15080, 15090, 15100, 15110, 15120, 15130, 15140, 15150, 15160, 15170, 15180, 15190, 15200, 15210, 15220, 15230, 15240, 15250, 15260, 15270, 15280, 15290, 15300, 15310, 15320, 15330, 15340, 15350, 15360, 15370, 15380, 15390, 15400, 15410, 15420, 15430, 15440, 15450, 15460, 15470, 15480, 15490, 15500, 15510, 15520, 15530, 15540, 15550, 15560, 15570, 15580, 15590, 15600, 15610, 15620, 15630, 15640, 15650, 15660, 15670, 15680, 15690, 15700, 15710, 15720, 15730, 15740, 15750, 15760, 15770, 15780, 15790, 15800, 15810, 15820, 15830, 15840, 15850, 15860, 15870, 15880, 15890, 15900, 15910, 15920, 15930, 15940, 15950, 15960, 15970, 15980, 15990, 16000, 16010, 16020, 16030, 16040, 16050, 16060, 16070, 16080, 16090, 16100, 16110, 16120, 16130, 16140, 16150, 16160, 16170, 16180, 16190, 16200, 16210, 16220, 16230, 16240, 16250, 16260, 16270, 16280, 16290, 16300, 16310, 16320, 16330, 16340, 16350, 16360, 16370, 16380, 16390, 16400, 16410, 16420, 16430, 16440, 16450, 16460, 16470, 16480, 16490, 16500, 16510, 16520, 16530, 16540, 16550, 16560, 16570, 16580, 16590, 16600, 16610, 16620, 16630, 16640, 16650, 16660, 16670, 16680, 16690, 16700, 16710, 16720, 16730, 16740, 16750, 16760, 16770, 16780, 16790, 16800, 16810, 16820, 16830, 16840, 16850, 16860, 16870, 16880, 16890, 16900, 16910, 16920, 16930, 16940, 16950, 16960, 16970, 16980, 16990, 17000, 17010, 17020, 17030, 17040, 17050, 17060, 17070, 17080, 17090, 17100, 17110, 17120, 17130, 17140, 17150, 17160, 17170, 17180, 17190, 17200, 17210, 17220, 17230, 17240, 17250, 17260, 17270, 17280, 17290, 17300, 17310, 17320, 17330, 17340, 17350, 17360, 17370, 17380, 17390, 17400, 17410, 17420, 17430, 17440, 17450, 17460, 17470, 17480, 17490, 17500, 17510, 17520, 17530, 17540, 17550, 17560, 17570, 17580, 17590, 17600, 17610, 17620, 17630, 17640, 17650, 17660, 17670, 17680, 17690, 17700, 17710, 17720, 17730, 17740, 17750, 17760, 17770, 17780, 17790, 17800, 17810, 17820, 17830, 17840, 17850, 17860, 17870, 17880, 17890, 17900, 17910, 17920, 17930, 17940, 17950, 17960, 17970, 17980, 17990, 18000, 18010, 18020, 18030, 18040, 18050, 18060, 18070, 18080, 18090, 18100, 18110, 18120, 18130, 18140, 18150, 18160, 18170, 18180, 18190, 18200, 18210, 18220, 18230, 18240, 18250, 18260, 18270, 18280, 18290, 18300, 18310, 18320, 18330, 18340, 18350, 18360, 18370, 18380, 18390, 18400, 18410, 18420, 18430, 18440, 18450, 18460, 18470, 18480, 18490, 18500, 18510, 18520, 18530, 18540, 18550, 18560, 18570, 18580, 18590, 18600, 18610, 18620, 18630, 18640, 18650, 18660, 18670, 18680, 18690, 18700, 18710, 18720, 18730, 18740, 18750, 18760, 18770, 18780, 18790, 18800, 18810, 18820, 18830, 18840, 18850, 18860, 18870, 18880, 18890, 18900, 18910, 18920, 18930, 18940, 18950, 18960,

En base a las tablas de propiedades de los canales de acero, se encuentra que el canal 5 MT 12 satisface esa condición y tiene el ancho suficiente para soportar los tubos de soporte teniendo un peso de 5.07 kg/m.

Para las otras etapas el momento y por lo tanto el módulo de sección serán exactamente de la mitad; es decir

$$S_2 = S_3 = S_4 = \frac{S_1}{2} = 1.667 \text{ cm}^3$$

El perfil 3 MT 12 satisface el módulo de sección, teniendo un peso de 3.84 kg/ml. Aclarando que excede por mucho el requerimiento, pero se considera adecuado por tener el ancho suficiente para sostener los tubos.

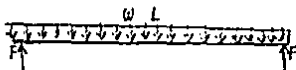
3.4 Diseño de los tubos estructurales.

En la primera etapa las fuerzas transmitidas por los soportes a los tubos serán:

$$F_2 = \frac{56.8 \text{ Kg.m}}{1.2 \left[1 + \frac{(0.6)^2}{1.2} \right]} = 37.9 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = F_2 \left(\frac{r_1}{r_2} \right) = 18.95 \text{ Kg.}$$

Esta fuerza se transmitirá al tubo, luego el tubo impulsará las placas ya que estará en contacto en toda su longitud; dando como resultado un diagrama como el que se muestra:



Donde: F_1 & F_2

WL ; Resultado de F

Se hacen los cálculos para el tubo:

$$WL = 2F \quad W = \frac{2F}{L}$$

$$\text{Momento máximo: } M_t = \frac{WL^2}{8} = \frac{2F}{L} \left(\frac{L^2}{8} \right)$$

$$M = \frac{FL}{4} \quad S = \frac{M}{\sigma_b}$$

Para la fuerza mayor F_2 en la primera etapa, se diseña un tubo:

$$M = \frac{\{37.9 \text{ Kg}\} \{2.7 \text{ m}\} \{100 \text{ cm/m}\}}{4} = 10,233 \text{ Kg.cm.}$$

4

Se trata de un tubo sólido, sin soldadura, por lo tanto el esfuerzo permisible será también de 1722 Kg/cm^2 y el módulo de sección requerido será:

$$S = \frac{M}{\sigma_b} = \frac{10,233 \text{ Kg.cm}}{1,722 \text{ Kg/cm}^2} = 5.94 \text{ cm}^3$$

$$S = 0.36 \text{ pul.}^3$$



PIPE

Dimensions and properties

Dimension				Weight per foot Lbs. Plain Ends	Properties			
Nominal Diameter in.	Outside Diameter in.	Inside Diameter in.	Wall Thickness in.		A in. ²	I in. ⁴	S in. ³	r in.
Standard Weight								
1/2	.840	.622	.109	.85	.250	.017	.041	.261
3/4	1.050	.824	.113	1.13	.331	.027	.071	.334
1	1.315	1.049	.123	1.68	.494	.037	.133	.421
1 1/4	1.660	1.380	.140	2.27	.669	.195	.235	.540
1 1/2	1.900	1.610	.145	2.72	.799	.310	.326	.623
2	2.375	2.067	.154	3.65	1.07	.666	.561	.787
2 1/2	2.875	2.469	.203	5.79	1.70	1.53	1.06	.947
3	3.500	3.068	.216	7.58	2.23	3.02	1.72	1.16
3 1/2	4.000	3.548	.226	9.11	2.68	4.79	2.39	1.34
4	4.500	4.026	.237	10.79	3.17	7.23	3.21	1.51
5	5.563	5.047	.258	14.62	4.30	15.2	5.45	1.88
6	6.625	6.065	.280	18.97	5.58	28.1	8.50	2.25
8	8.625	7.981	.322	28.55	8.40	72.5	16.8	2.94
10	10.750	10.020	.365	40.48	11.9	161	29.9	3.67
12	12.750	12.000	.375	49.56	14.6	279	43.8	4.38
Extra Strong								
1/2	.840	.546	.147	1.09	.320	.020	.048	.250
3/4	1.050	.742	.154	1.47	.431	.045	.085	.321
1	1.315	.957	.179	2.17	.639	.106	.161	.407
1 1/4	1.660	1.278	.191	3.00	.881	.242	.291	.524
1 1/2	1.900	1.500	.200	3.63	1.07	.391	.412	.605
2	2.375	1.939	.218	5.02	1.48	.868	.731	.766
2 1/2	2.875	2.323	.276	7.66	2.25	1.92	1.34	.924
3	3.500	2.900	.300	10.25	3.02	3.89	2.23	1.14
3 1/2	4.000	3.354	.318	12.50	3.68	6.78	3.14	1.31
4	4.500	3.826	.337	14.98	4.41	9.61	4.27	1.48
5	5.563	4.813	.375	20.78	6.11	20.7	7.43	1.84
6	6.625	5.761	.432	28.57	8.40	40.5	12.2	2.19
8	8.625	7.625	.500	43.39	12.8	106	24.5	2.88
10	10.750	9.750	.500	54.74	16.1	212	39.4	3.63
12	12.750	11.750	.502	65.42	19.2	362	56.7	4.33
Double-Extra Strong								
2	2.375	1.503	.436	9.03	2.66	1.31	1.10	.703
2 1/2	2.875	1.771	.552	13.69	4.03	2.87	2.00	.844
3	3.500	2.300	.600	18.58	5.47	5.99	3.42	1.05
4	4.500	3.152	.674	27.54	8.10	15.3	6.79	1.37
5	5.563	4.063	.750	38.55	11.3	33.6	12.1	1.72
6	6.625	4.897	.864	53.16	15.6	66.3	20.0	2.06
8	8.625	6.875	.875	72.42	21.3	162	37.6	2.76

The listed sections are available in conformance with ASTM Specification A53 Grade B or A501. Other sections are made to these specifications. Consult with pipe manufacturers or distributors for availability.



STRUCTURAL TUBING

Square

Dimensions and properties

DIMENSIONS				PROPERTIES			
Nominal* Size in.	Wall Thickness in.	Weight per foot Lb.	Area in. ²	I in. ⁴	S in. ³	r in.	
8 x 8	.6250 .5000 .3750 .2500 .1875	56.98 47.35 36.83 26.99 19.41	16.8 13.9 10.8 7.81 5.71	142. 124. 102. 88.1 71.4	35.5 31.1 25.4 22.0 14.3	2.91 2.99 3.06 3.10 3.13 3.17	
7 x 7	.5000 .3750 .2500 .1875	40.55 31.71 22.01 16.85	11.9 9.33 6.48 4.96	79.2 65.6 48.1 37.7	22.6 18.8 13.7 10.8	2.58 2.65 2.69 2.76	
6 x 6	.5000 .3750 .2500 .1875	34.48 27.04 20.92 14.41	10.1 7.95 6.72 4.24	48.6 40.5 31.5 23.5	16.2 13.5 9.95 7.83	2.19 2.26 2.29 2.35	
5 x 5	.5000 .3750 .2500 .1875	27.68 21.94 16.77 12.42	8.14 6.45 5.16 3.49	25.7 22.0 19.5 13.2	10.3 8.80 7.81 5.28	1.78 1.85 1.88 1.95	
4 x 4	.5000 .3750 .2500 .1875	20.88 16.84 12.52 8.91	6.14 4.95 4.27 2.74	11.4 10.2 9.23 6.47	6.70 5.10 4.61 3.24	1.36 1.44 1.47 1.54	
3 1/2 x 3 1/2	.2500 .1875	10.50 8.14	3.09 2.39	5.29 4.29	3.02 2.45	1.31 1.34	
3 x 3	.2500 .1875	8.80 6.86	2.59 2.02	3.16 2.60	2.10 1.73	1.10 1.13	
2 x 2	.2500 .1875	5.40 4.31	1.59 1.27	.766 .668	.766 .668	.694 .726	

* Outside dimensions across flat sides.

† Non-compact section for $F_y = 36$ ksi and $F_y = 48$ ksi, bending only.

‡ Non-compact section for $F_y = 48$ ksi, bending only.

Sections subjected to axial compression or compression due to bending should be checked for compliance with Specification Sect. 1.3.2.2.

En base al Manual of Steel Construcción de AISC, un tubo de 2 1/2 pul de diámetro nominal, satisficará el módulo de sección, teniendo un peso de 5.79 lbs/pie igual a 8.28 Kgs por metro.

Ahora para la fuerza F, en la primera etapa, el módulo de sección requerido será de exactamente la mitad, es decir:

$$S = 0.18 \text{ pul}^3$$

En base al mismo manual, el tubo con diámetro nominal de 1 1/2 pul satisface la condición, teniendo un peso de 2.72 lbs/pie = 4.05 Kgs/m.

A continuación se diseñan los tubos requeridos para los soportes de la segunda a la cuarta etapa.

Las fuerzas serán exactamente iguales a la mitad de la existente en la primera etapa y la longitud de los tubos será también la mitad.

$$F_2^j = \frac{F_2}{2} = 18.95 \text{ Kg} \quad F_1^j = \frac{F_1}{2} = 9.48 \text{ Kg.}$$

El momento para la fuerza mayor será:

$$M = \frac{F_2^j L}{4} = \{18.95 \text{ kg}\} \{1.35\text{m}\} \{100 \text{ cm/m}\} = 2558 \text{ Kg.cm}$$

El módulo de sección requerido será:

$$S = \frac{M}{\sigma_f} = \frac{2558 \text{ Kg. cm}}{1722 \text{ Kg/cm}^2} = 1.49 \text{ cm}^3$$

$$S = 1.49 \text{ cm}^3 = 0.09 \text{ pul}^3$$

Se requiere un tubo con un diámetro nominal de 1 1/4" el cual tendrá un peso de 2.27 Lbs/pie igual a 3.38 Kg/m.

Para el otro tubo se tendrá exactamente la mitad del momento y por lo tanto, se requerirá un módulo de sección exactamente de la mitad, es decir:

$$S = 0.045 \text{ pul}^3$$

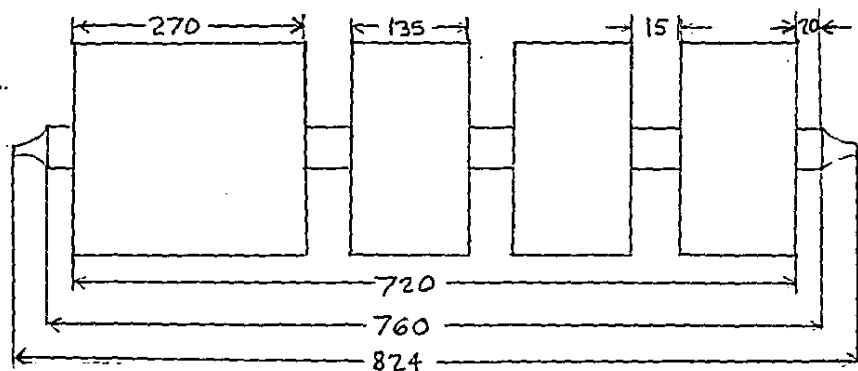
Se selecciona un tubo de 3/4" de diámetro nominal teniendo un peso de 1.13 Lbs/pie = 1.68 Kg/m.

3.5 DISEÑO DE LA FLECHA CENTRAL.:

La flecha central es el elemento estructural más importante del biodisco; es indispensable hacer el diseño correcto para asegurar que trabaje por lo menos 25 años sin sufrir daños por fatiga.

El proceso se basa en calcular la carga y el máximo-

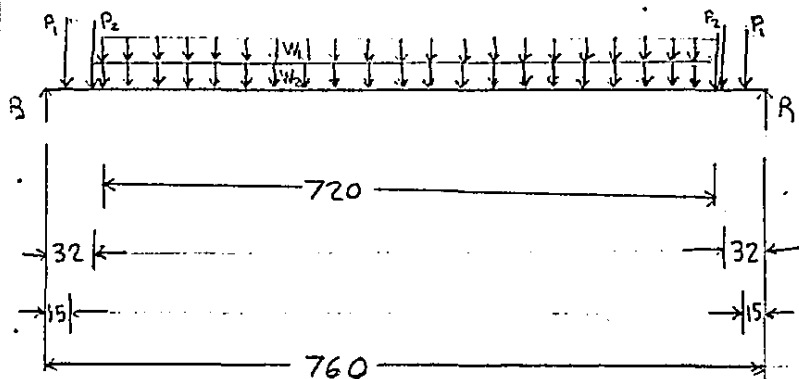
momento en la flecha, el cual se presentará en el centro.
 El arreglo general del biodisco quedará como se muestra -
 en el siguiente esquema:



Se debe de mostrar el diagrama de cargas para así encontrar el esfuerzo existente en la flecha.

Se considerará además que aproximadamente el 40% de las placas estará sumergido, debido a lo cual, la flecha no soportará esta porción de la carga ya que será soportada por efecto de flotación.

El diagrama general de cargas será:



donde:

- W_1 : Carga uniforme operativa del medio plástico, la biomasa y los soportes.
- W_2 : Carga debida al peso de la flecha.
- P_1 : Carga concentrada en la parte exterior de la flecha que reduce el diámetro.
- P_2 : Carga de la misma flecha pero en su parte interior.

Debido a los pequeños espacios existentes entre cada etapa, la carga W_j podrá considerarse uniforme.

La carga W_j estará compuesta de:

- 1) 3367.5 Kgs de Placas de Polietileno.
- 2) La biomasa que se adhiere al polietileno se considera hace una capa de 0.09 pulgadas igual a 0.0023 m en una área de 9230 m² con una densidad relativa de 1.0 resultará en un peso total de 21,100Kgs.
- 3) En total según como se puede deducir de uno de los esquemas anteriores, se requerirán 37.92 mts de canal 5 MT 12 teniendo éste un peso de 5.07 kg/m- resultando 192.2 Kgs.

Además se requerirán 113.76 mts de canal 3 MT 12 los cuales tendrán un peso total de 436.8 Kgs.

Se requieren 21.6 mts. de tubo de 2 1/2 pulgadas representando 178.8 Kgs; La misma longitud de tubo de 1 1/2 pulgadas siendo 87.5 Kgs más.

Se necesitarán además 32.4 metros de tubos de 1 1/4" y 3/4" teniendo un peso entre ambos de 163.9 Kgs.

Estos soportes se atornillarán a unas placas anulares que irán soldadas al tubo en los lugares adecuados; - considérense estas placas con un ancho de 10 cm y un espesor de media pulgada; en total se requerirán 8 de las mismas.

Se calcula el volumen total de las placas y luego su peso.

$$V = \frac{\pi}{4} (0.962^2 - 0.762^2) 0.0127 = 0.0034 \text{ m}^3$$

$$P = (0.0034 \text{ m}^3) (8) (7841.732 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}) = 215.8 \text{ Kg.}$$

La carga total se dividirá entre la longitud efectiva, luego se corregirá por el efecto de flotación y así se obtendrá la carga W_1 .

$$W_1 = \frac{3367.5 + 21,100 + 192.2 + 436.8 + 178.8 + 87.5 + 163.9 + 215.8 \text{ Kg} \times 0.6}{7.6 \text{ m}} = 2032.3 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}$$

La carga W_2 dependerá del espesor de la flecha; como un primer intento considérense un tubo con un espesor de - media pulgada, resultando una carga uniforme de 234.5 Kg/m y un módulo de sección de $5.5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

Las cargas P_1 y P_2 serán muy pequeñas comparadas con las anteriores y su efecto en el momento de la flecha central será poco notorio; sin embargo, podrían considerarse como de 100 y 200 Kgs respectivamente.

Teniendo ya las cargas, se calcula el máximo momento flexionante en el centro del tubo.

$$M = \frac{[2032.3 \text{ Kg/m}](7.6\text{m})(0.25+7.6/4) + [234.5 \text{ kg/m}](7.6\text{m})(0.25+\frac{7.6}{4})}{2} + 100 \text{ Kgs} (0.15\text{m}) + 200 \text{ Kgs} (0.32 \text{ m})^2$$

$$M = 18,598.8 \text{ Kg.m}$$

$$\text{Esfuerzo } F_b = \frac{1859880 \text{ Kg.cm.}}{5508 \text{ cm}^3} = 337.67 \text{ Kg/cm}^2$$

El momento torsional será:

$$T = \frac{[5\text{HP}][1746 \frac{\text{HP}}{\text{HP}}](60 \text{ s/min})(100 \text{ cm/m})}{[1.6 \text{ rev/min}][9.8 \text{ N/Kg}][2\pi \text{ rad/rev}]} = 227200 \text{ Kg.cm}$$

El esfuerzo torsional será:

$$S_s = \frac{TC}{J} = \frac{TC}{2I} = \frac{TC}{2CS} = \frac{T}{2S}$$

$$S_s = \frac{227,200 \text{ Kg.cm}}{[5,508 \text{ cm}^3]2} = 41.25 \text{ Kg/cm}^2$$

Las fórmulas para el esfuerzo combinado: (6)

$$S_p = \frac{1}{2} \left[S_x \pm \sqrt{S_x^2 + 4(S_{xy})^2} \right] = \frac{S_x \pm \sqrt{(S_x)^2 + 4(S_{xy})^2}}{2}$$

$$= \frac{S_x \pm \sqrt{\frac{(S_x)^2 + 4(S_{xy})^2}{4}}}{2} = \frac{S_x \pm \sqrt{\left(\frac{S_x}{2}\right)^2 + (S_{xy})^2}}{2}$$

Dado que $S_y = 0$

Por lo tanto:

$$S_p = \frac{F_b}{2} + \sqrt{\left(\frac{F_b}{2}\right)^2 + (S_s)^2}$$

$$= \frac{337.67}{2} + \sqrt{\left(\frac{337.67}{2}\right)^2 + (41.25)^2} = 342.63 \text{ Kg/cm}^2.$$

Debido a que el tubo se encuentra sujeto alternadamente a tensión y compresión en cada ciclo, el esfuerzo que deberá considerarse será el doble. Esto en base al libro diseño de máquinas de Schaum en la clasificación correspondiente por ser esfuerzo invertivo.

$$ST = 685.27 \text{ Kg/cm}^2.$$

Este es un tubo con soportes anulares soldados, por lo tanto, según la AWS se encontrará en la categoría C -- con un esfuerzo máximo permisible de $6 Ksl = 422 \text{ Kg/cm}^2$; -- por lo que no se satisface esa condición.

Se hará un segundo intento con un espesor de 3/4 pul. Además cabe hacer notar que el esfuerzo torsional resultó

fuente: Diseño de Máquinas Schaum.

despreciable ya que representa menos del 2% del esfuerzo total.

La carga W_2 será ahora de 351.75 Kg/m y tendrá un módulo de sección de 8062 cm^3 .

A continuación se calcula el momento máximo en el -- centro de la flecha:

$$M = \frac{(2032.3 \text{ Kg/m})(7.6\text{m})(0.25 + \frac{7.6}{4} \text{ m})}{2} + \frac{(351.75 \text{ Kg/m})(7.6\text{m})(0.25 + \frac{7.6}{4} \text{ m})}{2}$$

$$+ (100 \text{ Kgs})(0.15\text{m}) + 200 \text{ Kgs} (0.32\text{m})$$

$$M = 19,557 \text{ Kg.m Esfuerzo } F_b = \frac{19,55700 \text{ Kg.cm}}{8062 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 243 \text{ Kg/cm}^2 \quad S_T = 2 F_b = 486 \text{ Kg/cm}^2$$

El cual resulta también demasiado elevado.

Considérese ahora un espesor de 1 pul. el cual representará una carga de 469 Kg/m y un módulo de sección de - 10327 cm^3 .

El momento máximo será:

$$M = \frac{(2032.3 \text{ Kg/m})(7.6\text{m})(0.25 + \frac{7.6}{4} \text{ m})}{2} + \frac{(469 \text{ Kg/m})(7.6\text{m})(0.25 + \frac{7.6}{4} \text{ m})}{2}$$

$$+ (100 \text{ Kgs})(0.15 \text{ m}) + 200 \text{ Kgs} (0.32 \text{ m})$$

$$M = 20,515 \text{ Kg.m Esfuerzo } F_b = \frac{2051500 \text{ Kg.cm}}{10327 \text{ cm}^3}$$

$$F_b = 199 \text{ Kg/cm}^2 \quad S_t = 2 F_b = 398 \text{ Kg/cm}^2$$

El cual es menor a 422 Kg/cm^2 , por lo que se considera adecuado para satisfacer el requerimiento de fatiga.

3.6 DISEÑO DE LOS EJES DE CHUMANCERAS.

Los ejes de las chumaceras deben diseñarse cuidadosamente debido a que se presenta una concentración de esfuerzos en la reducción de diámetro de los mismos.

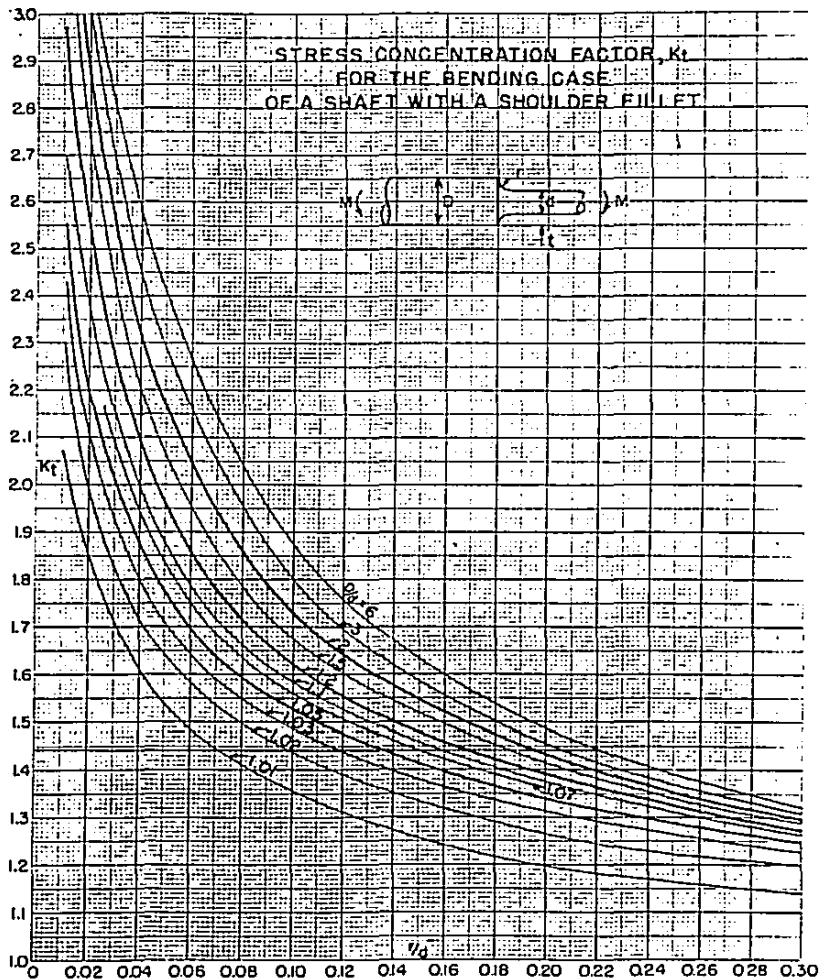
El parámetro gobernante en el diseño será el esfuerzo que el momento aplicado someterá al eje de chumacera en su menor diámetro.

La reacción en cada apoyo podrá calcularse al sumar las cargas totales W_1 y W_2 dividiéndolas entre 2. Se despreja P_1 y P_2 debido a que son muy pequeñas en comparación a W_1 y W_2 .

$$R = \frac{2031.3 + 469 \text{ Kg/m} (7.6\text{m})}{2} = 9505 \text{ Kg.}$$

2

Se consideran 25 cm de distancia al diámetro menor del eje, así el momento podrá calcularse.



$$M_0 = (19505 \text{ Kg.}) (25 \text{ cm}) = 237,675 \text{ Kg.cm.}$$

Se conoce el diámetro mayor del eje de chumacera que es de 30 pul. En base a la Fig. 65 del libro "Stress concentration design factors" de R.E. Peterson. Se puede notar que la máxima relación entre diámetros para la cual es posible encontrar un factor de concentración de esfuerzos confiable es de 6. Por lo tanto, el diámetro menor será de 5 pul = 12.7 cm y el esfuerzo en ese punto será de:

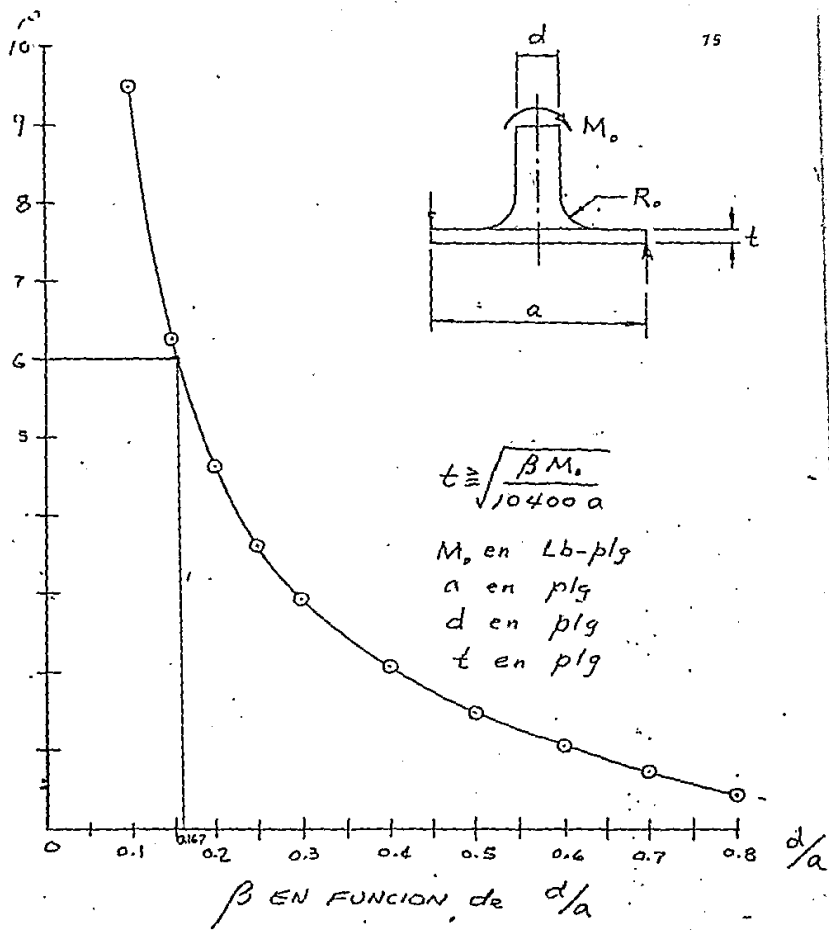
$$F_b = \frac{M K_t}{S} = \frac{M K_t}{\pi d^3 / 32} = \frac{32 M K_t}{\pi d^3} = 1182 K_t \text{ Kg.cm}$$

Debido a que ésta es una base metálica sin soldadura, se encuentra en la categoría "A" y el esfuerzo máximo permisible es de 1722 Kg/cm^2 y por lo tanto el máximo valor de K_t será:

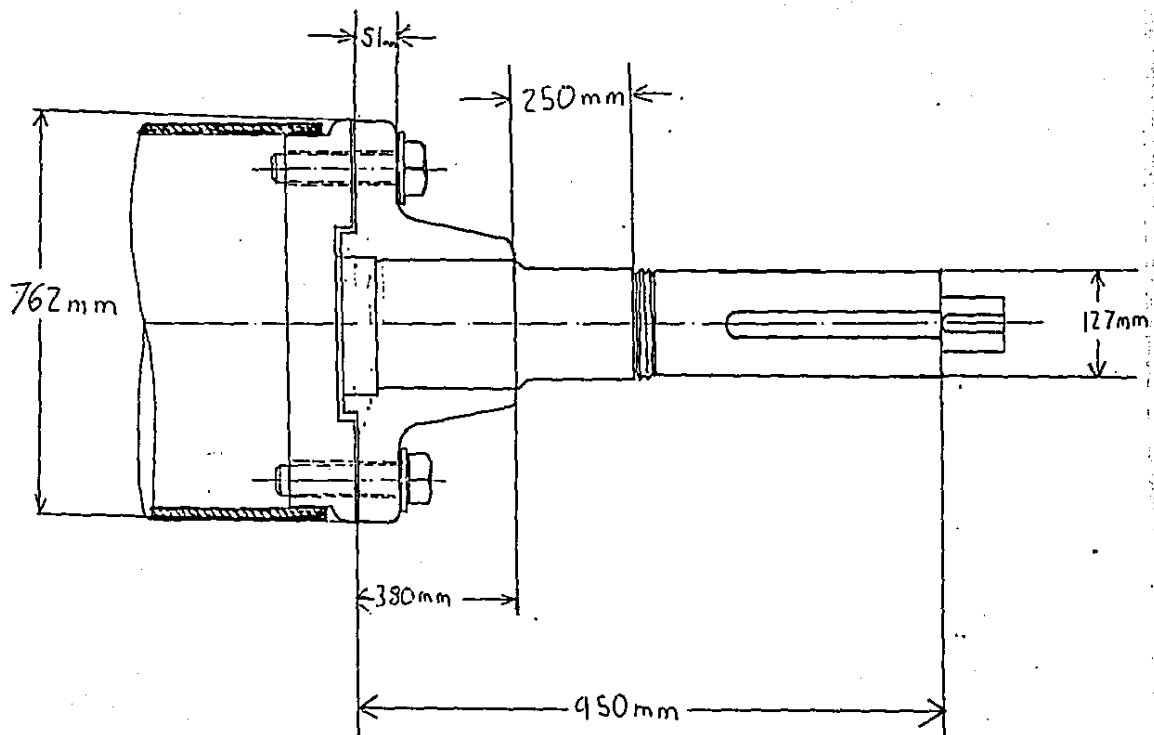
$$K_t \text{ max} = \frac{1722}{1182} = 1.46$$

En la figura 66 del libro mencionado podemos notar que: para una relación de $D/d=6$, $r/d=0.22$ tendremos un factor $K_t = 1.44$ lo cual hace satisfactorio el diseño.

Por lo tanto, los ejes de chumaceras deberán tener -



FUENTE: KOENIG, FORMULAS FOR STRESS AND STRAIN



las siguientes dimensiones: $D = 762 \text{ mm}$, $d = 127 \text{ mm}$, $r = 27.94 \text{ mm}$.

El espesor de la base de apoyo se calcula en la figura No. 11 y según la fórmula resulta:

$$t = \frac{BMO}{\sqrt{104000}} \quad t_2 = \sqrt{\frac{6 (206246 \text{ Lb. pul})}{10400 (30 \text{ pul})}} > 1.99 \text{ pul}; \text{ selecciona } t = 2''$$

Las dimensiones obtenidas se muestran en la Fig. No. 12.

3.7 SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS Y CHUMACERAS.

Se sabe que el diámetro del eje en su parte inferior será de 5 pul, ese será el diámetro del rodamiento requerido. La selección se hace como a continuación se muestra:

La carga total que soportará cada rodamiento será:

$$R = 9505 \text{ Kg} = \underline{93,244 \text{ N}}$$

Debido a que se tiene una carga relativamente grande y a que se necesitará la capacidad de que el rodamiento sea autoaliniante, se selecciona un rodamiento de rodillos a rótula. La carga dinámica equivalente para este tipo de rodillos se calcula según la fórmula:

$$C = D^{3/10} \cdot R$$

Donde:

D: Duración requerida en millones de ciclos.

R: Carga estática que soportará.

Para 25 años a 1.6 rpm la duración será:

$$D = \frac{[1.6 \text{ rev/min}] [60 \text{ min/hora}] [24 \text{ hora/día}] [365 \text{ días/año}] [25 \text{ años}]}{10.}$$

10.

Por lo tanto, la C equivalente será:

$$C = 21 \frac{3}{10} (93244) = 232,427 \text{ N}$$

A continuación, en base a esta capacidad requerida, se debe seleccionar un rodamiento y un soporte para el mismo dado que se conoce el diámetro requerido.

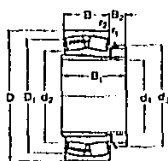
En la página 268 del Catálogo SKF, encontramos los rodamientos requeridos y en las páginas 412 y 413 del mismo, se muestran los soportes. Se sabe que el diámetro del rodamiento será de 125 mm por las dimensiones del eje,

Se localiza el soporte SNA528 para el diámetro del eje que se tiene. Este soporte es el adecuado para un ro-

damiento 22228 CCK/W33; en la página 268, se puede comprobar que la capacidad de carga dinámica de este rodamiento es mayor de la requerida dejando aún un amplio margen. Este rodamiento requerirá el manguito de fijación H3128.

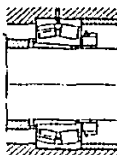
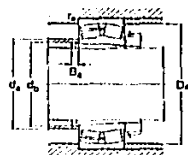
Rodamientos de rodillos a rúla
con manjuto de fijación
d₁ 80-125 mm

80



Ejecución W33

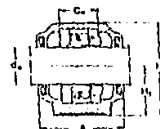
Dimensiones prebates	Capacidad de carga dinám. C	estát. C ₀	Límite de velocidad Lubricación con grasa aceite	Masa Rodam- iento	Manjuto de fijación	Designaciones Rodamien- to	Manjuto de fijación								
								d ₁	D	B	d ₂	D ₁	B ₁	B ₂	d ₃
80	160 40	244 000	183 200	2 600	3 400	3 20	1,35	22218 CCR,W33	H 318						
	160 82,4	311 000	250 200	1 800	2 600	4 40	1,70	23218 CCR	H 319						
	190 43	323 000	243 000	1 900	2 600	5 70	2,00	23218 CCR	H 318						
	163 64	477 000	363 000	1 800	3 400	6 40	1,70	23218 CCR,W33	H 3218						
81	170 43	267 000	212 000	2 400	3 200	3 80	1,53	22219 CCR,W33	H 318						
	200 43	351 000	270 000	1 800	2 400	7 05	2,15	23219 CCR	H 319						
	200 87	416 000	400 000	1 800	2 400	8 80	1,80	23219 CCR,W33	H 3219						
80	180 48	311 000	278 000	2 200	3 000	4 25	1,70	22220 CCR,W33	H 320						
	190 60,3	411 000	342 000	1 700	2 200	6 40	2,15	23220 CCR,W33	H 3210						
	218 47	389 000	340 000	1 700	2 200	8 70	1,70	21226 CCR	H 320						
	218 73	610 000	415 000	1 800	2 200	12 9	2,15	23226 CCR,W33	H 3226						
104	190 56	374 000	320 000	1 800	2 600	5 45	2,25	22222 CCR,W33	H 3222						
	200 53	408 000	320 000	1 800	2 600	8 75	2,20	23222 CCR,W33	H 3222						
	200 89,8	573 000	440 000	1 600	2 000	9 40	2,70	23222 CCR,W33	H 3222						
	240 50	490 000	355 000	1 800	2 000	11 0	2,90	23222 CCR,W33	H 3222						
	240 80	723 000	478 000	1 600	2 000	17 5	2,70	23222 CCR,W33	H 3222						
118	180 48	299 000	263 000	2 000	2 800	4 05	1,95	22224 CCR,W33	H 3024						
	200 62	427 000	380 000	1 800	2 400	7 55	2,65	23224 CCR,W33	H 3124						
	218 58	468 000	378 000	1 800	2 600	8 50	2,55	23224 CCR,W33	H 3124						
	218 76	610 000	520 000	1 500	1 900	11 5	3,20	23224 CCR,W33	H 3224						
	290 86	845 000	670 000	1 400	1 900	21 5	2,70	22224 CCR,W33	H 3224						
118	200 52	374 000	325 000	1 800	2 600	5 90	2,25	22228 CCR,W33	H 3028						
	210 64	498 000	430 000	1 700	2 200	8 25	2,65	23228 CCR,W33	H 3128						
	230 64	532 000	450 000	1 800	2 400	10 3	3,15	23228 CCR,W33	H 3128						
	230 80	690 000	600 000	1 300	1 700	13 5	4,80	23228 CCR,W33	H 3228						
	290 91	878 000	780 000	1 200	1 700	28 0	4,60	22228 CCR,W33	H 3228						
128	210 53	391 000	275 000	1 800	2 400	6 25	2,15	22229 CCR,W33	H 3029						
	220 58	544 000	490 000	1 800	2 000	10 2	3,15	23229 CCR,W33	H 3129						
	250 58	623 000	500 000	1 800	2 200	13 5	4,25	23229 CCR,W33	H 3129						
	250 88	798 000	710 000	1 200	1 600	18 0	5,55	23229 CCR,W33	H 3229						
	300 102	1 130 000	815 000	1 100	1 500	34 0	5,55	22229 CCR,W33	H 3229						



Otras dimensiones										Dimensiones de roscas					Factores de carga		
d ₁	d ₂	d ₃	D ₁	B ₁	B ₂	r ₁	b	K	d ₄	d ₅	D ₄	B ₄	r ₄	ρ	Y ₁	Y ₂	Y ₃
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm				
84	107	120	140	85	18	2	5,5	3	107	96	150	10	2	0,21	2,8	4,4	2,8
	106	120	137	84	18	2	-	-	106	100	150	10	2	0,31	2,2	3,3	2,2
	118	120	143	85	18	2	-	-	118	96	150	7	2,5	0,19	2,8	4,3	2,8
	112	120	160	88	18	3	11,1	8	112	100	178	7	2,5	0,35	1,8	2,8	1,8
81	113	125	149	68	19	2,1	6,3	4,5	113	102	158	8	2	0,24	2,8	4,2	2,8
	124	125	171	68	18	3	-	-	124	102	180	7	2,5	0,19	2,6	3,3	2,6
	118	125	166	80	18	3	11,1	8	118	105	168	7	2,5	0,35	1,8	2,8	1,8
90	119	130	157	71	20	2,1	8,3	4,5	119	108	168	8	2	0,24	2,8	4,2	2,8
	117	130	154	87	20	2,1	8,3	4,5	117	110	168	19	7	0,33	2,8	4,2	2,8
	122	130	182	71	20	3	-	-	122	108	201	7	2,5	0,18	2,6	3,3	2,6
	125	130	178	87	20	3	11,1	8	125	110	201	7	2,5	0,35	1,8	2,8	1,8
104	128	145	158	81	21	2	8,3	4,5	128	117	170	7	2	0,20	2,5	3,4	2,5
	137	145	174	77	21	2,1	8,3	4,5	137	118	188	8	2	0,25	2,7	3,4	2,5
	130	145	170	109	21	2,1	8,3	4,5	130	121	187	17	2	0,33	2,7	3,4	2,5
	147	145	203	77	21	3	-	-	147	118	226	8	2,5	0,18	2,8	3,6	2,8
	140	145	199	105	21	3	13,8	7,5	140	121	226	7	2,5	0,33	1,8	2,8	1,8
118	135	145	164	72	22	2	5,5	3	135	127	170	7	2	0,22	3	4,6	2,8
	139	155	175	88	22	2	8,3	4,5	139	136	190	10	2	0,26	2,4	3,6	2,5
	142	155	187	112	22	2,1	11,1	8	142	129	203	11	2	0,25	2,7	4,1	2,5
	141	155	183	89	22	2,1	8,3	4,5	141	131	203	17	2	0,31	1,8	2,8	1,8
	162	155	217	112	22	3	13,8	7,5	162	131	246	7	2,5	0,35	1,8	2,8	1,8
118	140	155	181	80	23	2	8,3	4,5	140	137	180	8	2	0,23	2,9	4,4	2,8
	148	165	185	92	23	2	8,3	4,5	148	138	200	8	2	0,28	2,4	3,6	2,5
	150	185	201	92	23	3	11,1	8	150	138	218	8	2,5	0,26	2,8	3,6	2,5
	151	165	187	121	23	3	8,3	4,5	151	142	214	21	2,5	0,23	2	3	2
	184	185	224	121	23	4	16,7	8	184	142	242	8	2,5	0,39	1,8	2,8	1,8
125	158	165	191	82	24	2	4,3	4,5	158	147	200	8	2	0,22	3	4,6	2,8
	159	180	198	97	24	2,1	8,3	4,5	159	149	212	8	2	0,28	2,4	3,6	2,5
	166	180	217	97	24	2,1	11,1	8	166	149	212	7	2,5	0,19	2,8	3,6	2,5
	185	180	213	131	24	3	11,1	8	185	153	238	23	2,5	0,33	2	3	2
	175	180	249	131	24	4	16,7	8	175	152	242	8	2,5	0,33	1,9	2,8	1,8

Soportes de pie SNA
para rodamientos con manguito de fijación
d. 90-140 mm

81



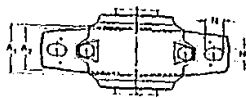
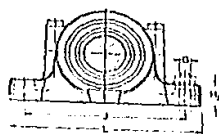
Ejecución TA
con 2 anillos en V
+ arandelas de chips



Ejecución TC
con 2 obturaciones
de labro



Ejecución TG
con 2 obturaciones
de doble labro



Eje dím. d _s	Soporte de pie Dimensiones													Peso	Designaciones Ejecución		
	A	A ₁	A ₂	C _s	H	H ₁	H ₂	J	L	H	H ₁	H ₂	H ₃		TA	TC	TG
mm	mm													kg	-		
90	180	110	95	70	215	112	40	320	380	32	26	24	24	17,0	SNA 820 TA	SNA 820 TC	SNA 820 TG
	185	120	100	80	221	140	45	350	410	32	26	24	24,5	SNA 820 TA	SNA 820 TC	SNA 820 TG	
100	175	120	100	80	228	125	45	350	410	32	26	24	21,0	SNA 822 TA	SNA 822 TC	SNA 822 TG	
	185	120	100	80	231	140	45	350	410	32	26	24	24,5	SNA 824 TA	SNA 824 TC	SNA 824 TG	
110	190	130	110	90	290	150	50	380	445	35	26	24	32,5	SNA 826 TA	SNA 826 TC	SNA 826 TG	
125	205	150	130	98	302	150	60	420	500	42	35	30	47,5	SNA 828 TA	SNA 828 TC	SNA 828 TG	
135	220	160	140	108	323	180	60	450	530	42	35	30	60,5	SNA 830 TA	SNA 830 TC	SNA 830 TG	
140	235	160	140	114	344	170	60	470	550	42	35	30	57,0	SNA 832 TA	SNA 832 TC	SNA 832 TG	

Eje dím. d _s	Componentes adecuados			Grasa (cantidad incluída)	Designaciones de Soporte con obtu- raciones	2 anillos en V o arandelas de chips	2 obtura- ciones de labro	2 obtura- ciones de doble labro	
	Rodamiento	Manguito de Nición	Anillo guía No Designación						
mm	kg								
90	1220 K	H 220	2	FRB 18-120 P	0,90	SNA 820-81F	TBNA 820 A	TSNA 820 C	TBNA 820 G
	2220 K	H 220	2	FRB 12-180 P					
	2220 CCKW33	H 220	2	FRB 12-180 P					
	2220 CCKW33	H 220	1	FRB 8-1780 P					
	2220 CCKW33	H 220	1	FRB 15-215 P	1,00	SNA 824-820	TBNA 820 A	TSNA 820 C	TBNA 820 G
100	1222 K	H 222	2	FRB 21-200 P	0,85	SNA 822-818	TBNA 822 A	TSNA 822 C	TBNA 822 G
	2222 K	H 222	2	FRB 13-200 P					
	2222 CCKW33	H 222	2	FRB 13-200 P					
	2222 CCKW33	H 222	1	FRB 10-200 P					
110	2224 CCKW33	H 224	2	FRB 14-215 P	1,00	SNA 824-820	TBNA 824 A	TSNA 824 C	TBNA 824 G
	2224 CCKW33	H 224	1	FRB 10-215 P					
115	2226 CCKW33	H 226	2	FRB 15-230 P	1,00	SNA 826	TBNA 826 A	TSNA 826 C	TBNA 826 G
	2226 CCKW33	H 226	1	FRB 10-230 P					
125	2228 CCKW33	H 228	2	FRB 15-250 P	1,20	SNA 828	TBNA 828 A	TBNA 828 C	TBNA 828 G
	2228 CCKW33	H 228	1	FRB 10-250 P					
135	2230 CCKW33	H 230	2	FRB 18-270 P	1,50	SNA 830	TBNA 830 A	TBNA 830 C	TBNA 830 G
	2230 CCKW33	H 230	1	FRB 10-270 P					
140	2232 CCKW33	H 232	2	FRB 17-290 P	1,80	SNA 832	TBNA 832 A	TBNA 832 C	TBNA 832 G
	2232 CCKW33	H 232	1	FRB 10-290 P					

Se puegan suministrar tapas laterales para todos los tamaños de soportes. Estas tapas laterales se designan ASHA
según de las cifras que indican la designación del soporte (sin obturaciones) para el cual se precisó dichas tapas.
Por ejemplo ASHA 820-81F.

A partir de los SNA 824-820 inclusive, los soportes tienen una argolla de suspensión.

CAPITULO IV

En este capítulo se hará una descripción a grandes rasgos de los pasos a seguir para ensamblar el biodisco; se tienen ya dimensionados todos los componentes del mismo, por lo que se considera adecuado mencionar en este momento el proceso para construcción.

Al concluir se darán las características y los catálogos de los elementos específicos que integrarán al biodisco-diseñado.

4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO PARA CONSTRUCCION:

La construcción comenzará al montar los ejes de chumancera en la flecha principal; según el detalle que se mostró anteriormente, estos ejes se atornillarán en los extremos de la flecha principal; es muy importante asegurarse de que la línea central del eje de chumancera quede perfectamente alineado con la línea central de la flecha principal.

Esto evitará que los rodamientos sean forzados a compensar desalineaciones excesivas.

El sistema motriz será ensamblado en la planta. El reductor es de flecha hueca; por lo tanto se montará directamente en la flecha motriz con la cuña adecuada. El motor será acoplado al reductor mediante poleas y bandas las cuales se recomiendan en vez de el sistema de cadena y sprocket debido a que estas últimas dan problemas con el baño de aceite que se utiliza para su lubricación, la alineación de la cadena y los ajustes de tensión. Como se habla mencionado anteriormente, se han tomado en cuenta los elementos principales de los cuales se requiere una selección más especializada y que representan un porcentaje importante en el costo del biodisco. Al representar las poleas y bandas un costo muy bajo en comparación con los demás elementos y por ser de fácil selección, no se han tomado en cuenta en el diseño y presupuesto propio del biodisco.

El soporte de las diferentes etapas del medio plástico comenzará a ensamblarse al soldar las placas anulares--mencionados en la flecha central.

Según se muestra en el esquema del capítulo III, las placas serán soldadas a distancias de 20, 290, 305, 440, 445, 590, 605 y 740 cms. del extremo de la flecha central. Colocadas en esos puntos estarán localizadas en los sitios correctos para lograr así colocar la cantidad de placas re

querida en cada etapa. Deberá soldarse con cordón cont -
 nuo en ambos lados de la placa para así asegurarse de que
 la unión entre esta última y la flecha central esté consti
 tuida por una soldadura continua.

Los canales monten de soporte serán cortados en seg -
 mentos de 1.27 y 1.10 m para poder así armar el arreglo. -
 En la parte superior del segmento mayor, se cortará con so
 plete 3 ó 5 pulgadas (según la medida de este), de los la
 dos del mismo para así poder soldar el segmento menor y -
 formar el arreglo. Las láminas de polietileno fueron pre
 viamente moldeadas con perforaciones en los lugares adecu
 dos para ser soportadas por los dos tubos de soporte requ
 ridos en cada arreglo.

En la primera etapa se montarán 100 placas en 2.70 -
 mts. de los tubos requeridos de 2½" y 1½" los cuales se co
 locarán según lo muestra el esquema mostrado anteriormente
 a 1.20 y 0.60 mts. del extremo inferior del canal monten. -
 Estos tubos se soldarán a los canales y todo el arreglo se
 rá montado en la placa anular correspondiente.

: Para las etapas segunda a cuarta, se seguirá un proce
 so similar con las diferencias de que se montarán solamen
 te 50 placas en 1.35 mts. y se utilizarán tubos de 1½" y -

3/4" para los soportes.

Se repetirá este proceso hasta tener completamente ensamblado el biodisco. Estando el conjunto armado, se montará en un tanque de concreto con las dimensiones adecuadas según se mostrará en el esquema de instalación correspondiente al próximo capítulo.

4.2 ESPECIFICACIONES DE LOS ELEMENTOS DEFINITIVOS QUE INTEGRARAN AL BIODISCO.

Se tienen ya las características requeridas para todos los componentes principales. Ahora se requiere seleccionar en particular cada elemento; su fabricante y características propias.

1) Selección del reductor.

El reductor de velocidad será el único elemento que no es fabricado nacionalmente. Es un componente muy importante ya que debe tener un torque muy alto para ser capaz de transmitir la potencia a unas revoluciones tan bajas.

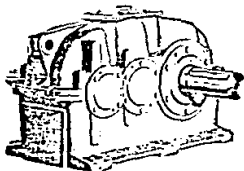
Del catálogo de los reductores Flender Redurex. En su página 26 se pueden notar las características de la po_

REDUREX

86

Interchangeable Components Save Money and Assure Ready Availability

ZN



MANUFACTURING STANDARDS
exceeding AGMA quality 12

INTERCHANGEABLE

Components made in quantity production save time and money.

HELICAL AND BEVEL GEARS

Have tooth form based on the latest scientific findings and calculated with the aid of computing techniques.

RIGID, CORROSION RESISTANT

Cast iron housings, generously sized roller bearings and large diameter internal shafts maintain precise alignment of gears throughout the life of the unit.

REDUREX SHAFT MOUNTED

Gear units with hollow output shafts save space and are easy to adapt and maintain.

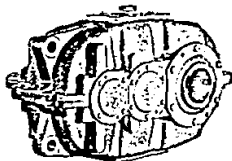
Systematic grading of sizes, center distances, and center heights assure a unit to fit every application.

Quantity production of standardized parts for stock saves you money and assures prompt delivery.

RIGHT HAND OR LEFT HAND UNITS

use same housing and rotating elements.

320



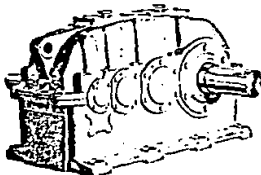
Parallel Shaft Speed Reducers EFFICIENCY

Single reduction	99.0%
Double reduction	98.0%
Triple reduction	97.5%
Quadruple reduction	97.0%

Right Angle Speed Reducers EFFICIENCY

Double reduction	97.5%
Triple reduction	97.0%
Quadruple reduction	96.5%

3DN



SVN



Parallel Shaft Quadruple Reduction Type SV (A)

Mechanical horsepower ratings*

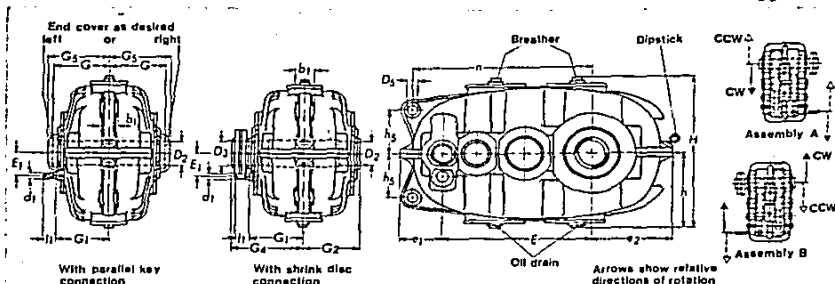
Ratios 100 through 500

Nom Ratio	Input speed	Output approx speed	Gear unit size															
			100	200	225	250	250	320	360	400	450	500	500	600	630	710	800	
100	1750	17.5	-	-	-	-	-	-	-	150	195	285	430	600	810	1150	1650	
	1170	11.7	-	-	-	-	-	-	105	135	195	290	420	580	810	1150	1650	
	870	8.7	-	-	-	-	-	-	77	100	145	225	310	420	630	810	1150	
	720	7.2	-	-	-	-	-	-	64	84	120	185	265	350	510	720	1000	
112	1750	15.6	13.5	22.5	31	43	60	86	120	170	255	380	540	720	1050	1500	2100	
	1170	10.4	8.8	15.5	22	31	42	63	93	120	180	265	380	540	810	1150	1650	
	870	7.8	7.1	11.5	16.5	23.5	31	47	69	91	125	200	290	370	550	780	1050	
	720	6.4	5.9	9.8	14	19	25.5	37	57	76	110	165	240	320	460	660	900	
125	1750	14	13.5	18	27.5	39	54	79	120	155	225	340	480	640	910	1350	1900	
	1170	9.4	9.6	12.5	19.5	27.5	38	55	85	110	155	245	340	450	640	930	1300	
	870	7	7.1	9.3	14.5	20.5	29	41	63	82	115	180	250	330	480	680	980	
	720	5.8	4.6	7.7	12	16.5	23	34	53	68	98	150	210	275	400	570	820	
140	1750	12.5	12.5	16.5	24.5	34	48	69	105	135	200	310	430	570	820	1200	1700	
	1170	8.4	8.8	11.5	17	25	34	49	76	98	140	210	310	400	560	830	1150	
	870	7	6.5	8.5	13	18.5	25	36	56	71	105	155	225	295	420	600	850	
	720	5.8	5.4	7.2	10.5	15.5	20.5	29.5	46	59	87	135	185	245	340	510	720	
160	1750	10.9	11	14.5	21.5	30	42	61	98	120	180	270	380	510	750	1050	1500	
	1170	7.3	7.8	10	15	22	29	43	67	85	120	180	260	360	500	740	1050	
	870	5.4	5.8	7.5	11.5	16.5	23	32	50	63	93	140	200	280	390	550	800	
	720	4.5	4.9	6.2	9.5	13	18	27	41	53	77	120	165	220	320	460	660	
180	1750	9.5	9.9	12.5	19.5	26.5	37	55	85	105	155	240	340	450	660	940	1300	
	1170	6.5	6.8	9	13.5	19.5	26.5	39	60	74	110	165	235	340	460	660	960	
	870	4.8	5.1	6.5	10	14.5	20	29	44	55	85	125	175	235	340	490	700	
	720	4	4.2	5.4	8.4	12	16.5	24	37	45	68	105	150	200	285	410	580	
200	1750	8.8	8.4	11	18	23	33	49	76	98	140	215	310	400	580	840	1200	
	1170	5.9	5.8	7.8	12.5	18.5	22.5	34	53	67	99	150	210	280	410	580	850	
	870	4.4	4.3	5.8	9.3	12	17	25.5	40	50	73	115	165	210	300	430	600	
	720	3.6	3.6	4.9	7.7	10.5	15	22	33	41	62	94	135	175	235	360	510	
224	1750	7.8	7.2	10	15.5	21	30	43	67	85	125	195	275	360	540	760	1100	
	1170	5.3	5.1	7	11	14.5	21	31	47	63	95	145	205	280	410	580	850	
	870	3.9	3.7	5.2	8.2	11	15.5	23.5	35	44	64	100	145	195	280	400	570	
	720	3.2	3.1	4.4	6.8	9	13.5	20	29.5	37	54	85	125	165	230	330	470	
250	1750	7	6.7	9.1	14	18.5	26	39	61	78	110	170	245	320	480	670	950	
	1170	4.7	4.7	6.4	9.9	13.5	19	27.5	43	53	77	120	170	225	340	470	670	
	870	3.5	3.5	4.8	7.3	10	14	20.5	32	40	57	90	130	170	250	350	500	
	720	2.9	2.9	4	6	8.4	11.5	18.5	26.5	33	48	75	105	140	205	290	410	
280	1750	6.3	5.8	7.9	12	16.5	23	34	55	69	99	150	215	290	420	600	850	
	1170	4.2	4.1	5.5	8.9	12	18.5	24.5	39	49	69	105	155	205	290	420	600	
	870	3.1	3	4	6.5	9.7	12	18	28.5	36	51	78	115	150	215	310	430	
	720	2.6	2.6	3.5	5.4	7.2	10.5	15.5	24.5	29.5	44	66	94	125	180	265	370	
315	1750	5.6	5.2	7	11	14	20	31	48	63	88	135	195	260	370	540	760	
	1170	3.7	3.6	5	8	11	14	22	34	44	61	98	135	185	260	380	530	
	870	2.8	2.6	3.8	5.9	7.8	10.5	16.5	25	33	45	71	100	135	190	270	380	
	720	2.3	2.3	3	4.9	6.4	9	13.5	21	27	38	60	85	100	160	230	330	
355	1750	4.9	4.3	6	9.7	12.5	18	27	43	55	79	125	170	230	340	480	670	
	1170	3.3	3	4.2	7	9.4	13.5	19	31	38	55	88	120	165	235	340	480	
	870	2.5	2.2	3.1	5.2	7	9.9	14	22.5	28.5	41	64	90	120	175	250	350	
	720	2	1.9	2.6	4.2	5.8	8.4	12	18.5	24	34	54	76	100	150	210	300	
400	1750	4.4	3.9	5.4	9.1	12	18.5	24.5	39	49	69	105	150	200	290	400	560	
	1170	2.9	2.7	3.8	6.3	8.3	12	17	27.5	35	49	75	105	140	205	280	400	
	870	2.2	2	3	4.7	6.2	8.7	13	21	25.5	37	57	81	105	155	210	300	
	720	1.9	1.7	2.3	3.9	5.1	7.2	10.5	17.5	21	30	48	67	87	125	175	250	
450	1750	3.8	3.4	4.8	7.5	10.5	15	20	32	43	60	97	140	185	260	370	510	
	1170	2.6	2.4	3.3	5.5	7.4	10.5	14	22.5	31	42	61	97	130	180	260	370	
	870	1.9	1.9	2.5	4	5.4	7.9	10.5	17	22.5	31	51	73	98	140	195	280	
	720	1.6	1.5	2	3.3	4.5	6.8	9.7	14	18.5	25.5	42	60	81	115	160	230	
500	1750	3.5	3.1	4.3	8.3	9	13.5	19	30	39	54	88	120	165	240	340	480	
	1170	2.3	2.2	3	4.4	6.3	9.8	12.5	20.5	27.5	38	61	88	115	165	235	330	
	870	1.7	1.7	2.3	3.3	4.7	7.1	9.3	15	20	28	47	65	85	125	180	260	
	720	1.4	1.4	1.9	2.7	3.9	5.9	7.7	12.5	16.5	22.5	38	54	71	100	150	210	

* Refer to thermal horsepower rating table for thermal capacity of basic units.

REDUREX Parallel Shaft Speed Reducers Type SVO Quadruple Reduction Shaft mounted

88



Type SVO Size	High Speed Shaft +			Low Speed Shaft w			Hollow Shaft										
	d1	l1	Key	d1	l1	Key	D1	D2	D3	E	G1	G2	h	H	E1		
180	.625	1.19	3/16 X 3/16	.562	1.19	1/4 X 1/4	3.938	4.312	4.688	15.55	8.71	8.91	8.35	18.93	2.48		
200	.750	1.38	3/8 X 3/8	.625	1.19	3/8 X 3/8	4.312	4.688	5.000	17.32	6.30	6.50	9.37	18.66	2.78		
225	.875	1.38	3/8 X 3/8	.750	1.38	3/8 X 3/8	4.688	5.000	5.312	19.57	6.69	6.89	10.16	20.55	3.15		
250	.938	1.58	1/2 X 1/2	.875	1.38	3/8 X 3/8	5.000	5.312	5.625	21.85	7.48	7.67	11.20	22.84	3.54		
280	1.125	2.00	1/2 X 1/2	.938	1.58	3/8 X 3/8	5.312	5.625	5.938	24.41	8.27	8.46	12.84	25.91	3.94		
320	1.250	2.38	1/2 X 1/2	1.125	2.00	1/2 X 1/2	6.688	7.000	7.312	27.76	9.06	9.24	14.21	28.66	4.41		
Ratios 100 - 140			Ratios 160 - 250			Ratios 280 - 500											
380	1.500	2.38	3/4 X 3/4	1.250	2.38	3/4 X 3/4	1.125	2.00	3/4 X 3/4	7.125	6.688	6.888	11.02	15.87	31.07	4.92	
400	1.688	2.75	3/4 X 3/4	1.500	2.38	3/4 X 3/4	1.250	2.38	3/4 X 3/4	7.675	7.500	7.688	11.42	17.64	33.91	5.51	
450	1.875	3.12	3/4 X 3/4	1.688	2.75	3/4 X 3/4	1.500	2.38	3/4 X 3/4	8.662	8.688	8.888	12.60	19.98	38.84	6.30	
Ratios 100 - 180			Ratios 180 - 250			Ratios 280 - 500											
500	1.875	3.12	1/2 X 1/2	1.608	2.75	3/4 X 3/4	1.500	2.38	3/4 X 3/4	10.250	9.625	9.825	13.98	14.98	22.05	44.17	7.09
580	2.375	4.12	3/4 X 3/4	2.188	3.58	1/2 X 1/2	1.875	3.12	1/2 X 1/2	11.812	11.250	11.450	15.75	16.73	24.80	49.69	7.87
630	2.562	4.12	3/4 X 3/4	2.375	4.12	1/2 X 1/2	1.875	3.12	1/2 X 1/2	13.375	12.812	13.012	17.72	18.50	27.40	54.80	8.88
710	2.938	4.75	3/4 X 3/4	2.562	4.12	3/4 X 3/4	2.188	3.58	1/2 X 1/2	14.562	14.000	14.200	19.69	20.87	30.75	61.50	9.84
800	3.125	5.50	3/4 X 3/4	2.750	4.75	3/4 X 3/4	2.562	4.12	3/4 X 3/4	16.125	15.562	15.762	22.64	23.82	34.78	69.53	11.02

Type SVO Size	a1	e1	G1	Shank disc type A	b1	D1	h1	n	r	Weight lb	Oil capacity U.S. gallons
180	4.28	8.23	-	-	1.38	.984	5.12	18.70	1.02	390	2.6
200	5.04	9.37	-	-	1.77	1.181	5.71	20.87	1.18	540	3.7
225	5.55	10.35	-	-	1.97	1.378	6.30	23.70	1.38	730	5.0
250	6.22	11.54	-	-	2.17	1.575	7.09	26.38	1.58	1000	6.0
280	6.30	12.80	13.19	195-71	2.38	1.575	7.87	28.94	1.58	1400	9.5
320	7.44	14.33	14.76	220-71	2.76	1.772	9.06	33.27	1.81	1950	13.0
380	7.40	15.87	15.95	240-71	3.15	1.969	10.24	36.81	2.09	2650	21
400	8.47	17.52	17.72	280-71	3.54	2.165	12.21	40.94	2.17	3650	29
450	9.45	19.88	19.88	300-71	4.13	2.362	12.09	44.08	2.36	5050	40
500	10.91	21.93	21.65	340-71	4.13	2.559	14.57	51.58	2.76	7300	55
580	12.78	24.87	23.62	380-71	4.33	2.758	16.54	57.68	3.15	9700	74
630	13.54	27.32	26.38	420-71	4.33	3.150	18.11	64.96	3.54	12650	100
710	15.75	30.71	28.74	460-71	5.12	3.353	20.47	72.84	3.94	18300	140
800	17.64	34.17	32.48	500-71	5.51	3.937	22.84	81.89	4.33	25350	193

Dimensions in inches

Dimensions are subject to change without notice and not to be used for construction purposes unless certified.

+ Shaft diameters through 1" are held to limits of +.0000", -.0005", over 1" +.0007", -.001".

• Hollow shaft diameters under 4" are held to limits of +.0007", +.0015", 4" and over to +.0007", +.0025".

• Bolt holes D1 through 2" diameter are held to limits of +.0007", +.001" and over 2" +.0007", +.009".

Units are for horizontal hollow shaft mounted operation unless stated otherwise.

Mounting of hollow shaft units see page 48.

▲ Shank discs are used on all hollow shaft units size 280 and larger instead of key connections.

Shank discs are also available for smaller sizes on request.

tencia de salida para los diferentes tamaños y relaciones de reducción. En la misma se puede notar que un reductor-tamaño 280 con una relación de 450 a 1 entregará 6.6 HP de salida a 1.6 rpm el cual, en relación a la potencia del motor de 5 HP ofrecerá un factor de seguridad de 1.32 el cual es suficiente para esta aplicación.

En la página 29 del mismo capítulo se pueden ver las dimensiones del reductor SVO 280 el cual es la versión para montarse en flecha de este tipo de cuádruple reducción.

2) Selección del motor.

El motor será trifásico de 5 HP 220 V para poder ser conectado a una instalación trifásica común de baja tensión.

Este elemento es de fácil obtención tal como es fabricado nacionalmente por SIEMENS, IEM, US y otros.

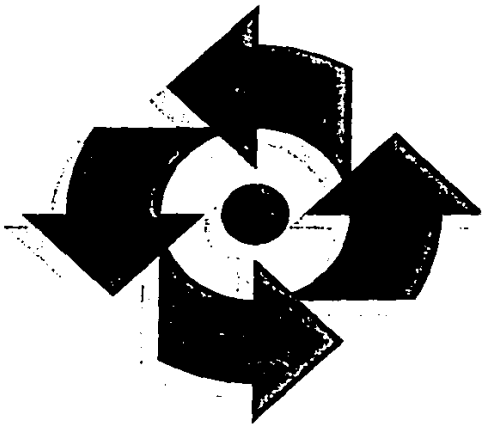
Se anexa un catálogo con las características principales del motor a aplicarse en la instalación.

3) Canales monten.

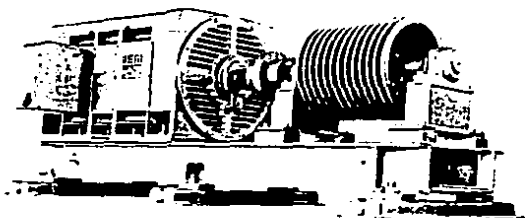
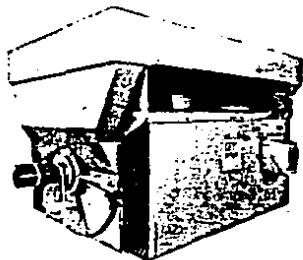
Los canales requeridos 3MT12 y 5MT12 son también de fá

MOTORES

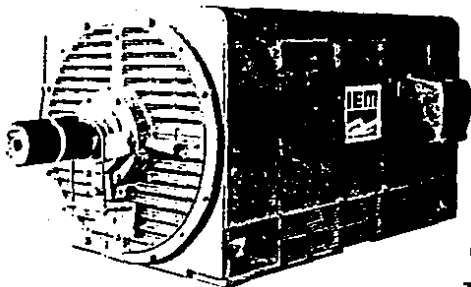
90



**MOTOR A PRUEBA
DE INTEMPERIE
TIPO II - NEMA WP II**



**MOTOR ABIERTO
A PRUEBA DE GOTEADO**



**MOTOR A PRUEBA
DE INTEMPERIE
TIPO I - NEMA WP I**

INTRODUCCION

IEM consciente de las necesidades de la industria, ofrece al mercado esta línea de motores en sus tipos: Abiertos y Protección contra intemperie NEMA WP-I y WP-II.

DESCRIPCION

Las motoras de Inducción Jata de Arzulla, Linea 5000-6800, son diseñadas y construidas para una amplia variedad de aplicaciones a velocidad constante, donde las condiciones no son extremas. Estas motoras poseen un sistema de autoventilación con entradas de aire en las tapas del motor. Los ventiladores del rotor obligan al aire a bañar los cabezales del estator, y a circular por los ductos de ventilación del núcleo magnético, para salir nuevamente a la atmósfera por las ventidas localizadas en los costados del motor. Estas aberturas para entrada y salida del aire, cuando el motor es del tipo protegido contra intemperie, llevan unas rejillas de protección removibles. Estas instrucciones pueden no cubrir todos los detalles y variaciones que existen. En los casos en que se requiere información adicional, esta se puede obtener con nuestro representante más cercano o con nuestro departamento de servicio.

DEFINICIONES

NEMA I(MG)-11, 25 A Construcción de máquina (armazón) a prueba de gotas: "Una máquina a prueba de gotas es una máquina abierta cuyas entradas para ventilación están contruidas, de manera que se impida la entrada de lluvia, nieve y partículas de aire "cargadas", transportadas por el/la a través de la entrada hacia las partes eléctricas, y cuyas aberturas de ventilación están contruidas para prevenir (impedir) la entrada de una barra cilíndrica de 13 mm. (1/2") de diámetro".

NEMA WPI (MG)-1, 1 25 H Tipo I Construcción de máquina (armazón) a prueba de intemperie Tipo Name I: "Una máquina a prueba de intemperie Tipo I es una máquina abierta cuyas entradas para ventilación están contruidas, de manera que se logra minimizar la entrada de lluvia, nieve y partículas de aire "cargadas", transportadas por el/la a través del aire hacia las partes eléctricas, y cuyas aberturas de ventilación están contruidas para prevenir (impedir) la entrada de una barra cilíndrica de 13 mm. (1/2") de diámetro".

NEMA WPII (MG)-1, 1 25 H Tipo II Construcción de máquina (armazón) a prueba de intemperie Tipo Name II: "Una máquina a prueba de intemperie Tipo II es una máquina abierta cuyas entradas para ventilación están contruidas de manera que se logra minimizar la entrada de lluvia, nieve y partículas de aire "cargadas", transportadas por el/la a través del aire hacia las partes eléctricas, y cuyas aberturas de ventilación están contruidas para prevenir (impedir) la entrada de una barra cilíndrica de 13 mm. (1/2") de diámetro. Los pasajes de ventilación, tanto a la entrada como a la salida, deberán estar dispuestos de tal manera que el aire de alta velocidad y partículas de aire "cargadas" sopladas hacia la máquina por temporales o vientos fuertes, pueden ser descargados sin entrar en los pasajes internos de ventilación que van directamente hacia las partes eléctricas de la máquina próximamente

te dicha. La trayectoria normal del aire de ventilación que entra a las partes eléctricas de la máquina, debe ser conducida por medio de deflector en a cuerpos separados de manera que produzcan por lo menos tres cambios de dirección, siendo ninguno de ellos menor de 90°. Además, se deberá preservar la trayectoria del aire de entrada, de una sección de baja velocidad que no exceda los 183 metros por minuto (600 pies por minuto), para minimizar la posibilidad de que se transporte hacia adentro de las partes eléctricas de la máquina humedad o suciedad.

APLICACION

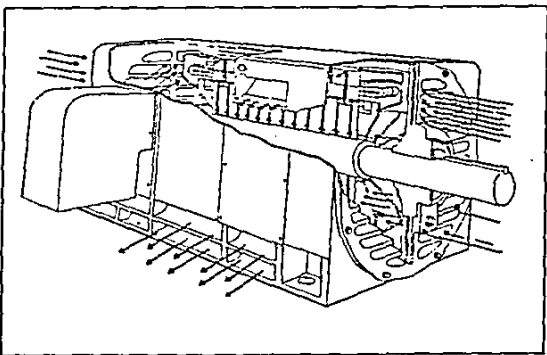
Los motores IEM Linea D, están diseñados especialmente para una amplia variedad de aplicaciones en el campo industrial. Pueden ser suministrados con variadas configuraciones para el accionamiento de bombas, compresores, ventiladores, transportadores y otros equipos. Los diseños estándar son adecuados para arranque a voltaje pleno, como también a voltajes reducidos y proveen un par de arranque normal con corrientes de arranque bajas. Además, se suministran diseños con características especiales en el arranque, inercias especiales y ciclos de trabajo especiales. Los diseños estándar utilizan aislamientos Clase B, con 90°C de elevación sobre una temperatura ambiente de 40°C por resistencia; cuando se requiere Factor de Servicio de 1.15 los diseños se suministrarán con 90°C de elevación por resistencia, operando a esta sobrecarga también con aislamiento Clase B.

VENTAJAS

Fácil Acceso: Cubiertas de inspección, fácilmente removibles en los estados de arranque, permiten el acceso al devanado del estator. La mitad superior de las tapas cuando son bipartidas, se quitan fácilmente para permitir una inspección detallada de la chumacera tipo mangual sin desmontar el motor del equipo movido. Panela bipartida de fibra de vidrio, también fácilmente removible para permitir la inspección y limpieza del devanado. Las tapas que soportan las chumaceras están provistas con una amplia rejilla, mediante la cual se puede observar el funcionamiento del anillo elevador de aceite.

SISTEMA DE VENTILACION.

Silenciosos con un máximo de enfriamiento y un mínimo de ruido, estas características son el resultado de una atención especial al diseño del flujo de aire. Como se muestra en la figura, el aire entra al motor a través de las ventidas de las tapas por ambos extremos y es dirigido a los cabezales de las bobinas del estator por las pantallas de fibra de vidrio retardadas, eliminando así el ruido y la vibración que se presentan al usar pantallas metálicas. El aire después pasa a través de los ductos aislados del núcleo del rotor y estator. Estos ductos se encuentran diseñados entre sí para asegurar un máximo enfriamiento y un mínimo de ruido. Finalmente el aire escapa a la atmósfera a través de las ventidas colocadas en los costados del armazón.



cil obtención en el mercado nacional; las características principales y pesos por metro, se muestran en el catálogo adjunto.

4) Tubos para soportes.

Estos tubos tendrán los diámetros nominales de 2 1/2", - 1 1/2", 1 1/4" y 3/4" según fueron seleccionados y serán del peso estandar para esta tubería. No tendrán ningún tipo de soldadura. Se adquieren con cualquier fabricante de tuberías de calidad.

5) Flecha central.

Este tubo de 30 pul. de diámetro por 7.60 mts. de longitud y una pulgada de espesor, es muy difícil conseguirla de línea. Se recomienda sea construida a partir de lámina de una pulgada y rolarse en algún taller donde se tenga la maquinaria requerida.

6) Ejes de chumanceras.

Estos ejes serán obtenidos a partir de planchón metálico al rebajarlo en una torna. Se proporcionarán las dimensiones al fabricante y cotizará los mismos.

7) Placas anulares para atornillar soportes.

Estos serán también rebajados en un torno sin mayor problema. Su diámetro mayor será de 962 mm; el diámetro menor de 762 mm con un espesor de media pulgada.

8) Rodamientos.

Según se mencionaron los datos completos anteriormente; se utilizará el rodamiento de rodillos a rotula SKF - 22228 CCK/W33 con el manguito de fijación H5128 y un soporte SNA 528.

9) Placas de polietileno.

Estas estarán hechas en segmentos de 45 grados con un radio interior de 38.1 cm y un radio exterior de 1.8 m; incluirán perforaciones a 60 y 120 cm. del extremo inferior en el eje central de la placa para poder ser soportadas por los tubos en el arreglo.

Las dimensiones y características principales se muestran en los siguientes esquemas según podrían ser moldeadas por FLUT de México.

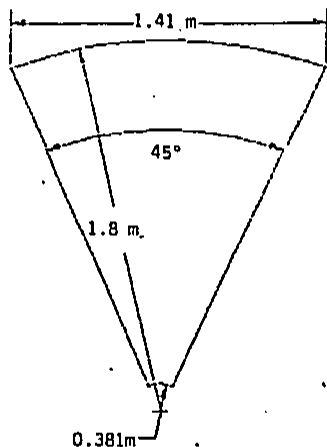
FLÜT

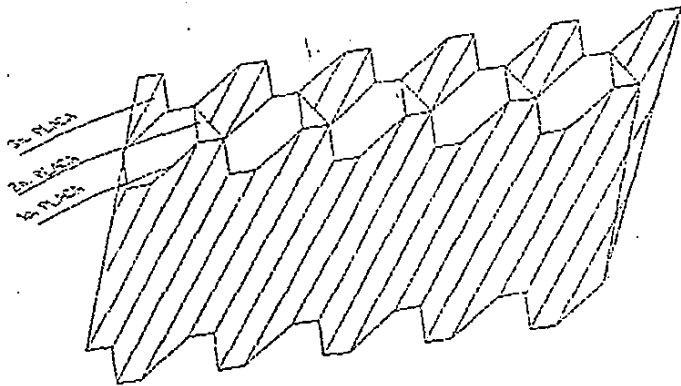
96



* DIMENSIONES DE
LA PLACA TIFOI

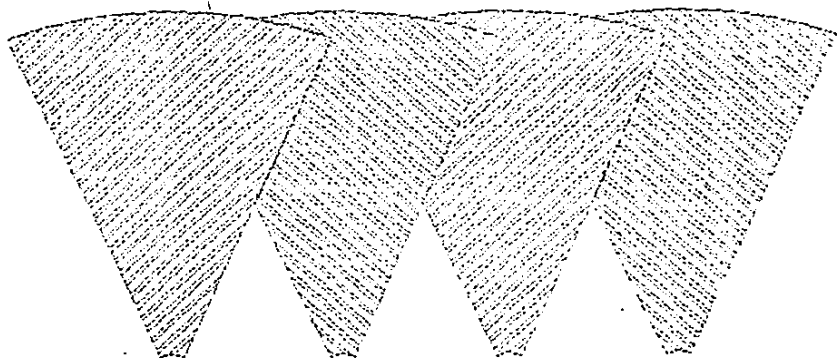
- Material: Polietileno de alta densidad
- Espesor: 25 a 30 Mills.
- Area en proyeccion:





DETALLE DE ARMADO DE PLACAS

Arreglo de Placas (Modulo para Biologicos)



10. PLACA

20. PLACA

30. PLACA

40. PLACA



PLACA TIPO
(V. EN ISOMETRICO)

Estos son los principales elementos que integrarán al biodisco; y las características necesarias para su identificación y obtención.

CAPITULO V

En base a las especificaciones dadas en el capitulo anterior; ahora se presentan las cotizaciones de los elementos en particular que cumplen con esos requisitos.

5.1 COTIZACION DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES.

Las cotizaciones de los elementos que se anexan son:

1) La cotización del Reductor Flender Redurex SVO 280 por Flender de México a un precio de \$ 26,463 Marcos Alemanes los cuales con una paridad de \$ 1,275.00 por marco más un 20% considerado para fletes e impuestos resultan - - - \$ 40'488,390.00.

2) La lista de precios de motores trifásicos de Siemens de México; en donde se puede leer el precio de lista de \$ 1'431,400.00 para el motor de 5 HP trifásico de 4 polos; es decir 1800 rpm. Se puede contar con un 40% de descuento por lo que resulta un costo de \$ 858,840.00.

3) La cotización de Flut de México para las placas de

FAX TO: <u>ICO, S.A. DE C.V.</u>	FROM: <u>FLENDER DE MEXICO, S.A. DE C.V.</u>
	FAX <u>531-6939</u>
TO: <u>ING. FRANCISCO AYALA</u>	DATE <u>DICIEMBRE 12, 1988</u>
FAX NBR.: <u>11 75 44</u>	PAGE <u>1</u> OF <u>1</u>
	FROM: <u>FRANCISCO LAUCHOUARN</u>

REF.: NUESTRA COTIZACION NO. 582.812.003

<u>CTD.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>
1	REDUCCION DE VELOCIDAD FLENDER 230HP MODELO SVO 280, RELACION 450:1.	DM 20.467.

Los precios indicados son en Marcos Alemanes, L.A.R. Puerto 6 Aeropuerto Alemán, incluyendo embalaje. Tiempo de entrega: 2 meses. Condiciones de Pago: Carta de crédito establecida con el Deutsche Bank AG, Sucursal Bocholt, Alemania Federal. Validez de la oferta: 1 mes.

En caso de pedido, éste debe venir a nombre de:

A. FRIEDR. FLENDER AG.,
Bocholt, Alemania Federal,
c/o Flender de México, S.A. de C.V.
Atencamente,
Ing. Francis Lauchouarn D.
Director General

*2

Motores trifásicos

Lista de precios

Siemens SA de CV

Capacidad CP	Polos	Arma- zon NEMA	Catálogo Número	ESTANDAR # PRECIO MNS	Catálogo Número	BRIDA 'C' PRECIO MNS	BRIDA 'D' PRECIO MNS	Catálogo Número	FLECHA NUECA PRECIO MNS
0.5	8	14CT	315936	1,200,100.00		1,265,100.00	1,278,100.00		
0.75	4	14ST	315570	778,100.00	316154	817,000.00	824,800.00		
	6	14ST	315760	1,167,100.00		1,225,500.00	1,237,200.00		
	8	14ST	315948	1,556,400.00		1,634,200.00	1,649,800.00		
1.0	2	14ST	315392	867,200.00	316027	910,600.00	919,200.00		
	4	14ST	315532	841,900.00	316166	884,000.00	892,400.00		
	6	14ST	315772	1,265,600.00		1,326,200.00	1,338,800.00		
	8	182T	315950	1,684,100.00		1,769,300.00	1,785,100.00		
1.5	2	14ST	315405	989,900.00	316039	1,039,400.00	1,049,200.00		
	4	14ST	315584	961,100.00	316178	1,009,100.00	1,018,700.00		
	6	182T	315784	1,441,400.00		1,513,500.00	1,527,900.00		
	8	182T	315962	1,922,200.00		2,019,200.00	2,037,600.00		
2.0	2	14ST	315417	1,104,500.00	316041	1,161,600.00	1,172,700.00		
	4	14ST	315607	1,074,100.00	316186	1,127,800.00	1,138,500.00		
	6	184T	315794	1,616,900.00		1,691,500.00	1,707,600.00		
	8	184T	315974	2,148,400.00		2,255,900.00	2,277,200.00		
3.0	2	182T	315429	1,243,400.00	315239	1,305,500.00	1,318,000.00		
	2	182TCH			316052	1,205,500.00			
	4	182T	315619	1,207,400.00	315242	1,267,800.00	1,279,800.00		
	4	182TCH			316192	1,267,800.00			
	6	213T	315899	1,811,100.00		1,901,700.00	1,919,300.00		

Capacidad CP	Polos	Arrozales NEMA	Catalogo Numero	ESTANDAR PPRECIO MMS	Catalogo Numero	BRIDA "C" PPRECIO MMS	BRIDA "D" PPRECIO MMS	Catalogo Numero	FLUJO HUECA PPRECIO MMS
3-0	8	215T	315926	2,414,500.00		2,535,000.00	2,559,200.00		
5-0	2	184T	315431	1,474,400.00	315291	1,548,100.00	1,562,900.00		
	2	184TCH			316065	1,548,100.00			
	4	184T	315621	1,431,400.00	315260	1,503,000.00	1,517,300.00		
	4	184TCH			316205	1,503,000.00	1,517,300.00		
	6	215T	315811	2,146,900.00		2,254,300.00	2,275,800.00		
	8	254T	315938	2,862,600.00		3,005,700.00	3,034,300.00		
7-5	2	213T	315443	2,161,800.00	316077	2,269,900.00	2,291,500.00		
	4	213T	315633	2,099,000.00	316217	2,203,900.00	2,224,900.00		
	6	254T	315923	3,148,200.00		3,205,700.00	3,337,100.00		
	8	254T	316003	4,197,600.00		4,407,500.00	4,449,500.00		
10-0	2	215T	315455	2,883,700.00	316069	3,027,900.00	3,056,800.00		
	4	215T	315645	2,799,900.00	316229	2,929,900.00	2,967,900.00		
	6	256T	315835	4,199,200.00		4,409,200.00	4,451,200.00		
	8	256T	316015	5,599,200.00		5,879,200.00	5,925,200.00		
15-0	2	254T	315467	4,237,200.00	316091	4,449,000.00	4,491,400.00		
	4	254T	315657	4,113,900.00	316231	4,319,100.00	4,360,700.00		
	6	284T	315947	6,170,600.00		6,479,100.00	6,540,800.00		
	8	284T	326004	8,227,200.00			8,720,800.00		
20	2	256T	315479	6,355,500.00	316104	6,675,200.00	6,736,800.00		
	4	256T	315669	6,170,600.00		6,479,100.00	6,540,800.00		
	6	286T	315859	9,255,500.00		9,710,300.00	9,810,900.00		
	8	324T		12,341,100.00		12,958,200.00	13,081,600.00		
25	2	284TS	315491	6,679,200.00	316116	7,013,200.00	7,089,000.00		
	4	284T	315671	6,464,700.00		6,809,000.00	6,873,800.00	317031	10,730,100.00
	6	324T	315861	9,727,300.00		10,213,600.00	10,310,900.00		
	8	326T		12,569,400.00					
30	2	286TS	315493	7,326,700.00	316128	7,693,000.00	7,766,200.00		
	4	286T	315683	7,113,000.00		7,468,600.00	7,539,800.00	317043	11,301,200.00
	6	326T	315613	10,670,000.00		11,203,500.00	11,310,200.00		
	8	364T		14,226,400.00					
40	2	324TS	315506	8,945,200.00		9,392,400.00	9,481,900.00		
	4	324T	315695	8,684,300.00		9,118,600.00	9,205,400.00	317055	13,387,200.00
	6	364T	315885	13,026,600.00					
	8	365T		17,368,600.00					
50	2	326TS	315518	11,328,200.00		11,894,600.00	12,007,900.00		
	4	326T	315708	10,998,600.00		11,548,500.00	11,658,500.00	317067	14,177,000.00
	6	365T	315897	16,497,600.00					
	8	404T		21,996,700.00					
60	2	364TS	315520	14,506,000.00					
	4	364T	315710	14,083,600.00				318235	17,978,500.00
	6	404T	315900	21,125,500.00					
	8	405T		31,688,100.00					
75	2	365TS	315532	18,037,100.00					
	4	365T	315722	17,511,500.00				315049	22,095,500.00

policetileno a \$ 6647 cada segmento; requiriéndose en total-
8 x 250 = 2000 segmentos haciendo un total de \$15'294,000.00

4) La cotización de Constructora Metálica Mexicana en -
donde se presupuesta la flecha central, los ejes de chumance
ras y las placas anulares de soporte totalizando - - - - -
\$ 9'290,550.00

5) La cotización de IDROSA en donde se presupuestan los
rodamientos, los manguitos de fijación y los soportes requere-
ridos haciendo un total de \$ 3'504,646.00.

6) La cotización de Lámina y Perfiles de Guadalajara pa-
ra los canales 3MT12 y 5 MT12; se consideran 40 mts. de ca-
nal 5MT12 el cual en base a las tablas anteriores tiene un -
peso de 5.07 kg/m y 120 m de canal 3MT12 con un peso de 3.84
kg/m totalizando ambos 663.8 kg. a un costo de \$ 1700/kg re-
sulta \$ 1'128,120.00.

7) La cotización de TUVAPASA de los tubos para soportes;
resultando por todos los tubos \$ 2'435,962.00.

El resumen de todos estos costos y el total se muestran
en la tabla siguiente donde se calcula la inversión total -
aproximada.

FLÜT DE MEXICO, S.A. DE C.V.

INGENIERIA EQUIPOS CONSTRUCCION



COTIZACION A: ICO, S.A. DE C.V.
 CALLE 14 No. 2557
 GUADALAJARA, JAL.

FECHA: DICIEMBRE 17, 1988.

COTIZACION No.: 163

REFERENCIA:

Muy señores nuestros: ATEN.: ING. FRANCISCO AYALA

Nos es muy grato someter a su consideración la siguiente cotización, sujeta a su aceptación dentro de los 30 días siguientes bajo los términos y condiciones que se especifican en el reverso de esta hoja.

Descripción del Artículo	Especificaciones	Precio
PTFO03 LAMINA	Lamina acanalada para tratamiento de agua, termoformada en polietileno de alta densidad partiendo de hoja de 0.030". Segun se muestra en los dibujos anexos.	\$ 6,647.00 + 15% PZA. I.V.A.

IMPORTANTE: Los precios arriba mencionados se aplican para un solo embarque, dentro de los primeros 30 días de su producción.

Moldeo Mínimo 1,000 PZAS.

Acabado incluido: SI NO

Cargo por montaje de molde \$

Por menos de piezas.

Empaque:

NO INCLUYE

Insertos proporcionados por:

Fecha de entrega prevista 30 DIAS POSTERIORES A LA RECEPCION DE SU PEDIDO.

Observaciones: PRECIO LA.-B. MEXICO, D.F. ZONA METROPOLITANA CON MODELO EN MADERA UNICAMENTE SE CORRER EL LOTE PILOTO SOLICITADO POR EL CLIENTE. PARA PRODUCCION SE NECESITA MOLDE DE ALUMINIO
 (Sujeto a corrección por errores de mecanografía)

ATENTAMENTE

F. P. R.

CONSTRUCTORA METALICA MEXICANA, S. A.

CIPRES No. 1932

COL. DEL FRESNO

TELS. 12-05-53 y 12-44-09


107

44900.,

GUADALAJARA, JAL.

COTIZACION

Nº 1065

CLIENTE: ICO, S.A. DE C.V. CALLE 14 No. 2567., Z. I. CIUDAD.	Fecha: 9 ENERO DE 1989 Cotización No. 1065/85.
Obra: BIODISCO	
A cuenta de: MISMOS.	
A la atención de: ING. FRANCISCO AYALA,	
Plazo de entrega: (5) SEMANAS EN ENTREGAS PARCIALES.	
Condiciones de pago: 50% CON SU ORDEN, 50% CONTRA ENTREGA.	
Condiciones de precio: L.A.B. NUESTRA FABRICA.	

E S P E C I F I C A C I O N

ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION	P. U.	IMPORTE
1.-	(1)	PZA	Tubo rolado de acero A-36 de 0.762 m. de ϕ x 7.60 m de longitud de 1 pul, soldadura a tope con penetración completa.	\$7'247,598.-	\$7'247,598.-
2.-	(8)	PZA	Piñones anulares para soportes con ϕ ext. - de 0.962 m ϕ int. de 762 m y un espesor de 1/2".	\$ 80,908.-	\$ 647,264.-
3.-	(2)	PZA	Ejes de Chumacera para montarse en la fecha principal segun dibujo anexo.	\$ 697,844.-	\$1'395,688.-
NOTA: El IVA va por cuenta del cliente y se cargará al facturar.					\$9'290,550.-

Por COMISA:

Conforme:

ING. ALBERTO GUTIERREZ CISNEROS.

El Cliente

IMPORTADORA Y DISTRIBUIDORA DE RODAMIENTOS, S.A. DE C.V.

DR. VELASCO NUM. 43
COL. DOCTORES
DELEG. CUAUHTEMOC
C.P. 06720 MEXICO D.F.

Ventas
588-04-43 761-83-31
Credito y Cobranzas
578-60-25

TELS. 761-41-99
761-52-31
588-98-19
761-69-49
TELEX. 017-71096

NSK
RODAMIENTOS

I C O S A .
CALLE 14 No. 2567.
ZONA INDUSTRIAL.

11 ENERO 1989.

AFIL. ING. FRANCISCO AYALA.



CONOS Y TAZAS
CHUMACERAS

A CONTINUACION LE INFORMO LA COTIZACION DEL MATERIAL
QUE NOS ESTA SOLICITANDO LA CUAL ES LA SIGUIENTE:

2	RODILLOS A ROTULA	2222B-00K/135.	SKF.	3	996, 980.00
2	MANGUITO DE FIJACION.	H-3128.	SKF.	3	155, 970.00
2	SUPORTES DE PIE.	SNA 528.	SKF.	3	599, 373.00



ESTE MATERIAL LO TENEMOS PARA ENTREGA 2 DIAS DESPUES
DE SU CONFIRMACION. ESPERANDO QUE ESTA COTIZACION ESTE EN
MARGEN.

QUISIERA QUEDAR COMO SUS ATENTOS Y S.S.

HOOVER / NSK

A T E N T A M E N T E .

RAFAEL CASTAÑEDA TORRES.

VENTAS.

FA/rcr.

Lamina y Perfiles de Guadalajara, S.A. de C.V.

GOBERNADOR CURIEL NO. 1849

GUADALAJARA, JAL.

TELS. 12-19-20 12-31-84 10-07-34

CODIGO POSTAL 49910

9 DE ENERO DE 1989

ICO S.A.
 ING. FRANCISCO AYALA
 CALLE 14 #2567 ZONA INDUSTRIAL

DE ACUERDO CON SU SOLICITUD A CONTINUACIÓN NOS PERMITIMOS -
 COTIZAR LOS SIGUIENTES MATERIALES :

PART. No.	MATERIAL	PRECIO POR Kg.
40Mts.	CANAL DE 5 M T 12 EN 5 Mts. de LARGO	1,700.00 + IVA
120 Mts.	CANAL DE 3 M T 12 EN 3 Mts. de LARGO	1,700.00 + IVA

A ESTOS PRECIOS HABRA QUE AUMENTALE EL 15 % AL VALOR AGREGADO.



TUVAPASA

TUBERIA Y VALVULAS DEL PACIFICO, S. A.

CALLE 5 No. 975 ZONA INDUSTRIAL APARTADO POSTAL 9-27 TELEX 0684082
 TELS. 12-11-52, 11-90-16, 12-12-57, 11-90-44 Y 10-05-48 44940 GUADALAJARA, JALISCO

Enero 9 de 1989



AT'N. ING. FRANCISCO AYALA.

I C O , S.A.

Nº 2623

COTIZACION

PARTIDA	CANTIDAD	ARTICULO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	21.50 Mts.	Tubo acero s/costura cda. 40 2 1/2"	36,798.	Mt.
2	21.60 "	Idea. pero de 1-1/2"	25,611.	"
3	32.40 "	Idea. pero de 1-1/4"	21,435.	"
4	32.40 "	Idea. pero de 3/4"	12,143.	"
MAS 15% I. S. A.				
SEP 856 404635				

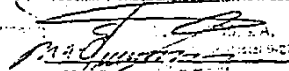
L.A.S. GUADALAJARA.

FORMA DE PAGO Monos 3% a 10 días ó 30 Neto.

TIEMPO DE ENTREGA Inmediato.

PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

TUBERIA Y VALVULAS DEL PACIFICO, S.A.


 Ing. Francisco Ayala
 M. S. A.

EL COSTO TOTAL DEL BIODISCO SE ESTIMA:

1) Motor eléctrico 5 HP TCVF	\$ 858,840.00
2) Reductor Flender SVD 280	\$ 40'488,390.00
3) 2000 Secciones de 45° de placas	\$ 13'294,000.00
4) Flecha central 7.6 m x 30 pul ø x 1 pul.	\$ 7'247,598.00
5) Rodamientos, manguitos y soportes	\$ 3'504,646.00
6) Ejes de chumanceras	\$ 1'395,688.00
7) Canales monten	\$ 1'128,120.00
8) Tubos para soportes	\$ 2'432,962.00
9) Placas anulares para atornillar soportes	\$ 647,264.00
	<hr/>
	\$ 70'997,508.00
Mds 15% de IVA totaliza	\$ 81'647,134.00

Un biodisco de características similares costaría cerca de \$ 40,000 dolares en otros países; a la paridad de -- \$ 2,275.00 por dolar, sería equivalente a \$ 90'920,000.00.

En estas condiciones el biodisco diseñado resulta un tanto alto en su precio debido a que todavía debe agregarse el costo de la mano de obra requerida para su construcción; sin embargo, existen posibilidades de reducir su costo y hacerlo competitivo. De cualquier manera resulta un poco menos costoso que el importado.

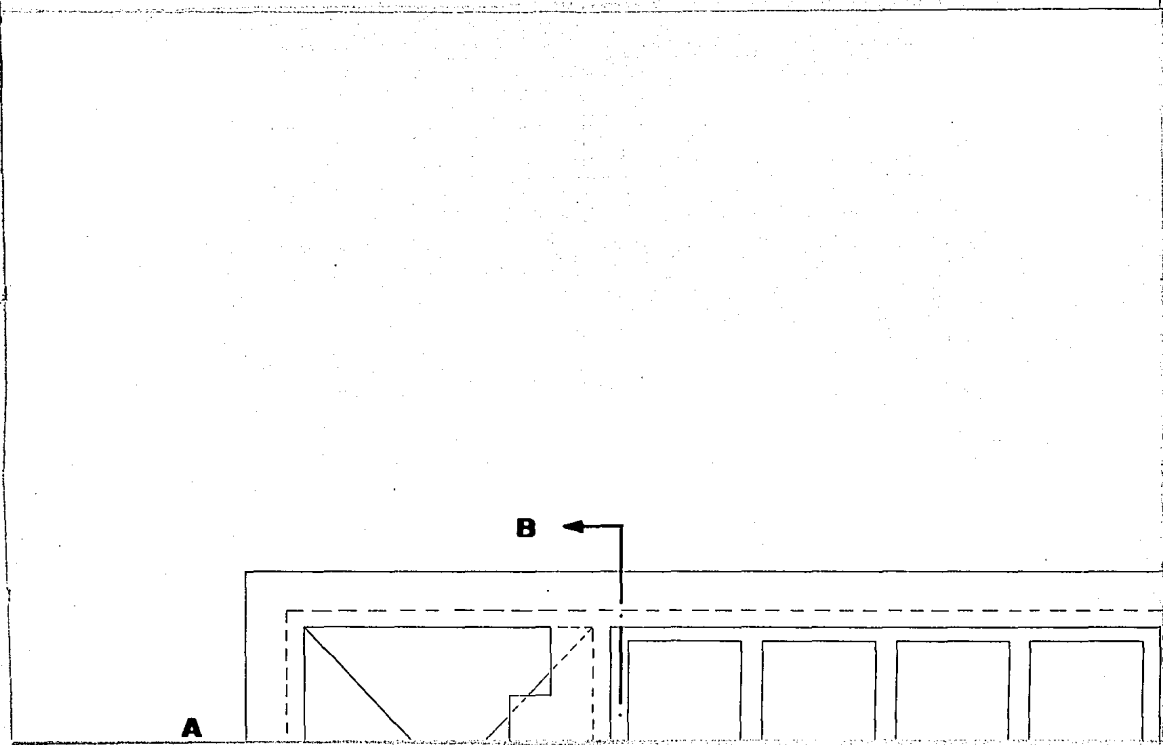
5.2 ESQUEMA PARA SU COLOCACION EN PLANTAS DE TRATAMIENTO.

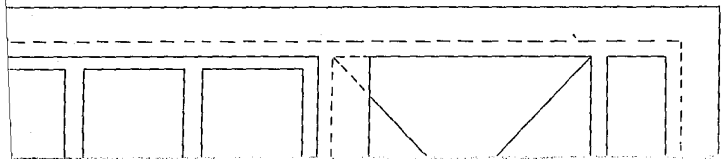
Como fue mencionado en el primer capítulo, el proceso de tratamiento biológico con biodiscos se basa en un sedimentador primario, el biodisco en sí y un sedimentador secundario.

A continuación se muestra un esquema que contiene al biodisco diseñado.

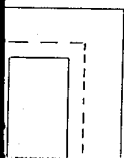
Las dimensiones de los sedimentadores están calculadas para que tengan un tiempo de retención de una hora y cumplan con su función:

- 1) El sedimentador primario recogerá los sólidos asentables.
- 2) El sedimentador secundario recogerá los productos de la reacción biológica ocurrida en el biodisco; el consumo de la materia orgánica por los microorganismos.

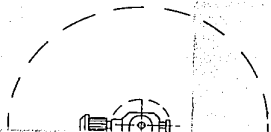


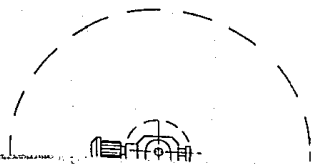


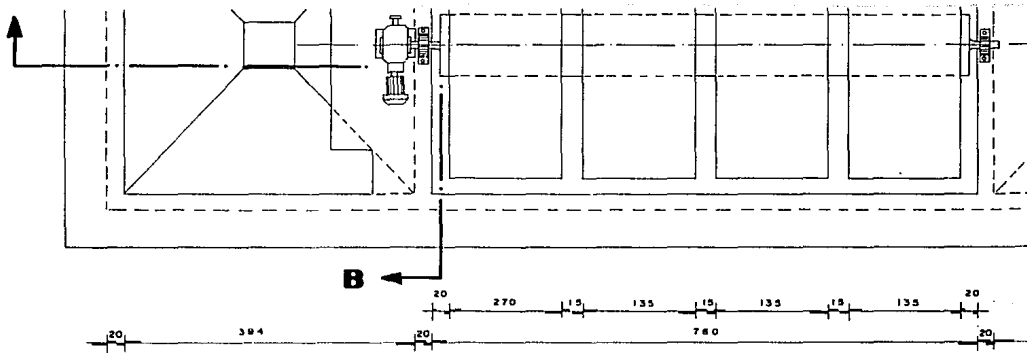
A



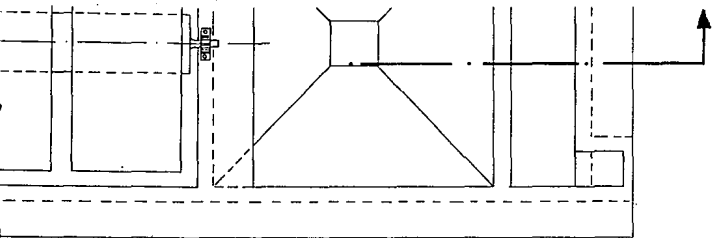
A

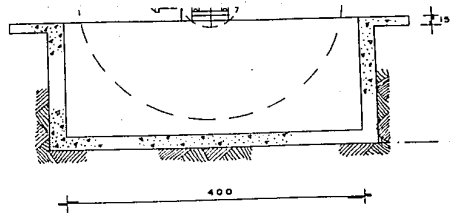
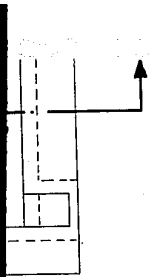




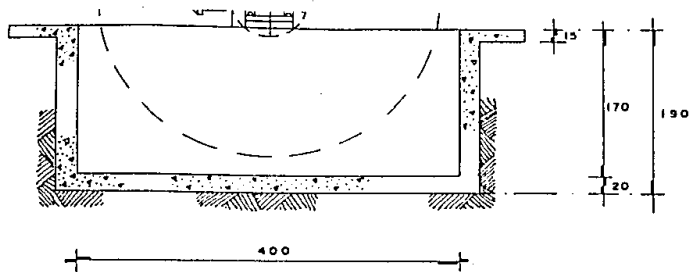


PLANTA

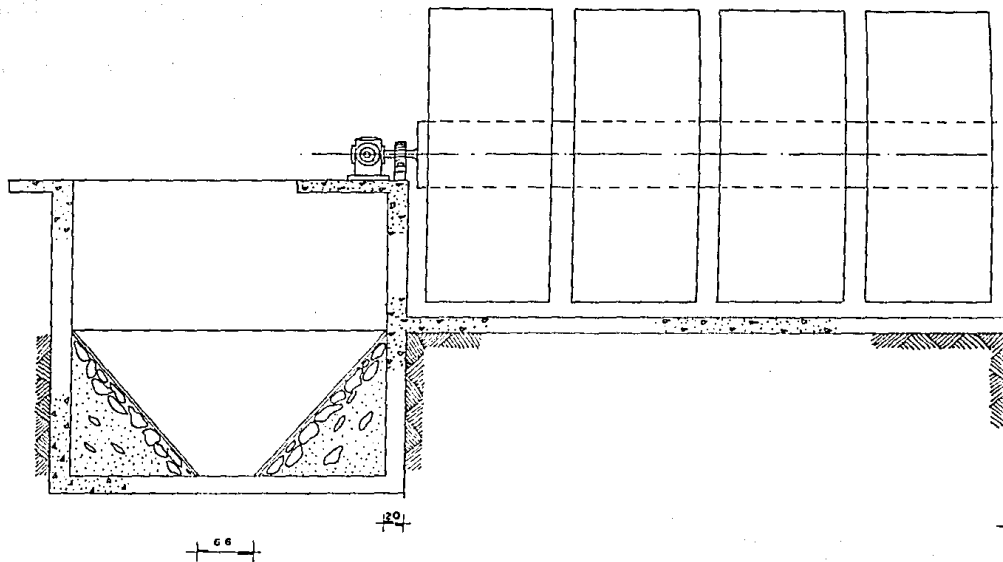




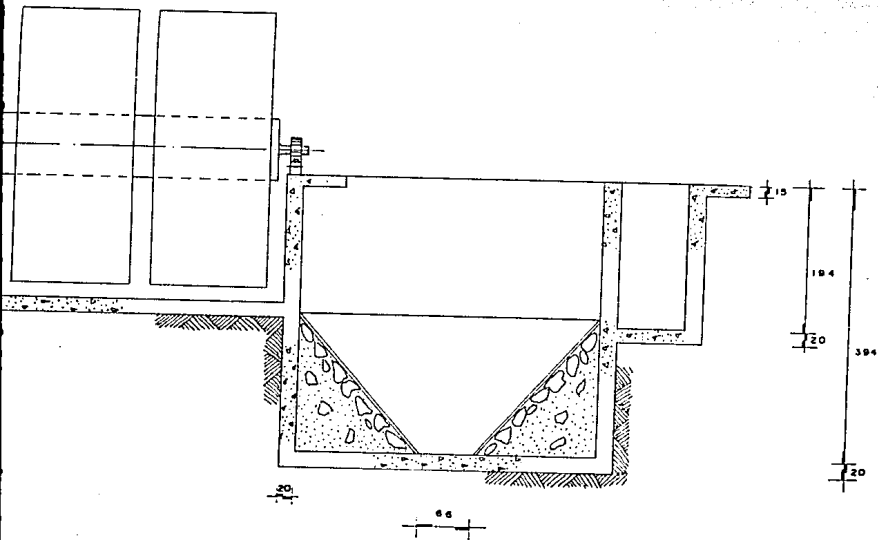
C O R T E B - B

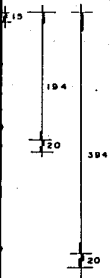


C O R T E B - B



CORTE A-A





APLICACION TIPICA DE UN BIODIGESTOR
DIMENSIONES PARA TRATAR, 1015 m³

APLICACION TIPICA DE UN BIODISCO.
DIMENSIONES PARA TRATAR, 1015 m³/dia.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

Se ha logrado demostrar que con materiales de fabricación nacional (a excepción del reductor), sería posible construir un biodisco para el tratamiento secundario de las aguas residuales.

Este proceso resultaría muy conveniente para nuestro país debido a que requiere muy poco mantenimiento y a la larga resulta económico debido a su muy bajo consumo de energía a pesar de que requiere una inversión inicial un tanto mayor que los procesos tradicionales de tratamiento.

Sería muy positivo que pudiese comenzar la utilización de estos biodiscos en nuestro país. Se pueden utilizar en un amplio rango de aplicaciones; desde pequeñas plantas de tratamiento en paquete hasta grandes plantas donde se colocan hasta 50, 80 ó más biodiscos en paralelo.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) R B C Presubmittal
Walker Process Corporation.
- 2) Operation and Maintenance Considerations in the design
of Rotating biological contactors.
Shamsh A. Jaffer. Metcalf and Eddy, Inc.
Atlanta Georgia, USA.
- 3) Diseño en Ingeniería Mecánica
Joseph E. Shigley
Mc. Graw Hill.
- 4) Diseño de Máquinas
A.S. Hall A.R. Holowenko
Schaum- Mc. Graw Hill.
- 5) Stress concentration design factors
R.E. Peterson.
- 6) Formulas for stress and strain
Roar K.
Mc. Graw Hill.

- 7) *Manual of Steel construction*
American Institute of steel construction
- 8) *Operation and Maintenance of trickling filters, RBC'S*
and related process.
Water Pollution Control Federation.
- 9) *Resistencia de Materiales.*
Ferdinand L. Singer Andrew Pytel
Editorial Harla.
- 10) *Power's Waste Water Treatment report*
Mc. Graw Hill
- 11) *Design of weldments*
Omer W. Blodgett
The James F. Lincoln Arc Welding Foundation
- 12) *Autotrol, wastewater treatment systems design manual*
1978 Autotrol Corporation.