



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-138102- -00000-0000

Fecha: 2013-06-07 11:04:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 112

Industria y Comercio

S U P E R I N T E N D E N C I A

DELEGATURA DE PROPIEDAD INDUSTRIAL

División de Nuevas Creaciones

SOLICITUD PATENTE DE INVENCION

21. **EXPEDIENTE No.** _____

54. **TÍTULO** MÁQUINA HIDRÁULICA PARA BARRAS CAÍDAS

51. **CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL** _____

71. **SOLICITANTE** UNIVERSIDAD DEL VALLE

DOMICILIO CAJUE 13 No. 100-00 Cali

74. **APODERADO** Felipe Eduardo Figuerola Cardozo

22. **BOGOTÁ, D.C.,** 7 de junio de 2013

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO  No. 13-138102- -00000-0000 Fecha: 2013-06-07 11:04:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASOR Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO Act. 411 PRESENTACION Folios: 112	cción
---	---	-------

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SOLICITUD DE PATENTE - NACIONAL

1	TIPO DE SOLICITUD	☒ Patente de invención		☐ Patente de Modelo de Utilidad	
2	TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)			3	CIP Clasificación Internacional de Patentes
MÁQUINA HIDRAULICA PARA BAJAS CAIDAS					
4	SOLICITANTE				
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE		IDENTIFICACIÓN	TIPO
1 UNIVERSIDAD DEL VALLE				810.399.010-6	NIT
5	DATOS DEL SOLICITANTE				
DIRECCIÓN Ciudad Universitaria Meléndez Calle 13 No. 100-00 CIUDAD Cali DEPARTAMENTO/ESTADO Valle PAÍS DE RESIDENCIA Colombia		No. TELÉFONO 032 3315172 CORREO ELECTRÓNICO Patricia.guerrero@correounivalle.edu.co NACIONALIDAD O LUGAR DE CONSTITUCIÓN Colombia			
6	INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria				
APELLIDOS		NOMBRES		NACIONALIDAD	
1. GUILLERMO ANDRÉS JARAMILLO PIZARRO				COLOMBIA	
2. DAVID ESTEBAN ERAZO				COLOMBIA	
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:					
7	DATOS INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria				
PAÍS RESIDENCIA		DEPARTAMENTO/ESTADO		CIUDAD	DIRECCIÓN
1 COLOMBIA		VALLE		CALI	CALLE 13 No. 100-00
2 COLOMBIA		VALLE		CALI	CALLE 13 No. 100-00
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)					
Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja de información complementaria.					
8	☐ REPRESENTANTE LEGAL ☒ APODERADO				
APELLIDOS		NOMBRES		IDENTIFICACIÓN	
FIGUEROA CARDOZO		FELIPE EDUARDO		C.C.16940582 T.P.140243	
DIRECCIÓN		Carrera 3 A No. 30-10 Oficina 205		No. TELÉFONO	315 2849325 01 2826279
CIUDAD		Bogotá D.C.		CORREO ELECTRÓNICO	felipefigueroac@yahoo.com.mx
PAÍS		Colombia		No. RADICACIÓN O PROTOCOLO DE PODER GENERAL	
9	DECLARACIONES DE PRIORIDAD ☐ SI ☒ NO				

2

10	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS		
<i>Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.</i>			
☐ SI ☒ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o numero de registro, expedido por la Autoridad competente.			
11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES		
<i>Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.</i>			
☐ SI ☒ NO			
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado o numero de registro.			
12	REDUCCIÓN DE TASAS		
<i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i>			
☐ SI ☒ NO			
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.			
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐			
Universidades públicas o privadas ☒			
Entidades sin ánimo de lucro ☐			
Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos			
13	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA ☒ SI ☐ NO		
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.			
14	PARA PUBLICAR A PARTIR DE LA FECHA DE PRESENTACIÓN O DE LA PRIORIDAD INVOCADA:		15 COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO
☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 18 meses		☐ 6 meses ☐ 12 meses	Nº 13 - 0054545
☒ Otro Cual: INMEDIATO		☐ Otro Cual:	Fecha 06/06/2013
16	FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL <i>Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)</i>		
FELIPE EDUARDO FIGUEROA CARDOZO C.C. 16940582 T.P. 140.243 C.S de la J.			
17	ANEXOS		
Documentación Técnica		Documentación Jurídica	
1. ☐ Descripción N° de folios:		11. ☒ Poderes, si fuera el caso.	
2. ☐ Reivindicaciones N° Reivindicaciones:		12. ☒ Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante.	
3. ☐ Dibujos y/o figuras N° folios:		13. ☐ Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o numero de registro, si fuera el caso.	
4. ☐ Resumen.		14. ☐ Copia de la licencia o autorización de conocimientos tradicionales, o certificado o numero de registro, si fuera el caso.	
5. ☐ Documento de Prioridad.		15. Reducción de tasas	
6. ☐ Traducción del documento de prioridad.		Micro, pequeñas o medianas empresas	
7. ☐ Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso.		☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.	
8. ☐ Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso.		☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.	
9. ☐ Arte final 12 x 12.		Universidades públicas o privadas	
10. ☐ Anexo formato digital.		☒ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación	
		Entidades sin ánimo de lucro	
		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.	
		☐ Hoja de información complementaria.	
		☐ Otros, especificar	
		16. ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.	
		17. ☐ Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.	
		18. ☐ Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de	

MAQUINA HIDRAULICA PARA BAJAS CAIDAS

Objeto de la Invención:

La presente solicitud de Patente de Invención, se refiere a una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura, en donde por medio del aprovechamiento del caudal del fluido (agua) y su fuerza hidráulica que actúan en dicha maquina, proporcionan energía mecánica para producir energía eléctrica, empleando el potencial hidráulico existente en ríos y pequeñas quebradas donde sus condiciones físicas como su altura no han sido aprovechadas al máximo y que han sido limitante para satisfacer el servicio de energía eléctrica a la población que habita las zonas aledañas a dichos ríos y quebradas, asimismo proveer una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura de bajo costo, eficiente y de fácil construcción que comparados frente a los principales fabricantes de maquinas hidráulicas no proveen, ni ofrecen este tipo de maquinas hidráulicas con caídas menores de 2 metros de altura.

Antecedentes de la Invención:

Dentro del estado de la técnica, se encuentran varios tipos de diseños y configuraciones estructurales de turbinas de agua o comúnmente llamadas turbinas hidráulicas como por ejemplo las tipo Kaplan, tipo Francis y tipo Pelton, la cual se emplean para producir energía mecánica cuando la fuerza hidráulica de un fluido (agua) golpea contra sus palas o alabes produciendo una velocidad angular y un torque, en donde la energía mecánica producida es conducida por medio de un eje que está conectado a un generador eléctrico capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica, en donde dicha transformación se produce por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos en un chasis o armadura llamada estator, dichas turbinas tienen un rango de aplicación para determinados saltos o alturas, la cual se especifican de menor a mayor salto, en primer lugar se encuentra la turbina Kaplan la cual está diseñada para trabajar con saltos de agua pequeños y con grandes caudales, en segundo lugar se encuentra la turbina Francis la cual está diseñada para trabajar con saltos de agua medios y caudales medios y en tercer esta la turbina Pelton la cual está diseñada para trabajar con saltos de agua muy grandes, pero con caudales pequeños (Turbina de acción).

Con base a lo anterior, a través del tiempo se han realizado diversos y múltiples diseños y configuraciones estructurales óptimas a partir de los diseños y configuraciones iniciales de las turbinas hidráulicas tipo Kaplan, tipo Francis y tipo Pelton teniendo en cuenta su propósito específico y claro está sus condiciones físicas como por ejemplo la altura o caída y el caudal del fluido con el fin de obtener óptimamente las mejores condiciones de generación de energía eléctrica.

El señor José Javier Gonzales Enterría junto al señor Encarnación Durio Siloniz oriundos de España, presentaron sus patentes de invención Españolas ES 2005463 (Marzo 1 de 1989) (figura No.1), ES 2018938 (Mayo 16 de 1991) (figura No.2) y ES 2087005 (Julio 7 de 1996) (figura No.3), donde la primera patente de invención describe una maquina hidráulica capaz de aprovechar y transformar la energía de saltos de agua de altura mínima con $H \geq 19$ mm. Dicha maquina hidráulica está compuesta por un rotor alojado en una cámara cilíndrica abierta, donde el rotor esta

constituido por un prisma recto en el que la relación peso/volumen es mínima, asimismo una sección de este prisma se corresponde con un triángulo equilátero cuyos lados están constituidos por el mismo segmento de una misma curva. El prisma esta rematado en sus extremos por discos planos que garantizan la cuasi-estanqueidad con la cámara en la que está alojado. En la segunda patente de invención se describe una maquina hidráulica perfeccionada de aplicación preferente a saltos de agua de altura mínima que se compone de dos cuerpos, el primer cuerpo es un rotor formado por un prisma recto cuya relación peso/volumen es mínima y que adopta una sección hexagonal irregular con tres de sus lados mayores que a los otros tres, perteneciendo los vértices de dicho hexágono a una única circunferencia. El segundo cuerpo de dicha maquina lo constituye una cámara cilíndrica abierta, concéntrica al rotor, la cual abarca un ángulo de aproximadamente 83 grados. La máquina hidráulica perfeccionada tiene una característica fundamental que reside en que su elevado rendimiento para la obtención de energía se produce en los saltos fluviales de altura mínima, y por último la tercera patente de invención describe un estator de maquinas hidráulicas para saltos de agua con altura de salto muy pequeña que por su concepto de diseño y sus condiciones constructivas, permite considerar a la maquina en que se aplique como volumétrica. Dicho estator presenta un perfil longitudinal en que se integra, abarca e incluye, un sector cilíndrico, que constituye la cuna de la maquina y en cuyo eje pueden colocarse rotores prismáticos, cuya sección recta corresponde a cualquier figura. La característica fundamental del estator reside en conseguir y mantener, en su régimen dinámico, una gran estabilidad del par tursor o momento de giro, obtenido sobre el eje de la maquina y una gran uniformidad de la velocidad angular del rotor; así como facilitar el mantenimiento de un régimen laminar en la alimentación del fluido en la máquina, permitiendo su correcto funcionamiento lográndolo acomodar dentro de amplios márgenes de variación del caudal disponible, la altura utilizable y de la potencia que es posible, o que se desea obtener, manteniendo un alto rendimiento en todos los supuestos.

Debe hacerse referencia a las patentes españolas anteriormente enunciadas, ya que en el año 2005 con base a la información divulgada en los diseños y configuraciones constructivas de dichas maquinas hidráulicas, una investigación desarrollada en la Universidad del Valle planteó como punto de partida dicha información para realizar los respectivos estudios y análisis para lograr optimizar y mejorar una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura, (A. CHAMORRO, A. MURILLO, J. A. PALACIOS y G. A. JARAMILLO. CONVERGIA. Análisis hidrostático de una máquina hidráulica para bajas caídas. Universidad del Valle 2005), empleando el potencial hidráulico existente en ríos y pequeñas quebradas donde sus alturas mínimas no han sido aprovechadas, asimismo en proveer una maquina hidráulica para bajas caídas de bajo costo, eficiente y de fácil construcción, con el objetivo de solucionar un problema que se presenta en muchas zonas del país que son zonas no interconectadas (ZNI) a la red eléctrica nacional, la cual carecen del servicio eléctrico y que además cuentan con un potencial hidráulico de ríos y pequeñas quebradas de bajas caídas que no se han logrado aprovechar para la generación de energía eléctrica para las comunidades que habitan dichas zonas no interconectadas (ZNI).

La presente solicitud de patente de invención, está fundamentada en los conocimientos, estudios y análisis de turbo-maquinaria como soporte para revisar, mejorar y optimizar las características en el diseño de las maquinas hidráulicas definidas en las patentes de invención mencionadas anteriormente e igualmente ajustar sus características para solucionar las necesidades en las diferentes zonas

del país (ZNI) para suplir el servicio eléctrico, la presente solicitud de patente de invención fue desarrollada y estuvo a cargo del grupo de investigación Dinámica De Fluidos de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle.

El objeto de la presente solicitud de invención, logra proporcionar una máquina hidráulica para bajas caídas mejorada, perfeccionada, de bajo costo, eficiente y de fácil construcción que sobresale ampliamente con respecto a las patentes de invención españolas ES 2005463, ES 2018938 y ES 2087005, obteniéndose una máquina hidráulica para bajas caídas con un buen funcionamiento, debido a sus parámetros geométricos e hidráulicos en su rotor y su estator, asimismo el buen comportamiento del rotor y la no variación en sus condiciones físicas como el torque y la velocidad angular, igualmente se establecieron criterios para determinar los valores óptimos de las diferentes variables físicas en el diseño y la configuración constructiva de la máquina hidráulica para que efectúe un óptimo desempeño, igualmente la entrada como la salida del fluido (agua) de la máquina hidráulica permanecen constantes durante todo su funcionamiento proporcionando una velocidad angular constante.

También se encontraron varios antecedentes como los siguientes:

La patente de invención Francesa FR 55741 (Agosto 8 de 1923) (figura No.4) del solicitante M. Antoine de Geofroy [FR], describe una turbina por acción de aire superficial, la cual está formada por un tambor liso que tiene unas aletas o alabes y unos segundos alabes o aletas, la parte inferior de la turbina se encuentra abierta para girar y producir el movimiento cuando se ubica en dirección del viento, los segundos alabes o aletas pueden ser ventajosamente dispuestas entre las aletas o alabes junto con el tambor liso, para guiar aún más el flujo de aire que actúa sobre cada aleta o alabe.

La patente de invención Francesa FR 997942 (Enero 1 de 1952) (figura No.5) del solicitante M. Ernest – Emile - August Treil [FR], describe un aéro-motor de alto rendimiento que consiste de un rotor para un motor de aviación que pueden ser de un tamaño tal que la potencia que supera considerablemente otros dispositivos desarrollados que derivan su fuerza impulsora de vientos de empuje fabricados.

La patente de invención Japonesa JP 57028878 (Febrero 16 de 1982) (figura No.6) del solicitante Otsuka Ichitarou [JP], describe un molino de viento vertical con forma de prisma triangular la cual se compone de unas palas o aletas que sobresalen en ángulos determinados en direcciones establecidas de los bordes de un cuerpo en forma de molino de viento como un prisma triangular soportado por un eje en el centro de su cuerpo. El Molino de viento está construido para mejorar su eficiencia, su construcción sea simple y ligera, asimismo que sobresalgan sus palas o aletas en direcciones establecidas desde los bordes del cuerpo del molino de viento en forma de un prisma triangular y soportado por un eje en el centro de su cuerpo.

La patente de invención Estadounidense US 1082883 (Diciembre 30 de 1913) (figura No.7) del solicitante William B. Lefler [US], describe una rueda de potencia impulsada por agua, la cual está diseñada para operar mediante el movimiento de las olas y las corrientes de las mareas, la cual se encuentra flotando en la superficie del mar. La rueda de potencia se compone de un cuerpo que hace de bastidor y plataforma de flotación la cual se encuentra una rueda que tiene unos bolsillos en su perímetro que hacen que el agua se deposite provocando el movimiento en la rueda debido a las olas y la corriente que actúan en el agua provocando que el agua se

introduzca en los bolsillos de dicha rueda.

La patente de invención Estadounidense US 1578835 (Marzo 30 de 1926) (figura No.8) del solicitante L. E. Kothe [US], describe un motor de fluidos que se emplea como molino de viento, rueda de agua o como rotor de turbina, dicho motor de fluidos se compone de un tambor que tiene una pluralidad de particiones llamados bolsillos ubicados cerca al centro del tambor e igualmente extendidos hacia la periferia del mismo, donde a su vez se encuentran unas alas libremente articuladas en los extremos exteriores de dichas particiones donde de dichas alas se mueven en la dirección del viento en vez de ser cerradas por la presión del viento.

La patente de invención Estadounidense US 4076447 (Febrero 28 de 1978) (figura No.9) de los solicitantes Einar Granath Apelvagen y Alf Granath Apelvagen [US], describe un motor de agua de alimentación para ser empujado y adaptado por una superficie de agua ascendente y descendente, por ejemplo el movimiento de las olas. El motor de agua de alimentación cuenta con una o varias ruedas motrices de la cual cada una de ellas tiene definidas una pluralidad de compartimentos en una dirección con el fin de permitir que la rueda gire bajo el agua sin ninguna resistencia apreciable, asimismo la rueda o ruedas están adaptadas para cooperar con un dispositivo ecualizador en forma de un recipiente el cual suministra agua cuando este fluido está en un nivel alto, que a su vez suministra agua a la rueda o ruedas cuando la superficie del agua está a un nivel relativamente bajo.

La patente de invención Estadounidense US 4204795 (Mayo 27 de 1980) (figura No.10) del solicitante William J. Forrest [US], describe un aparato de viento de recolección mejorada empleando la transformación de la energía eólica en movimiento rotatorio o giratorio para impulsar un generador eléctrico o similar. El aparato incluye cuatro aletas de forma semi-cilíndrica para captación de viento, dichas palas o alabes están conectadas a un eje de rotación para girar alrededor de este, asimismo cuenta con unos deflectores de viento que se colocan cerca de las aletas o alabes para dirigir el flujo del viento.

La patente de invención de la Wipo WO 03016710 (Febrero 27 de 2003) (figura No.11) del solicitante Krogsgaard Joergen Christian [WO], describe una planta hidroeléctrica que se emplea para recuperar energía de un flujo de agua que cae por medio de una turbina. La turbina es tubular e incluye una carcasa, una rueda de paletas montada de forma giratoria en dicha carcasa y tiene un eje en la dirección longitudinal de extensión de la carcasa, en donde en dicho eje se fijan una serie de paletas o alabes giratorias de admisión y de salida que define secciones respectivamente en la carcasa. La central hidroeléctrica está especialmente ajustada para las corrientes relativamente pequeñas, asimismo tiene una construcción simple el cual puede ser regulada fácilmente y efectivamente en función del caudal de agua disponible y mantener la eficiencia hidráulica óptima.

Las patentes de invención FR 55741, FR 997942, JP 57028878, US 1082883, US 1578835, US 4076447, US 4204795 y WO 03016710 enunciadas anteriormente, a pesar de que se encuentran dentro del mismo campo tecnológico de la presente invención, no divulgan el mismo objeto de la presente solicitud, debido a que no describen una máquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura que posea un diseño y una configuración constructiva específica para que efectúe un óptimo desempeño e igualmente obtenga parámetros geométricos e hidráulicos en su rotor y su estator para alcanzar un buen funcionamiento y un óptimo comportamiento en sus condiciones físicas como el torque y la velocidad

angular, además manteniendo la entrada como la salida del fluido (agua) de la maquina hidráulica permaneciendo constantes durante todo su funcionamiento proporcionando una velocidad angular constante.

Descripción de la Invención:

El problema técnico objetivo de la presente solicitud, consiste en lograr aprovechar el potencial hidráulico existente en ríos y pequeñas quebradas de bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura, para satisfacer el servicio de energía eléctrica a la población que habita las zonas aledañas a dichos ríos y quebradas, que por lo general se encuentran dentro de las zonas del país que pertenecen a las zonas no interconectadas (ZNI) a la red eléctrica nacional. La presente patente de invención, tiene como objetivo aportar la solución al problema mediante la contribución de un conocimiento para lograr optimizar y mejorar una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura de bajo costo, eficiente y de fácil construcción, empleando el potencial hidráulico existente en ríos y pequeñas quebradas de alturas mínimas para la generación de energía eléctrica y más concretamente enseña una maquina hidráulica que tiene una configuración constructiva específica en sus elementos internos como lo es su rotor y sus elementos externos como su estator, para que efectúe un optimo desempeño, funcionamiento y comportamiento en sus condiciones físicas como el torque y la velocidad angular, además conservando una velocidad angular constante.

Las energías alternativas o renovables se obtienen de fuentes naturales consideradas inagotables. Cada una de estas energías implica diferentes tipos de tecnologías con las cuales se obtiene energía en forma de electricidad, fuerza motriz, calor o combustibles. La energía hidráulica, es un tipo de energía renovable muy utilizada en nuestro país. La producción de energía eléctrica en Colombia, proviene principalmente de la hidroelectricidad, debido a la abundancia de agua en la mayoría de zonas del país, seguida de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando'. (Fredy Castro, "Colombia una potencia de energías alternativas", 2008, (Citado en 20 de Agosto del 2008).

A pesar del gran potencial hidráulico que posee nuestro país (sexto lugar en el mundo), existen muchos ríos y pequeñas quebradas que no han sido aprovechadas, debido a que están ubicadas en zonas donde las demandas eléctricas son bajas como en los llanos orientales o en la costa pacífica y los costos de construcción e interconexión pueden ser elevados. Con la presente invención se pretende lograr optimizar y mejorar un nuevo modelo de máquina hidráulica económica y de fácil construcción nacional que pueda utilizarse para producir energía mecánica y generar energía eléctrica a partir de caudales con caídas inferiores a los 2 metros de altura, las cuales normalmente no son ofrecidas y cubiertas por los principales fabricantes de máquinas hidráulicas en el mundo.

Con base en los diseños y configuraciones constructivas de las maquinas hidráulicas contenidas en las patentes españolas ES 2005463, ES 2018938 y ES 2087005 de los inventores José Javier Gonzales Enterría y Encarnación Durio Siloniz, la Universidad del Valle presenta una solicitud de patente de invención llamada máquina hidráulica para bajas caídas, que puede entregar potencia en su eje utilizando caídas desde 0.1 m (metros) hasta 2.5 m (metros). La máquina es de eje horizontal y está constituida por un rotor hexagonal no regular y un estator semicilíndrico el cual proporciona el rango de caída necesario para su funcionamiento.

El grupo de investigación de Dinámica De Fluidos de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle planteó como punto de partida la información anteriormente divulgada dentro del estado de la técnica, para realizar los respectivos estudios, análisis y etapas para lograr optimizar y mejorar una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura de bajo costo, eficiente y de fácil construcción, la cual se presentan a continuación:

- Análisis matemático y funcional de una máquina hidráulica para bajas caídas con una descripción general de la máquina hidráulica. Interpretación de puntos de referencia, restricciones y suposiciones que se tienen en cuenta para su análisis. Análisis del funcionamiento de la máquina y establecimiento de formulas en función a su ángulo de giro.
- Análisis hidrostático y análisis de modelos geométricos de la máquina hidráulica para bajas caídas, elaborado mediante una hoja de cálculo programada. Análisis de diferentes modelos de la máquina obtenidos al variar los parámetros geométricos de entrada y selección entre todas las configuraciones geométricas evaluadas el modelo de máquina hidráulica que presentan mejores características de funcionamiento como por ejemplo una disminución significativa en la variación del torque. Graficación de la función de torque VS posición para diferentes parámetros geométricos con el fin de obtener la máxima magnitud y uniformidad del Torque.
- Construcción del prototipo de la máquina hidráulica para bajas caídas, presentando el diseño y la configuración constructiva específica de la máquina hidráulica adecuada a un canal basculante pequeño, junto con sus respectivas pruebas en el laboratorio de fluidos de la Universidad del Valle.
- Análisis dinámico de la máquina hidráulica para bajas caídas, en el cual se presenta una interpretación aproximada del comportamiento dinámico de la máquina hidráulica, el cálculo del torque presente en su eje y la relación con el torque hidrostático calculado, además el análisis de los resultados de las pruebas experimentales y comparación de los resultados obtenidos en el análisis analítico elaborado.

1. Análisis matemático y operacional de una maquina hidráulica para bajas caídas:

1.1 Descripción general de la máquina hidráulica a analizar.

La máquina hidráulica (10) para bajas caídas está conformada por los siguientes elementos:

Rotor (1): Volumen prismático con sección hexagonal no regular (dos lados consecutivos (2', 2'') tienen diferente longitud) y aristas paralelas (2) al eje de giro, constituido por placas de baja densidad (3). El eje horizontal de rotación se encuentra ubicado en el centro de la circunferencia en la cual está inscrito el hexágono.

Estator o Carcasa (4): Parte inmóvil de la máquina, es una cámara cilíndrica (5) rematada en sus extremos por discos planos (7, 8), sellada herméticamente. Solo

permite el paso del fluido en una dirección y sentido. Su diseño proporciona un sumergimiento parcial al rotor (1).

Existe un vertedero de cresta aguda (4') que termina en forma redondeada, el cual permite que el fluido experimente una diferencia de altura necesaria para poder aprovechar la energía potencial que posee el fluido y transformarla en energía mecánica para mover el rotor. En la Figura 12 se observan los elementos que conforman la máquina hidráulica (10), en la Figura 13 se representa la máquina hidráulica (10) y el vertedero (4') instalados en el canal de agua (9).

1.2 Geometría del Rotor

El rotor (1) está conformado por seis lados $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6$ y seis vértices cuyos puntos son $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$. El radio de la circunferencia en la cual está inscrito el hexágono se define con la letra R , el ángulo α define la razón entre ángulos consecutivos del polígono y Z es la profundidad del rotor (1) (perpendicular al plano XY).

Existen dos Niveles de referencia (ver figura No.13) con los que trabaja la máquina hidráulica (10):

- El nivel N_1 es el nivel de entrada del agua, h_1 es la altura medida desde el origen del plano XY hasta el nivel N_1 .
- El nivel N_2 es el nivel de salida del agua (siempre por debajo del origen del plano XY), h_2 es la altura medida desde el origen del plano XY hasta el nivel N_2 .

En la Figura No.14 se muestran los parámetros geométricos anteriormente mencionados.

1.3 Ecuaciones del hexágono

1.3.1 Coordenadas de los puntos. Se definen las coordenadas cartesianas de cada punto del hexágono con el fin de deducir las ecuaciones de las líneas que lo conforman. Se toman los ángulos medidos en sentido horario como negativos y los ángulos medidos en sentido antihorario como positivos. Con base a la Figura 14 se obtienen las coordenadas de cada punto.

$$\begin{aligned} P_1 &= (R \cos(0), R \sin(0)) \\ P_2 &= (R \cos(\alpha), R \sin(\alpha)) \\ P_3 &= (R \cos(120), R \sin(120)) \\ P_4 &= (R \cos(120 + \alpha), R \sin(120 + \alpha)) \\ P_5 &= (R \cos(-120), R \sin(-120)) \\ P_6 &= (R \cos(\alpha - 120), R \sin(\alpha - 120)) \end{aligned}$$

El rotor (1) gira un ángulo θ en sentido horario. El ángulo de giro varía entre 0 y 120 grados debido a que la geometría del hexágono se repite después de este intervalo (ver figura No.14), por ello, se definen nuevamente las coordenadas de los puntos que conforman el hexágono pero ahora en función del ángulo de giro.

Como la máquina hidráulica (10) gira en sentido horario, el ángulo de giro " θ " será un ángulo negativo. Para definir nuevamente las coordenadas de los puntos, se debe

restar el ángulo θ a cada uno de los ángulos que definen las coordenadas iniciales. Las nuevas coordenadas de los puntos que conforman el hexágono estarán definidas por P_1' , P_2' , P_3' , P_4' , P_5' , P_6' . En la Figura No.15 se puede observar a P_1 y a P_2 desplazados un ángulo de giro θ .

Nuevas coordenadas:

$$\begin{aligned} P_1' &= (R \cos (0 - \theta), R \sin (0 - \theta)) \\ P_2' &= (R \cos (\alpha - \theta), R \sin (\alpha - \theta)) \\ P_3' &= (R \cos (120 - \theta), R \sin (120 - \theta)) \\ P_4' &= (R \cos (120 + \alpha - \theta), R \sin (120 + \alpha - \theta)) \\ P_5' &= (R \cos (-120 - \theta), R \sin (-120 - \theta)) \\ P_6' &= (R \cos (\alpha - 120 - \theta), R \sin (\alpha - 120 - \theta)) \end{aligned}$$

1.3.2 Ecuaciones de las líneas. Una vez obtenidas las nuevas coordenadas de cada punto, se pueden definir las ecuaciones para cada línea que conforma el hexágono en función al ángulo de giro θ , utilizando la ecuación punto pendiente.

El punto $P (X, Y)$ está en la recta con pendiente m y pasa por el punto fijo (X_0, Y_0) si y solo si satisface la ecuación:

$$Y_0 - Y_0 = m (X - X_0)$$

También se la puede escribir así:

$$Y = m X + b \quad (1.1)$$

$$\text{Donde } b = Y_0 - m X_0$$

De esta manera se define las ecuaciones de las líneas que conforman el hexágono. Para definir cada línea, se toman 2 puntos en el orden que se los ha enumerado (Figura 14), es decir en sentido antihorario.

1.3.2.1 Ecuación de la línea L1. Conformada por P_1' y P_2' .

$$\begin{aligned} m_1 &= \frac{P_{2y} - P_{1y}}{P_{2x} - P_{1x}} = \frac{R \sin(\alpha - \theta) - R \sin(0 - \theta)}{R \cos(\alpha - \theta) - R \cos(0 - \theta)} = \frac{\sin(\alpha - \theta) - \sin(0 - \theta)}{\cos(\alpha - \theta) - \cos(0 - \theta)} \\ b_1 &= P_{1y} - m_1 P_{1x} = R \sin(0 - \theta) - \left[\frac{\sin(\alpha - \theta) - \sin(0 - \theta)}{\cos(\alpha - \theta) - \cos(0 - \theta)} \right] R \cos(0 - \theta) \end{aligned}$$

Entonces la ecuación de L1 es:

$$Y_1 = \left[\frac{\sin(\alpha - \theta) - \sin(0 - \theta)}{\cos(\alpha - \theta) - \cos(0 - \theta)} \right] X_1 - R \cos(0 - \theta) \left[\frac{\sin(\alpha - \theta) - \sin(0 - \theta)}{\cos(\alpha - \theta) - \cos(0 - \theta)} \right] + R \sin(0 - \theta) \quad (1.2)$$

Ecuación de la línea L1. Conformada por P_1' y P_2' .

Con el mismo procedimiento se definen las ecuaciones de las demás líneas conforman el hexágono.

Ecuación de la línea L2. Conformada por P2' y P3'.

$$Y_2 = \left[\frac{\text{Sen}(120-\theta) - \text{Sen}(\alpha-\theta)}{\text{Cos}(120-\theta) - \text{Cos}(\alpha-\theta)} \right] X_2 - R \text{Cos}(\alpha-\theta) \left[\frac{\text{Sen}(120-\theta) - \text{Sen}(\alpha-\theta)}{\text{Cos}(120-\theta) - \text{Cos}(\alpha-\theta)} \right] + R \text{Sen}(\alpha-\theta) \quad (\text{A1})$$

Ecuación de la línea L2. Conformada por P2' y P3'.

Ecuación de la línea L3. Conformada por P3' y P4'.

$$Y_3 = \left[\frac{\text{Sen}(120+\alpha-\theta) - \text{Sen}(120-\theta)}{\text{Cos}(120+\alpha-\theta) - \text{Cos}(120-\theta)} \right] X_3 - R \text{Cos}(120-\theta) \left[\frac{\text{Sen}(120+\alpha-\theta) - \text{Sen}(120-\theta)}{\text{Cos}(120+\alpha-\theta) - \text{Cos}(120-\theta)} \right] + R \text{Sen}(120-\theta) \quad (\text{A2})$$

Ecuación de la línea L3. Conformada por P3' y P4'.

Ecuación de la línea L4. Conformada por P4' y P5'.

$$Y_4 = \left[\frac{\text{Sen}(-120-\theta) - \text{Sen}(120+\alpha-\theta)}{\text{Cos}(-120-\theta) - \text{Cos}(120+\alpha-\theta)} \right] X_4 - R \text{Cos}(120+\alpha-\theta) \left[\frac{\text{Sen}(-120-\theta) - \text{Sen}(120+\alpha-\theta)}{\text{Cos}(-120-\theta) - \text{Cos}(120+\alpha-\theta)} \right] + R \text{Sen}(120+\alpha-\theta) \quad (\text{A3})$$

Ecuación de la línea L4. Conformada por P4' y P5'.

Ecuación de la línea L5. Conformada por P5' y P6'.

$$Y_5 = \left[\frac{\text{Sen}(\alpha-120-\theta) - \text{Sen}(-120-\theta)}{\text{Cos}(\alpha-120-\theta) - \text{Cos}(-120-\theta)} \right] X_5 - R \text{Cos}(-120-\theta) \left[\frac{\text{Sen}(\alpha-120-\theta) - \text{Sen}(-120-\theta)}{\text{Cos}(\alpha-120-\theta) - \text{Cos}(-120-\theta)} \right] + R \text{Sen}(-120-\theta) \quad (\text{A4})$$

Ecuación de la línea L5. Conformada por P5' y P6'.

Ecuación de la línea L6. Conformada por P6' y P1'.

$$Y_6 = \left[\frac{\text{Sen}(0-\theta) - \text{Sen}(\alpha-120-\theta)}{\text{Cos}(0-\theta) - \text{Cos}(\alpha-120-\theta)} \right] X_6$$

$$- R \text{Cos}(\alpha-120-\theta) \left[\frac{\text{Sen}(0-\theta) - \text{Sen}(\alpha-120-\theta)}{\text{Cos}(0-\theta) - \text{Cos}(\alpha-120-\theta)} \right] + R \text{Sen}(\alpha-120-\theta)$$

(A5)

Ecuación de la línea L6. Conformada por P6' y P1'.

1.4 Principio de funcionamiento

El rotor (1) trabaja como una compuerta giratoria, la presión hidrostática provocada por el flujo de agua en las placas axiales del rotor (1), generan un torque con respecto a su eje, el cual contribuye con el movimiento rotacional de la máquina (10).

Sin embargo, tanto la presión hidrostática y su punto de aplicación cambian conforme cambia el ángulo de giro "θ", debido a la geometría que presenta el rotor (1) y el estator (4). Por lo tanto, el valor del torque también cambiará según la posición de la máquina hidráulica (10). En la figura No.16 se observa como las fuerzas hidrostáticas aplicadas a cada placa del rotor (1) cambian para diferentes ángulos de giro, asimismo se pueden observar las posiciones del rotor (1) para 0°, 30°, 60° y 90°.

1.4.1 Niveles de referencia. La máquina hidráulica (10) trabaja con dos niveles de referencia (N1 y N2) (ver figura No.13). Para calcular la fuerza hidrostática generada en cada placa (3) sumergida del rotor (1), se debe tener en cuenta solamente un nivel. El nivel piezométrico con el que se trabaja, se determina según las coordenadas de los dos puntos que conforman la línea (2) que define una placa (3) sumergida del rotor (1). Se trabaja con el nivel N1, si la línea la conforman dos puntos con abscisas positivas, si uno de los puntos tiene una abscisa negativa, entonces se tiene en cuenta que la pendiente de la línea sea positiva.

Se trabaja con el nivel N2. Si la línea la conforma dos puntos con abscisas negativas, si uno de los puntos tiene una abscisa positiva, entonces se tiene en cuenta que la pendiente de la línea sea negativa.

Como se observa en la figura No.17, las líneas sumergidas son L1, L2 y L6. Tanto L1 como L2 están conformadas por puntos cuyas abscisas son positivas por lo tanto tienen como nivel de referencia a N1. L6 está conformada por un punto con abscisa positiva y otro con abscisa negativa y presenta para esta posición una pendiente m6 negativa por lo tanto su nivel de referencia es N2.

1.4.2 Cálculo de la fuerza hidrostática. La resultante de las fuerzas debido a la presión sobre una superficie plana sumergida es igual a:

$$F_p = \rho g (h_p)_g A \quad (1.3)$$

Cálculo de la fuerza hidrostática

Dónde:

F_p : Fuerza generada por la presión del agua.

ρ : Densidad del agua.

g : Constante de gravedad.

$(H_p)_g$: Profundidad del centro de gravedad de la placa con relación al plano piezométrico.

A : Área de la superficie sumergida.

Al girar el rotor (1), tanto $(H_p)_g$ como A para cada placa que conforma el rotor (1) cambian en función del ángulo de giro θ . Para calcularlos se tendrán en cuenta 2 casos:

- Cuando el área está parcialmente sumergida. (A. P. S.)
- Cuando el área está completamente sumergida. (A. C. S.)

Dichas áreas parcialmente sumergidas se observan más claramente en la figura No.18, asimismo las áreas parciales y completamente sumergidas para $\theta = 0$.

El procedimiento a seguir para calcular la fuerza F_p se resume en el diagrama de bloques que muestra en la figura No.19.

1.4.2.1 Cálculo de $(H_p)_g$.

En la figura No.20 se muestra la profundidad del centro de gravedad de dos placas (3) sumergidas con relación a su plano piezométrico.

Se denominan algunos puntos de la siguiente manera.

$P_s = ((P_x)_s, (P_y)_s)$ Punto sumergido

$P_n = ((P_{nx}, P_{ny}))$ Punto que conforma el hexágono (n varía de 1 a 6)

$P_M = ((X_M, Y_M))$ Punto medio de la línea que define la placa sumergida

A continuación se presentan diferentes ecuaciones para calcular la distancia $(H_p)_g$ dependiendo del estado en que se encuentre cada placa y del nivel de agua en el que estén sumergidas.

- Área parcialmente sumergida respecto a N_1 .

$$\text{Si } (P_y)_s > 0 \quad \text{entonces} \quad (h_p)_g = \frac{h_1 - (P_y)_s}{2} \quad (1.4)$$

$$\text{Si } (P_y)_s < 0 \quad \text{entonces} \quad (h_p)_g = \frac{h_1 + (P_y)_s}{2} \quad (1.5)$$

Área parcialmente sumergida respecto a N_1

- Área parcialmente sumergida respecto a N_2 .

$$(h_p)_g = \frac{(P_y)_s - h_2}{2} \quad (1.6)$$

Área parcialmente sumergida respecto a N_2 .

- **Área completamente sumergida respecto a N1.**

Cuando uno de los puntos sumergidos es un vértice del hexágono y coincide con el nivel del agua

$$(h_p)_s = \frac{h_1 + (P_Y)_s}{2} \quad (1.7)$$

Área parcialmente sumergida respecto a N1

Cuando los dos están completamente sumergidos, se debe calcular el punto medio $P_M = (X_M, Y_M)$ de la línea que define la placa sumergida.

Si $Y_M > 0$ entonces

$$(h_p)_s = h_1 - Y_M = h_1 - \left(\frac{(P_Y)_{s1} + (P_Y)_{s2}}{2} \right) \quad (1.8)$$

Si $Y_M < 0$ entonces

$$(h_p)_s = h_1 + Y_M = h_1 + \left(\frac{(P_Y)_{s1} + (P_Y)_{s2}}{2} \right) \quad (1.9)$$

Ecuaciones $Y_M > 0$ y $Y_M < 0$

Donde $(P_Y)_{s1}$ y $(P_Y)_{s2}$ son las componentes en Y de los puntos sumergidos 1 y 2 respectivamente.

- **Área completamente sumergida respecto a N2.**

Cuando uno de los puntos sumergidos es un vértice del hexágono y coincide con el nivel del agua.

$$(h_p)_s = \frac{(P_Y)_s - h_2}{2} \quad (1.10)$$

Área completamente sumergida respecto a N2

Cuando los dos puntos están completamente sumergidos

$$(h_p)_s = Y_M - h_2 = \left(\frac{(P_Y)_{s1} + (P_Y)_{s2}}{2} \right) - h_2 \quad (1.11)$$

Área completamente sumergida respecto a N2
Dos Puntos Sumergidos

1.4.2.2 Cálculo del área (A). El área de la superficie sumergida se calcula de siguiente manera:

$$A = Z \cdot L' \quad (1.12)$$

Donde Z es la profundidad del rotor (1) y L' es la longitud de la línea que define placa sumergida la cual varía en función de θ .

Al igual que la distancia $(H_p)_s$, el área de la superficie sumergida depende del estado en que se encuentre cada placa y del nivel de agua en el que estén sumergidas.

Se definen los siguientes puntos:

$P_{N1} = (X_{N1}, Y_{N1})$ Punto de intersección con $N1$.

$P_{N2} = (X_{N2}, Y_{N2})$ Punto de intersección con $N2$.

En la figura No.21 se muestran los puntos de intersección y longitudes de placas sumergidas.

- **Área parcialmente sumergida respecto a $N1$.** La longitud L' está definida entre el punto de intersección con el nivel de agua y el punto sumergido

Respecto a $N1$.

$$L'(P_{N1}, P_s) = \sqrt{((P_x)_s - X_{N1})^2 + ((P_y)_s - Y_{N1})^2} \quad (1.13)$$

$$A = Z * \left(\sqrt{((P_x)_s - X_{N1})^2 + ((P_y)_s - Y_{N1})^2} \right) \quad (1.14)$$

Área parcialmente sumergida respecto a $N1$
Respecto a $N1$

Respecto a $N2$.

$$L'(P_{N2}, P_s) = \sqrt{((P_x)_s - X_{N2})^2 + ((P_y)_s - Y_{N2})^2} \quad (1.15)$$

$$A = Z * \left(\sqrt{((P_x)_s - X_{N2})^2 + ((P_y)_s - Y_{N2})^2} \right) \quad (1.16)$$

Área completamente sumergida respecto a $N2$
Respecto a $N2$

- **Área completamente sumergida.** L' está definida entre dos puntos sumergidos y será igual a la longitud total de la placa L .

$$L(P_{s1}, P_{s2}) = \sqrt{((P_x)_{s2} - (P_x)_{s1})^2 + ((P_y)_{s2} - (P_y)_{s1})^2} \quad (1.17)$$

$$A = Z * \left(\sqrt{((P_x)_{s2} - (P_x)_{s1})^2 + ((P_y)_{s2} - (P_y)_{s1})^2} \right) \quad (1.18)$$

Área completamente sumergida L'

1.4.3 Punto de Aplicación de la fuerza hidrostática. Al igual que el valor de la fuerza hidrostática F_p , su punto de aplicación varía con respecto al ángulo de giro θ . Para calcular el punto de aplicación de la fuerza, se debe calcular la distancia Y_1' que se define como la distancia desde el punto de aplicación de la fuerza F_p hasta el nivel de agua medida en forma paralela a la placa sumergida. A continuación se presentan las ecuaciones necesarias para calcular la distancia Y_1' dependiendo del estado en el que se encuentre la placa (3).

- **Área parcialmente sumergida.**

Teniendo como referencia a N_1 .

$$Y_1' = \frac{(h_p)_s}{\text{Sen}[\text{Tan}^{-1}(m)]} + \left(\frac{L^2}{12} \right) \left(\frac{\text{Sen}[\text{Tan}^{-1}(m)]}{(h_p)_s} \right) \quad (1.21)$$

Área Parcialmente sumergida N1

Teniendo como referencia a N_2 .

$$Y_1' = \frac{2}{3} L' = \frac{2}{3} * \left(\sqrt{((P_x)_s - X_{N1})^2 + ((P_y)_s - Y_{N1})^2} \right) \quad (1.19)$$

Área Parcialmente sumergida N2

- **Área completamente sumergida.**

$$Y_1' = \frac{2}{3} L' = \frac{2}{3} * \left(\sqrt{((P_x)_s - X_{N2})^2 + ((P_y)_s - Y_{N2})^2} \right) \quad (1.20)$$

Área completamente sumergida

Donde m es la pendiente de la línea que define la placa sumergida.

1.4.4 Torque generado por la fuerza hidráulica. Una vez conocidos la fuerza generada por la presión del agua F_p y su centro de presión, se puede calcular el torque generado en cada placa sumergida del rotor (1) hexagonal.

$$T = F_p D \quad (1.22)$$

Donde D es la distancia perpendicular entre la línea de fuerza F_p y una línea que pasa por el origen del plano XY como lo muestra la figura No.22.

Con la ecuación (1.22) se calcula el torque generado por la presión del agua en cada placa (3) sumergida del rotor (1). El torque total para un ángulo de giro θ será igual a la sumatoria de los torques de cada placa sumergida.

$$T_{TOT} = \Sigma T \quad (1.23)$$

En la figura No.23, se muestra el torque total para un ángulo de giro θ .

2. Análisis hidrostático, modelos geométricos de la maquina hidráulica (10) para bajas caídas.

En el análisis matemático y operacional de la maquina hidráulica (10) para bajas caídas, se establecieron diferentes ecuaciones que rigen el funcionamiento de la máquina hidráulica (10) en función al ángulo de giro θ , además, la máquina (10) presenta un valor de torque diferente para cada ángulo de giro (120 valores evaluados cada 1°), por ello, al graficar la magnitud del torque en función a este ángulo, se presentarán oscilaciones las cuales se repiten cada 120 grados debido a la simetría del rotor (1). Con la presente invención, se busca lograr optimizar y mejorar una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura partiendo de la información anteriormente divulgada dentro del estado de la técnica, la cual fue punto de partida para el desarrollo de la presente invención. Así mismo, una de las características de la máquina hidráulica (10) a mejorar es la variación de torque que se presenta.

Con un programa desarrollado en Excel se puede determinar cómo cambia el área sumergida del rotor (1) en función al ángulo de giro y determinar cuál es la variación en cuanto a magnitud y dirección de la fuerza hidrostática y del torque total de la máquina (10).

2.1 Descripción de la hoja de cálculo programada.

Se elaboró una hoja de cálculo programada en Excel la cual describe el funcionamiento de la máquina dependiendo de diferentes parámetros geométricos. Con esta herramienta, se puede observar como la fuerza hidrostática y su punto de aplicación cambian conforme cambia la posición de la máquina (10) y facilita el cálculo del torque total para cualquier ángulo de giro " θ ".

2.1.1 Parámetros geométricos. Son las variables de entrada y de los cuales dependerán las diferentes características de funcionamiento de la máquina hidráulica (10) como por ejemplo el valor de la fuerza hidrostática F_p y su punto de aplicación al igual que el torque producido por dicha fuerza. Los parámetros geométricos de entrada son:

R: Radio de la circunferencia en la cual está inscrito el hexágono.

α : Define la razón entre ángulos consecutivos del polígono.

Z: Profundidad del rotor (1) (perpendicular al plano XY).

θ : Ángulo de giro de la máquina hidráulica (10).

h_1 : Altura medida desde el origen del plano XY hasta el nivel N_1 .

h_2 : Altura medida desde el origen del plano XY hasta el nivel N_2 .

2.1.2 Hoja de cálculo programada. El programa trabaja con unidades del sistema internacional. Para la siguiente explicación se tomarán como parámetros de entrada los siguientes valores: **$R = 1$ metro, $\alpha = 40^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $Z = 1$ metro, $h_1 = 0.5$ metros y $h_2 = -0.7$ metros.**

Al introducir en la hoja de cálculo los parámetros R , α y θ , se realiza la gráfica del hexágono, además el programa calcula las coordenadas de los puntos de los vértices del hexágono, las pendientes y los interceptos de las seis líneas que lo conforman para cada ángulo de giro θ , tal y como se muestra la geometría del rotor (1) en la figura No.24, asimismo se muestran las tablas No.1 y No.2 de la figura

No.25, los datos de las coordenadas de los puntos de los vértices del hexágono para $\theta = 0^\circ$, pendientes e interceptos de las líneas que describen el hexágono.

Ahora, se introducen los parámetros geométricos Z , h_1 y h_2 . Con estos parámetros y los datos anteriormente calculados (Tabla 1 y Tabla 2), el programa determina las placas (3) que están parcial o completamente sumergidas y con respecto a qué nivel de referencia se trabajará, esto se realiza teniendo en cuenta todas las suposiciones y los casos analizados del anterior análisis matemático y operacional de la máquina hidráulica (10) para bajas caídas. Según el estado que presenta cada placa (3), el programa calcula los diferentes datos presentes en la tabla 3 de la figura No.26 incluyendo la fuerza hidrostática ejercida sobre cada placa (3) sumergida para cierta posición angular.

A su vez, el programa calcula todos los datos necesarios para encontrar el centro de presión de la fuerza hidrostática y el cálculo del torque generado en cada una de las placas (3) sumergidas. Se realiza una sumatoria de torques y se calcula el torque total que experimenta la máquina (10) para un ángulo de giro determinado. Lo anterior, se muestra como los centros de presión y el torque total en la tabla 4 de la figura No.27.

El programa repite este proceso hasta obtener los 120 valores de torque que experimenta la máquina hidráulica en función al ángulo de giro θ .

2.2 Variación de parámetros geométricos y diferentes modelos obtenidos.

Una vez el programa obtenga los 120 valores de torque, se realiza la gráfica de torque vs posición angular, con esta gráfica, se observa como el torque varía en función al ángulo de giro. En la figura No.28; se presenta la gráfica de torque vs posición angular con los parámetros geométricos de la explicación anterior.

Para este modelo el torque promedio es igual a -1310.537 Nm . El signo negativo en la magnitud del torque, quiere decir que la máquina gira en sentido de las manecillas del reloj. Con base a la configuración geométrica usada para este ejemplo ($R = 1$ metro, $\alpha = 40^\circ$, $\theta = 0^\circ$, $Z = 1$ metro, $h_1 = 0.5$ metros y $h_2 = -0.7$ metros), se obtendrán diferentes modelos o diseños de la máquina (10), variando uno por uno los parámetros geométricos de entrada, con el fin de compararlos y seleccionar aquellos que presenten disminución en la variación del torque.

2.2.1 Variación del ángulo α . α es el ángulo definido por los dos vértices que conforman el lado de menor longitud del hexágono, donde dicho ángulo α del hexágono se muestra en la figura No.29.

En la figura No.30, se muestran las graficas (a – g) de T vs θ para un ángulo $\alpha = 0^\circ$, modelo que presenta un mayor torque promedio, asimismo se presentan las gráficas de T vs θ variando el ángulo α a cada diez grados.

A medida que el ángulo α disminuye, tanto el valor del torque promedio (T prom.) como también la variación de la gráfica T vs θ aumentan; es decir, al utilizar un rotor con sección transversal triangular (20) ($\alpha = 0$), la presión hidrostática aplicada a cada una de sus caras laterales, generan un torque mayor que al utilizar una sección transversal hexagonal como la del rotor (1) de la máquina hidráulica (10), sin embargo, también es mayor la variación de la magnitud del torque. Las condiciones que se enunciaron anteriormente se observa en la grafica No.31a, donde se muestra

de T_{prom} vs el ángulo α , y la grafica No.31b, donde se muestra de ΔT vs el ángulo α .

Se recuerda que el signo negativo del torque simplemente indica el sentido de giro de la máquina. A partir de $\alpha = 20^\circ$, se presenta una caída brusca en la magnitud del torque ($\theta = 36^\circ$) la cual va aumentando a medida que el ángulo α disminuye; esto puede influir de manera negativa en el funcionamiento de la máquina, sin embargo, a pesar de que en $\alpha = 0^\circ$ dicha caída de torque se presenta con mayor severidad, es este el modelo que experimenta un mayor valor de torque promedio $T_{prom} = -3230.324 \text{ Nm}$, superior al doble del valor que se experimenta cuando $\alpha = 60^\circ$ (modelo con menor variación en el torque.) con un $T_{prom} = -1017.123 \text{ Nm}$.

Para este análisis, se optó por analizar un modelo o diseño de un rotor (20) con sección triangular (figura No.32), es decir cuando $\alpha = 0^\circ$, con el fin de aprovechar el mayor T_{prom} disponible. Posteriormente, se analizará la posibilidad de disminuir la variación del torque y su brusca caída anteriormente mencionada.

2.2.2 Variación del ángulo de desfase β . En la figura No.33, se muestra un ángulo de desfase β para el rotor (20) con sección triangular. La máquina hidráulica (10), al experimentar un torque variable generado por las fuerzas superficiales (fuerzas hidrostáticas presentes en cada placa (3) del rotor (1)), es posible que experimente una velocidad angular variable, lo cual la hace una máquina (10) con características difíciles de utilizar en sistemas de conversión de energía. El objetivo principal de la presente invención, es disminuir la variación del torque generado por dichas fuerzas superficiales, para ello, se evalúa la opción de acoplar varias etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20), desfasadas con cierto ángulo (figura No.34), con el propósito de que las graficas se superpongan y se presente una disminución en cuanto a los valores de torque presentes para cada ángulo de giro.

Conservando la profundidad Z , se analizan diferentes modelos y diseños de la máquina (30) (ver figura No.32) acoplando pequeñas etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20) (ver figura 34) una con respecto a la otra con un ángulo β , con el fin de disminuir la variación del torque presente en el modelo y diseño de la máquina hidráulica (30) para bajas caídas anteriormente seleccionada.

Según la profundidad Z de cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20) y los demás parámetros geométricos, se obtienen los valores de torque para cada etapa del rotor (20) de manera individual, posteriormente, se superponen las graficas T vs θ obtenidas para cada etapa del rotor (20), desfasadas un ángulo β determinado. Para el análisis, se obtuvieron diferentes gráficas variando el ángulo de desfase cada 10° , con el propósito de encontrar el número de etapas a acoplar y el ángulo de desfase β óptimo con los cuales la máquina (30) presente una disminución significativa en la variación el torque que entrega.

En las figuras No.35 (a – k), No.36 (a – f), No. 37 (a – f), No.38 (a – f) y No.39 (a – f) se presentan las diferentes gráficas de T vs θ para diferentes ángulos de desfase utilizando desde 2 hasta 6 etapas desfasadas del rotor (20). En las figuras No.35, No.36, No.37, No.38 y No.39 se presentan las graficas de T vs θ con menor variación de torque obtenidas para cada configuración del rotor (20) analizado.

En la figura No.35f, se observa que al variar el ángulo de desfase β una misma cantidad, ya sea por encima o por debajo de 60° , las gráficas presentan iguales resultados, es decir, si se varia el ángulo de desfase 10° por encima y por debajo de

60°, las graficas para $\beta = 70^\circ$ y $\beta = 50^\circ$ presentarán iguales valores de Torque máximo y Torque mínimo (figuras No.35e. y No.35g). Debido a lo anteriormente explicado, para los próximos modelos del rotor (20), solamente se presentarán las gráficas con un desfase cada 10° , iniciando en $\beta = 60^\circ$ y finalizando en $\beta = 10^\circ$.

2.2.2.1 Modelo y diseño con menor variación de torque. Como se puede observar en las gráficas de las anteriores configuraciones evaluadas, un rotor (20) conformado por varias etapas desfasadas disminuye la variación de torque generado por la fuerza hidrostática. En la figura No.40 se presenta una grafica mostrando la diferencia entre el Torque máximo y el Torque mínimo (ΔT) y el número de etapas desfasadas; para realizar esta gráfica, se seleccionó la mejor configuración obtenida en cada caso.

Según los resultados obtenidos y tal como se muestra en la grafica de ΔT vs numero de rotores de la figura No.40, se opta por trabajar con un rotor (20) conformado por seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f), asimismo en la figura No.41, se presenta una grafica que muestra la diferencia entre el Torque máximo y el Torque mínimo (ΔT) y el ángulo de desfase β para un rotor (20) conformado por seis etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f).

Como se puede observar en la grafica de la figura No.41, el ángulo de desfase β con el cual se presenta menor variación en la magnitud del torque es 20° , es decir $\beta = 20^\circ$, la cual es un ángulo optimo de desfase.

Con el nuevo modelo y diseño del rotor (20) de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) que se muestra en las figuras No.32, No.34 y No.42, se encuentra que hay una disminución significativa en cuanto a la variación del torque que genera la fuerza hidrostática, a continuación se calcula una variación relacionando el valor del $T_{\max}$ y el ΔT tanto para el modelo de rotor inicial (20) como un solo cuerpo como también para el modelo y diseño del rotor (20) finalmente escogido con seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f).

➤ Un solo rotor	$\frac{\Delta T}{T_{\max}} * 100 = \frac{1505.536 Nm}{3581.637 Nm} * 100 = 42.034\%$
➤ Rotor con seis etapas desfasadas 20°	$\frac{\Delta T}{T_{\max}} * 100 = \frac{167.374 Nm}{3294.829 Nm} * 100 = 5.07\%$

2.2.2.1 Modelo y diseño con menor variación de torque. Un solo Rotor. Rotor con seis etapas

Comparando los dos modelos del rotor, el ΔT ha disminuido aproximadamente 9 veces en el modelo final ($\Delta T = 167.371$) con respecto al modelo inicial ($\Delta T = 1505.536$). Se ha cumplido uno de los principales propósitos de esta invención, debido a que la variación del torque presente en el funcionamiento de la máquina hidráulica se ha reducido en un 90% (ver figura No.43) con la nueva propuesta en el

diseño del rotor (20) presentado, el cual cuenta con seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f).

2.2.3 Variación de los niveles de agua. Se varían tanto el nivel de entrada del agua h_1 como el nivel de salida h_2 , con el propósito de observar cómo influye el cambio de estos parámetros de diseño con relación al Torque promedio y a la variación de la magnitud del torque. Se tienen en cuenta dos tipos de variación: Variación de h_1 con $h_2 = 0$ y variación de h_2 con $h_1 = 0$. Para este análisis, se sigue con los parámetros geométricos anteriormente utilizados y los nuevos parámetros definidos. ($R = 1\text{m}$, $\alpha = 0^\circ$, $Z = 1\text{m}$, $\beta = 20^\circ$).

La máxima variación de h_2 , está definida por el estator (40) de la máquina (30), la altura del estator a la salida del agua h_{2e} debe permitir que exista un sello entre cada etapa desfasada (20a, b, c, d, e, f) del rotor (20), este sello debe impedir el paso del agua con el fin de mantener constante la diferencia entre el nivel N_1 y el nivel N_2 .

El estator (40) está definido por la circunferencia en la cual está inscrito el rotor (20). Por lo menos una punta (21) de cada etapa (20a, b, c, d, e, f) del rotor (20) debe estar en contacto con el estator (40) para impedir el paso de agua y asegurar un Δh constante.

En la figura No.44 (a – b), se observan 7 puntos (21a, 21a', 21b, 21c, 21d, 21e, 21f) que están en contacto con el estator (40) de los cuales 2 (21a, 21a') pertenecen a la primera etapa (20a) del rotor (20), al girar el rotor 1° , uno (21a') de los puntos pertenecientes a la primera etapa (20a) del rotor (20) sale dejando a 6 puntos (21a, 21b, 21c, 21d, 21e, 21f) en contacto con el estator (40) (cada uno perteneciente a cada etapa del rotor (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f)) obteniendo así un sello diagonal (visto en 3D) el cual permite conservar el Δh . Para este análisis, utilizando un radio $R = 1\text{metro}$, el valor de h_{2e} máximo es igual a 0.866 metros, si el $h_{2e} > 0.866$ metros, no se asegura que el Δh sea constante.

El agua puede fluir axialmente (eje Z perpendicular al plano XY) lo cual descarta la posibilidad de que la máquina (30) funcione como una compuerta giratoria, para impedir este flujo axial, se acoplan pequeñas placas laterales (23) en forma de arcos descritos por la circunferencia en la cual está inscrito el rotor (20), como lo muestra la figura No. 37. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el agua que incide sobre todas las áreas perpendiculares al eje (12) del rotor (20), pueden generar cierto torque que podría flexionar a dicho eje (12) o contrarrestar el torque ejercido sobre la máquina (30).

Como se puede observar en la figura No.45, el agua al caer desde la altura h_1 , puede fluir en el sentido de la flecha (A) generando presión hidrostática en cada una de las placas (23) que conforman el rotor (20), contribuyendo así en el movimiento rotacional de la máquina (30); las pequeñas placas (23) circulares impiden el flujo del agua en sentido contrario (flechas (B)) lo cual asegura que la máquina (30) continúe trabajado como una compuerta giratoria.

2.2.3.1 Variación de h_1 con $h_2 = 0$.

A medida que aumenta la diferencia entre el nivel N_1 y el nivel N_2 , también aumenta la magnitud del Torque promedio (ver figura No.46), se podría decir que mientras mas grande sea la caída de agua, mayor será el Torque promedio experimentado por la máquina (30). Además, la variación del torque presente en estos modelos y

diseños es mucho menor, la cual se empleo un $h_1 = 0.5$ metros y un $h_2 = -0.7$ metros.

Para obtener un mayor Torque promedio, según lo anterior, se debería aumentar h_1 , sin embargo, hay que tener en cuenta 2 restricciones:

- El nivel h_1 debe ser menor que el radio R , debido a que este nivel siempre tiene que interceptar al rotor (20), de lo contrario la máquina (30), ya no trabajaría como una compuerta giratoria.
- El nivel h_1 deberá ser menor a la altura h_H en la cual la posición del rotor (20) describa una línea completamente horizontal, pues el agua puede fluir a través de este y desviar los valores obtenidos en el cálculo hidrostático.

Con las anteriores restricciones y con el valor del radio $R = 1$ metro empleado en el análisis, se encuentra que el nivel h_1 puede variar entre 0 y 0.4 metros; como el Torque promedio es mayor para un h_1 mayor, 0.4 metros se puede observar que es la mejor opción para tomar la altura del nivel de entrada del agua a la máquina (30). Para observar dichas restricciones, en la figura No.47 (a – b) se muestra la maquina hidráulica (30) con $h_1 > R$ y $h_1 < R$ e igualmente con un $h_1 = h_H$.

2.2.3.2 Variación de h_2 con $h_1 = 0$.

Para valores de h_2 mayores a 0.5 metros, se presenta un aumento significativo en la variación del torque (ver figura No.48 (a – h)) lo cual está relacionado con la caída brusca en la magnitud del torque mencionada en la sección 2.2.1 (figura No.30). A continuación se presenta una explicación del porque de este hecho.

En la figura No.49 se representa un comportamiento aproximado del agua a la entrada y salida de la máquina para $h_1 = 0.4$ metros y $h_2 = -0.8$ metros, analizando la primera etapa del rotor (20a), se puede apreciar en la figura a, que son dos las placas (22a, 22a') en las que la presión hidrostática ejerce un torque con respecto al eje (12) de rotación, al girar 1° el rotor (20), una cantidad del agua estancada que ejerce presión en la placa inferior (22a') (figura No.49a), sale por el nivel N_2 mientras la otra parte se encuentra estancada en el estator (40) como se observa en la figura No.49b, dejando solamente la placa superior (22a) sumergida en el agua, es decir, de un momento a otro, la máquina (30) experimenta una caída en el torque muy acentuada. Al superponer las gráficas de todas las etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20), se repite este proceso presentándose picos y valles de una manera periódica similar a las observadas en las graficas de la figura No.48 (f, g y h).

Para valores de h_2 menores a 0.5 metros, no se presenta el anterior problema debido a que el nivel N_2 siempre estará interceptando el rotor (20), lo que quiere decir, que la presión hidrostática en todo momento estará actuando por lo menos en 2 de las placas del rotor. En la figura No.50, se presenta las mismas posiciones del rotor (20) de la figura No.49 ahora con un $h_2 = 0.4$ metros.

En este caso aparece un torque contrario al movimiento giratorio de la máquina (30), lo cual genera una disminución en el Torque promedio. A menor diferencia de niveles, menor será el torque promedio (ver figura No.48), sin embargo, el torque disminuirá lentamente, muy diferente al anterior caso en el cual el torque caía bruscamente de un ángulo a otro.

Según lo explicado, los valores de h_2 con los cuales la máquina (30) trabaja de una manera adecuada están entre 0 y 0.5 metros. Como el Torque promedio es mayor para un h_2 mayor, 0.5 metros es la mejor opción para tomar la altura del nivel de salida del agua a la máquina (30). (h_2 se mide desde el eje de rotación (12) hacia abajo, es decir, es una medida con signo negativo, se menciona en algunos casos como positivo teniendo en cuenta simplemente su magnitud).

2.2.3.3 Selección de Δh . Como se mencionó anteriormente, según las gráficas obtenidas y analizadas, mientras mayor sea la diferencia entre los niveles de entrada y salida de agua, mayor será el Torque promedio que experimenta la máquina hidráulica (30) debido a la presión hidrostática ejercida a cada placa que conforma el rotor (20).

Al tomar $h_1 = 0.4$ metros y $h_2 = 0.5$ metros (mejores opciones para cada nivel) se deberá obtener un Torque promedio mayores que los obtenidos en las secciones 2.2.3.1 y 2.2.3.2 (Figuras No.46 y No.48) y con variación muy pequeñas como se puede observar en la grafica No.51.

Como se puede concluir, efectivamente estos valores de h_1 y h_2 son los mejores en cuanto a la variación presente en la magnitud del torque, es importante resaltar que el análisis de estas alturas, dependen directamente del radio R , el análisis se elaboró con un valor de $R = 1$ metro, al cambiar el valor del radio, también cambiará el rango de valores para los cuales la máquina (30) presenta variación pequeña en la magnitud del torque, sin embargo, la definición del ángulo de desfase β , reduce significativamente esta variación con relación al modelo del rotor (1) inicial.

2.2.4 Variación de Z . Para el análisis, el valor de la profundidad del rotor (20) se tomó como $Z = 1$ metro con el fin de facilitar los cálculos, sin embargo, el parámetro Z simplemente aumenta o disminuye el Torque promedio, debido a que aumentan o disminuyen las áreas sumergidas y por consiguiente la fuerza aplicada en cada una de ellas.

Para la figura No.52, se utilizó un $h_1 = 0.5$ metros y $h_2 = -0.7$ metros. Como se puede observar, al duplicar el valor de la profundidad del rotor Z , su Torque promedio y el ΔT también se duplican, sin embargo, la forma de la gráfica es la misma, lo que quiere decir que la variación en la gráfica T vs θ es independiente el aumento del parámetro Z .

2.2.5 Variación de R . Para el análisis, el valor del radio en el cual está inscrito el rotor (20) se tomó como $R = 1$ metro con el fin de facilitar los cálculos. Al igual que Z , el parámetro R aumenta o disminuye el Torque promedio, debido a que se aumentan o disminuyen las áreas sumergidas y por consiguiente la fuerza aplicada en cada una de ellas.

Al cambiar el parámetro R , también cambia el rango de caída de agua en el cual la máquina (30) presenta bajas variaciones de torque, como se explicó en las secciones 2.2.3.1 y 2.2.3.2 para ello se define un factor de corrección.

h_R se define como el cambio de las alturas de los niveles de entrada y salida de agua (h_1 y h_2) relacionado con el cambio del parámetro R . h_R es igual al nuevo valor del radio. Por ejemplo, si $R = 1$ metro, y se quiere reducirlo a 0.5 metros, el factor de

corrección h_R será igual a 0.5. Tomando los valores óptimos calculados con $R = 1$ que son $h_1 = 0.4$ metros y $h_2 = -0.5$ metros. Se tiene:

- $h_1 \text{ corregido} = h_1 \cdot h_R = 0.4 \text{ m} \cdot 0.5 = 0.2 \text{ m}$
- $h_2 \text{ corregido} = h_2 \cdot h_R = -0.5 \text{ m} \cdot 0.5 = -0.25 \text{ m}$

Como se puede observar en la figura No.53, la forma de las gráficas son muy similares debido a que se corrigieron los valores de los niveles de agua, sin embargo, en este caso, al reducir el radio a la mitad, el Torque promedio disminuye 8 veces aproximadamente.

2.2.6 Selección de los parámetros geométricos. En general, teniendo en cuenta todos los criterios de selección presentes en este análisis, se concluye que la máquina hidráulica (30) para bajas caídas trabajará con los siguientes parámetros geométricos. $R = 1\text{m}$, $\alpha = 0^\circ$, $\beta = 20^\circ$, $Z = 1\text{m}$, $h_1 = 0.4\text{m}$, $h_2 = -0.5\text{m}$. Obteniendo con estos valores un $T_{\text{prom}} = 2585.420 \text{ Nm}$ y un $\Delta T = 9.038\text{Nm}$.

3. Construcción del prototipo de la maquina hidráulica para bajas caídas.

A partir de los estudios y análisis teóricos, llamados análisis matemático y operacional de una maquina hidráulica para bajas caídas y análisis hidrostático, modelos geométricos de la maquina hidráulica (10) para bajas caídas, ilustrados anteriormente, se logro obtener las configuraciones constructivas del rotor (20) y del estator (40) que conforman una máquina hidráulica (30) para bajas caídas, asimismo se logro obtener algunos parámetros para sus respectivos diseños y configuraciones estructurales, entre los cuales se encuentra el rango de caída adecuado para que la máquina (30) trabaje sin presentar variaciones significativas en el torque (análisis hidrostático). Una vez obtenida esta información, se tiene la necesidad de validar dichos resultados teóricos con el método experimental, realizando un prototipo de la máquina hidráulica (30) ajustando sus dimensiones a un canal basculante pequeño (9') la cual se elaboró y se fabricó en el laboratorio de fluidos de la Universidad del Valle.

3.1 Dimensiones del canal.

El prototipo de la máquina hidráulica para bajas caídas (30), será acoplado a un canal basculante pequeño (9'). Las dimensiones de este canal (9'), se presentan a continuación, asimismo dicho canal basculante (9') se muestra en las figuras No.54, No.55 y No.56. A continuación las dimensiones del canal (9'):

- | | |
|-----------------------------|---|
| • Longitud | $L_c = 5$ metros. |
| • Ancho | $Z_c = 0.076$ metros. |
| • Profundidad | $Y_c = 0.25$ metros. |
| • Pendiente máxima positiva | $m_1 = 1$ en 25. |
| • Pendiente máxima negativa | $m_2 = 1$ en 100. |
| • Rango del caudal | (50 – 125) Litros / minuto.
($8.33\text{E-}4$ – $20.83\text{E-}4$) m^3 / seg . |
| • Capacidad del tanque | Vol. = 250 Litros = 0.25 m^3 . |
| • Bomba Inmersión | $P = 1.38\text{Hp}$, 115 Volt. |

3.2 Dimensiones de los parámetros geométricos del prototipo llamado máquina hidráulica para bajas caídas (30).

El ancho del canal (9') es $Z_c = 0.076$ metros, el rotor (20) está conformado por seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f), entonces:

$$Z_n = \frac{0.076 \cdot 6}{6} = 0.0126 \text{ metros}$$

Z_N es el ancho de cada etapa desfasada del rotor (20), por facilidad de construcción se toma $Z_N = 0.01$ metros

$$Z = 0.01 \cdot 6 = 0.06 \text{ metros}$$

Donde Z es el ancho de todo el rotor (20).

En las gráficas obtenidas de T vs θ , se tomó el valor del radio del rotor (20) $R = 1$ metro, y la profundidad del rotor (20) $Z = 1$ metro. Para el prototipo o máquina (30) se tomará un radio $R = 0.1$ metro, sin embargo, como se explicó en la sección 2.2.4 y 2.2.5, la variación de Z y R solamente influyen en la magnitud del torque promedio que experimenta la máquina (30), siendo ésta variación de parámetros geométricos independiente a la variación que presenta el torque.

Según la sección 2.2.5, la altura de entrada y salida de agua de la máquina (30), son factores dependientes del radio del rotor (20), con base en lo anterior, los valores de h_1 y h_2 para el prototipo de rotor (20) a construir son:

- $h_1 \text{ corregido} = h_1 \cdot R = 0.4 \text{ metros} \cdot 0.1 = 0.04 \text{ metros.}$
- $h_2 \text{ corregido} = h_2 \cdot R = -0.5 \text{ metros} \cdot 0.1 = -0.05 \text{ metros.}$

En la figura No.57, se muestra la tabla No.5 enseñando las dimensiones geométricas del prototipo de rotor (20) en metros.

3.3 Diseño del prototipo

3.3.1 Estator (40). Es el que proporciona la caída del agua que se necesita aprovechar para transformar la energía potencial del fluido en energía mecánica rotacional. Está conformado por placas rectangulares (41, 42) de 3mm de espesor, y una placa curva (40') (placa superior) la cual guía al fluido desde la entrada de la máquina (30) hasta la salida. En la figura No.58 se muestra el estator (40, 40') la máquina hidráulica (30).

Para disminuir la turbulencia del fluido y los remolinos que se pueden generar debido al paso del agua por la máquina (30), es decir entre el estator (40) y el rotor (20), es recomendable suavizar el cambio de sección del estator (40) a la entrada del agua a la máquina (30), para ello, se busca describir cierta curva (43) teniendo en cuenta que el sello debe permanecer. Sin embargo, si la curva (43) es muy grande, es posible que el fluido no aproveche la caída de agua recomendada como se puede

observar en la figura 59 (a – e) y más exactamente en sus figuras c, d y e, casos en los cuales, el agua puede seguir el camino descrito por el estator (40) sin generar presión hidrostática en ciertas placas laterales (23), situación diferente a cuando la curva no es muy grande (ver figura 59 b).

Al describir una curva (45) a la salida del agua del estator (40), se disminuirá la variación del nivel N₂, Al tener una curva grande (43), el agua al salir del estator no salpicará tanto como si no se tuviera una curva o si la curva (45) fuera muy pequeña. En la figura No.59 se presentan diferentes configuraciones a la entrada y salida de agua del estator (40).

Según lo observado anteriormente, es recomendable tener una curvatura pequeña (44) a la entrada de la máquina (30) y una grande (45) a la salida de esta, para el prototipo del estator (40) se tomará un redondeo de 10mm a la entrada y 40mm a la salida de dicho estator (40). La configuración anterior se ilustra en la figura No.60.

3.3.1.1 Tolerancia entre el estator y el rotor. Entre el estator (40) y el rotor (20) se debe asegurar el sello de agua (ver la figura No.61), sin embargo, debe existir un espacio (E) entre ellos que permita el movimiento giratorio libre del rotor (20), es decir sin tener un contacto que genere fricción entre estas dos superficies además, este espacio (E) debe presentar las menores filtraciones de agua posibles.

3.3.2 Placas laterales del conjunto estator – rotor. Se acoplan dos placas laterales (41, 42) a la máquina (30) cada una de 5 mm de espesor con el fin de obtener un fácil montaje y desmontaje al canal (9') e impedir que exista un flujo lateral en las dos caras transversales externas del rotor (20). En la figura No.62 se pueden observar las placas laterales (41, 42) anteriormente mencionadas.

El estator (40) esta acoplado a las placas laterales (41, 42) sin ninguna tolerancia, entre las placas laterales (41, 42) y el rotor (20) debe existir una tolerancia con el fin de que estas no impidan el movimiento giratorio del rotor (20), se estima una tolerancia de 1 mm. La configuración anterior se ilustra en la figura No.63.

3.3.3 Eje. El eje (12) de la máquina hidráulica (30) es de 10 mm de diámetro con una longitud de 74 mm. El eje (12) está apoyado en rodamientos de bola (13, 13') los cuales se encuentran alojados en las placas laterales (41, 42) del conjunto estator (40) – rotor (20) como se muestra en la figura No.64.

Se utilizarán 2 rodamientos (13, 13') (ver figura No. 64) con un diámetro interno de 10 mm y un diámetro externo de 19 mm, su espesor es de 5mm. Para transmitir el par torsor al eje (12), se emplea una chaveta rectangular (14) a lo largo de todo el ancho del rotor (20) tal y como se muestra en la figura No.65.

3.3.4 Conjunto máquina hidráulica para bajas caídas. Una vez acoplado el conjunto estator (40) – rotor (20) junto con sus placas laterales (41, 42), el eje (12) y sus rodamientos (13, 13'); el conjunto de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) se acoplará al canal (9') donde dichas configuraciones constructivas se muestran en las figuras No.66, No.67 y No.68.

Breve descripción de las figuras:

Figura No.1. Muestra una vista frontal de la máquina hidráulica capaz de aprovechar y transformar la energía de saltos de agua de altura mínima, de los investigadores españoles José Javier González y Encarnación Durio Siloniz, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención española ES2005463.

Figura No.2. Muestra una vista frontal de la máquina hidráulica perfeccionada de aplicación preferente a saltos de agua de altura mínima, también de los investigadores españoles José Javier González y Encarnación Durio Siloniz, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención española ES2018938.

Figura No.3. Muestra una vista frontal de un estator de máquinas hidráulicas para saltos de agua con altura de salto muy pequeña, asimismo de los investigadores españoles José Javier González y Encarnación Durio Siloniz, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención española ES2087005.

Figura No.4. Muestra varias vistas de una turbina por acción de aire superficial del solicitante francés M. Antoine de Geofroy, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención francesa FR55741.

Figura No.5. Muestra una vista frontal y varias vistas isométricas de un aéro-motor de alto rendimiento del solicitante francés M. Ernest Emile August Treil, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención francesa FR997942.

Figura No.6. Muestra una vista frontal y varias vistas isométricas de un molino de viento vertical en forma de prisma triangular del solicitante japonés Otsuka Ichitarou, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención japonesa JP57028878.

Figura No.7. Muestra una vista frontal y varias vistas laterales de una rueda de potencia impulsada por agua del solicitante estadounidense William B. Lefler, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención estadounidense US1082883.

Figura No.8. Muestra una vista frontal de un motor de fluidos que se emplea como molino de viento del solicitante estadounidense L. E. Kothe, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención estadounidense US1578835.

Figura No.9. Muestra una vista isométrica de un motor de agua de alimentación de los solicitantes suecos Einar Granath Apelvagen y Alf Granath Apelvagen, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención estadounidense US4076447.

Figura No.10. Muestra una vista frontal de turbina de recolección de viento mejorada del solicitante estadounidense William J. Forrest, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención estadounidense US4204795.

Figura No.11. Muestra una vista isométrica de una planta hidroeléctrica para recuperar energía eléctrica de un flujo de agua que cae por medio de una turbina del

solicitante danés Krogsgaard Joergen Christian, la cual hace parte del estado de la técnica que se enseña en la patente de invención internacional WIPO WO03016710.

Figura No.12. Muestra una vista frontal y una vista lateral isométrica de una maquina hidráulica (10) con rotor hexagonal (1) junto con sus partes y elementos que la componen.

Figura No.13. Muestra una vista lateral isométrica de la maquina hidráulica (10) con rotor hexagonal (1) mostrando un vertedero (4¹) dentro de un canal de conducción (9).

Figura No.14. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) de la maquina hidráulica (10) junto con sus parámetros geométricos.

Figura No.15. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) junto con sus coordenadas cartesianas de cada punto de dicho hexágono (1) con el fin de deducir las ecuaciones de las líneas que lo conforman. Asimismo se puede observar a P₁ y a P₂ desplazados un ángulo de giro θ .

Figura No.16. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se observa como las fuerzas hidrostáticas aplicadas a cada placa de dicho rotor (1) cambian para diferentes ángulos de giro θ , asimismo se pueden observar las posiciones del rotor (1) para 0°, 30°, 60°, y 90°.

Figura No.17. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se observa los niveles de referencia para un ángulo de giro de 60 grados, donde se muestran las líneas sumergidas L₁, L₂ y L₆.

Figura No.18. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se observan sus áreas parciales A.P.S y completamente sumergidas A.C.S para $\theta = 0$.

Figura No.19. Muestra un diagrama de bloques para calcular la fuerza generada por la presión del agua F_p con base a las áreas parcialmente y completamente sumergidas respecto a la profundidad del centro de gravedad de la placa con relación al plano piezométrico (h_p)_g y el área de la superficie sumergida A.

Figura No.20. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se observan la profundidad del centro de gravedad de dos placas sumergidas con relación a su plano piezométrico.

Figura No.21. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se muestran los puntos de intersección y longitudes de las placas sumergidas de dicho rotor (1).

Figura No.22. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se muestran la distancia D perpendicular entre la línea de fuerza F_p y una línea que pasa por el origen del plano XY de dicho rotor (1), para hallar el torque generado por la fuerza hidráulica en el rotor (1).

Figura No.23. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se muestran el torque total para un ángulo de giro θ actuando sobre dicho rotor (1).

Figura No.24. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) donde se muestra la geometría de las coordenadas de los puntos de los vértices del hexágono (1), las

pendientes y los interceptos de las seis líneas que lo conforman para cada ángulo de giro θ , asimismo se muestra el rotor (1) con los parámetros R , α y θ en la hoja de cálculo.

Figura No.25. Muestra las tablas No.1 y No.2, donde se exponen los datos de las coordenadas de los puntos de los vértices del hexágono para $\theta = 0^\circ$ y los datos de las pendientes e interceptos de las líneas que describen el hexágono del rotor (1).

Figura No.26. Muestra la tabla No.3, donde se exponen los datos y parámetros para calcular el estado que presenta cada una de las placas (3) del rotor (1) incluyendo la fuerza hidrostática ejercida sobre dichas placas (3) sumergidas para cierta posición angular.

Figura No.27. Muestra la tabla No.4, donde se exponen los datos necesarios que el programa calcula para encontrar el centro de presión de la fuerza hidrostática y el cálculo del torque generado en cada una de las placas (3) sumergidas del rotor hexagonal (1).

Figura No.28. Muestra una gráfica de torque vs posición angular con los parámetros geométricos de los 120 valores obtenidos de torque que experimenta la maquina hidráulica (10) en función al ángulo de giro θ .

Figura No.29. Muestra una vista frontal del rotor hexagonal (1) enseñando la variación del ángulo α definido por los dos vértices que conforman el lado de menor longitud del hexágono del rotor (1).

Figura No.30. Muestra las graficas del comportamiento del torque T vs posición angular para un ángulo $\alpha = 0^\circ$ del rotor hexagonal (1), asimismo muestra el comportamiento del torque T vs θ variando el α cada diez grados.

Figura No.31. Muestra las graficas del comportamiento del torque promedio T_{prom} vs ángulo α del rotor hexagonal (1), e igualmente el comportamiento de la grafica de la diferencial de torque DT vs el ángulo α .

Figura No.32. Muestra una vista frontal y una vista isométrica del rotor (20) con sección transversal triangular.

Figura No.33. Muestra una vista frontal del rotor (20) con la opción de acoplar varias etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) de sección transversal triangular desfasadas con un ángulo de desfase β .

Figura No.34. Muestra una vista isométrica del rotor (20) con varias etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) desfasada.

Figura No.35. Muestra las graficas del comportamiento del torque T vs posición angular con diferentes ángulos de desfase β para un rotor (20) con dos etapas desfasadas (20a, 20b) desfasadas.

Figura No.36. Muestra las graficas del comportamiento del torque T vs posición angular con diferentes ángulos de desfase β para un rotor (20) con tres etapas desfasadas (20a, 20b, 20c) desfasadas.

Figura No.37. Muestra las graficas del comportamiento del torque T vs posición angular con diferentes ángulos de desfase β para un rotor (20) con cuatro etapas

desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d) desfasadas.

Figura No.38. Muestra las graficas del comportamiento del torque T vs posición angular con diferentes ángulos de desfase β para un rotor (20) con cinco etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) desfasadas.

Figura No.39. Muestra las graficas del comportamiento del torque T vs posición angular con diferentes ángulos de desfase β para un rotor (20) con seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) desfasadas.

Figura No.40. Muestra una grafica de la tendencia en la diferencia entre el Torque máximo $T_{\max}$ y el torque mínimo $T_{\min}$ (ΔT) y el numero de etapas desfasadas que componen el rotor (20).

Figura No.41. Muestra una grafica de la tendencia en la diferencia entre el Torque máximo $T_{\max}$ y el torque mínimo $T_{\min}$ (ΔT) y el ángulo de desfase β para un rotor (20) con seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e).

Figura No.42. Muestra vista isométrica y una vista frontal del rotor (20) con seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) con un ángulo de desfase β de 20° .

Figura No.43. Muestra dos graficas que revelan un paralelo en el comportamiento del torque T vs θ la posición del rotor (20) para una sola etapa (20a) y un rotor (20) para seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) con un ángulo de desfase β de 20° .

Figura No.44. Muestra dos vistas frontales del rotor (20) y el estator (40) de la máquina (30) exponiendo la altura h_2 máxima del estator (40) cuando la posición del rotor (20) está en $\theta = 0^\circ$ y $\theta = 5^\circ$.

Figura No.45. Muestra una vista frontal y dos vistas isométricas del rotor (20) con placas laterales (23) mostrando las direcciones de los flujos axiales que actúan sobre él.

Figura No.46. Muestra varias graficas de T torque vs posición θ para la máquina (30) con estator (40) con diferentes valores en las alturas h_1 .

Figura No.47. Muestra tres vistas frontales de la máquina hidráulica (30) con una altura h_1 mayor que el radio del rotor (20), con una altura menor h_1 que el radio del rotor (20) y con una $h_1 = h_H$.

Figura No.48. Muestra varias graficas de T torque vs posición θ para la máquina (30) con un estator (40) con diferentes valores en las alturas h_2 .

Figura No.49. Muestra dos vistas frontales de la máquina (30) con estator (40) y el rotor (20) exponiendo el torque aplicado en una de las etapas (20a) del rotor (20) para dos posiciones con 5° de diferencia.

Figura No.50. Muestra dos vistas frontales de la máquina (30) con estator (40) y el rotor (20) exponiendo el torque hidrostático para $h_2 = -0.4$ metros en una de las etapas del rotor para dos posiciones con 5° de diferencia.

Figura No.51. Muestra una grafica de T torque vs posición θ para la máquina (30)

con un estator (40) con alturas de $h_1 = 0.4$ m y $h_2 = -0.5$ m.

Figura No.52. Muestra dos graficas de T torque vs posición θ para la máquina (30) con un rotor (20) con profundidad o ancho $Z = 1$ m y $Z = 2$ m.

Figura No.53. Muestra dos graficas de T torque vs posición θ para la máquina (30) con un rotor (20) variando su radio $R = 0.5$ m y $R = 1$ m, e igualmente con un estator (40) variando sus alturas $h_1 = 0.2$ m, $h_2 = -0.25$ m y $h_1 = 0.4$ m, $h_2 = -0.5$ m.

Figura No.54. Muestra una vista isométrica de un canal basculante pequeño (9').

Figura No.55. Muestra una vista lateral derecha del canal basculante pequeño (9').

Figura No.56. Muestra una vista posterior del un canal basculante pequeño (9').

Figura No.57. Muestra la tabla No.5, donde se exponen las dimensiones geométricas de la maquina (30) tanto de su rotor (20) y su estator (40).

Figura No.58. Muestra una vista isométrica del estator (40) y la placa redonda (40') que compone la máquina hidráulica (30).

Figura No.59. Muestra varias vistas frontales de la máquina hidráulica (30) enseñando las posibles curvas del estator (40) a la entrada y salida del agua.

Figura No.60. Muestra una vista frontal de la máquina hidráulica (30) enseñando el estator (40) con un redondeo de 10 mm a la entrada y 40 mm a la salida.

Figura No.61. Muestra una vista frontal y de detalle de la máquina hidráulica (30) enseñando el espacio o tolerancia (E) entre el estator (40) y el rotor (20).

Figura No.62. Muestra dos vistas isométricas de la máquina hidráulica (30) enseñando su estator (40) y su rotor (20) junto las placas laterales (41, 42) que hacen parte del estator (40).

Figura No.63. Muestra una vista frontal y de detalle de la máquina hidráulica (30) enseñando el espacio o tolerancia de 1 mm de las placas laterales externas (41, 42) del estator (40) y el rotor (20).

Figura No.64. Muestra una vista frontal de la máquina hidráulica (30) enseñando los rodamientos de bolas (13, 13') alojados en las placas laterales externas (41, 42) del estator (40) y acoplados al rotor (20).

Figura No.65. Muestra dos vistas isométricas ilustrativas del eje (12) junto con su chaveta (14) y su cuñero que hace parte del rotor (20) y que se acopla a los rodamientos de bola (13, 13') alojados en las placas laterales externas (41, 42) del estator (40).

Figura No.66. Muestra una vista posterior y lateral derecha de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) junto con su estator (40) y su rotor (20).

Figura No.67. Muestra una vista isométrica de toda la máquina hidráulica para bajas caídas (30) junto con su estator (40) y su rotor (20).

Figura No.68.Muestra una vista isométrica de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) instalada en el canal basculante pequeño (9').

Figura No.69.Muestra una vista frontal del rotor (20) junto con sus etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) con un ángulo de desfase β de 20° .

Figura No.70. Muestra una vista frontal, que enseña la configuración constructiva de una lamina triangular equilátera (20a') que compone la primera etapa (20a) desfasada del rotor (20).

Figura No.71.Muestra una vista frontal, que enseña las configuraciones constructivas de las laminas triangulares equiláteras (20b', 20c') que componen la segunda etapa (20b) y la tercera etapa (20c) desfasadas del rotor (20).

Figura No.72.Muestra una vista frontal, que enseña las configuraciones constructivas de las laminas triangulares equiláteras (20d', 20e') que componen la cuarta etapa (20d) y la quinta etapa (20e) desfasadas del rotor (20).

Figura No.73. Muestra una vista frontal, que enseña la configuración constructiva de una lamina triangular equilátera (20f') que compone la sexta etapa (20f) desfasada del rotor (20).

Figura No.74.Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26a, 26) que conforman la primera etapa (20a) desfasada del rotor (20).

Figura No.75.Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26b, 26) que conforman la segunda etapa (20b) desfasada del rotor (20).

Figura No.76. Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26c, 26) que conforman la tercera etapa (20c) desfasada del rotor (20).

Figura No.77.Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26d, 26) que conforman la cuarta etapa (20d) desfasada del rotor (20).

Figura No.78.Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26e, 26) que conforman la quinta etapa (20e) desfasada del rotor (20).

Figura No.79.Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26f, 26) que conforman la sexta etapa (20f) desfasada del rotor (20).

Figura No.79.Muestra una vista frontal y dos vistas laterales, que enseñan la configuración constructiva de un marco tubular equilátero (26f, 26) que conforman la sexta etapa (20f) desfasada del rotor (20).

Figura No.80.Muestra una vista frontal, una vista lateral derecha y una vista

isométrica, que enseñan la configuración constructiva de los discos (27, 27') que acoplados a los extremos de la primera etapa (20a) y sexta etapa (20f) e igualmente van soldados al buje de eje (15) del rotor (20).

Figura No.81. Muestra una vista frontal, que enseña la configuración constructiva de las laminas triangulares equiláteras (20a^{'''}, 20f^{'''}) que componen la primera etapa (20a) y la sexta etapa (20f) desfasada del rotor (20).

Figura No.82. Muestran vistas isométricas, que enseñan la configuración constructiva de la primera etapa (20a) del rotor (20).

Figura No.83. Muestra una vista frontal, que enseña la configuración constructiva de las laminas triangulares equiláteras (20b', 20c', 20d', 20e') que componen la segunda, tercera, cuarta y quinta etapas (20b, 20c, 20d, 20e) desfasadas del rotor (20).

Figura No.84. Muestran vistas isométricas, que enseñan la configuración constructiva de la segunda etapa (20b) y la tercera etapa del rotor (20).

Figura No.85. Muestra una vista frontal en corte, que enseña el orden y el montaje de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e) desfasadas acopladas al eje (12) y al eje de buje (15) que conforman todo el rotor (20).

Figura No.86. Muestra una vista isométrica, que enseña toda la configuración constructiva del rotor (20) mostrando la ubicación de las aletas o placas (23).

Figura No.87. Muestra una vista frontal, una vista lateral izquierda y una vista isométrica que enseña la configuración constructiva del eje (12) y su chaveta (12a).

Figura No.88. Muestra una vista frontal, una vista lateral izquierda y una vista isométrica que enseña la configuración constructiva del eje de buje (15) y su chaveta (12a).

Figura No.89. Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje de la primera etapa (20a).

Figura No.90. Muestra una vista frontal, que enseña el proceso de ensamblaje de uno de los discos (27, 27') en el extremo del buje (15).

Figura No.91. Muestra una vista frontal, que enseña el proceso de ensamblaje del buje (15) en el eje (12) asegurándolo con el cuñero (15a), las cuñas o ranuras (12'', 12''') y las chavetas (12a)).

Figura No.92. Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje en la etapa de soldado del marco tubular (26a) en las periferias de las láminas superpuestas entre sí de 3mm (20a', 20a'').

Figura No.93. Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje atornillando las láminas de 3mm (20a', 20a'') al disco soldado (27) en el buje (15).

Figura No.94. Muestra una vista frontal, que enseña las parejas que deben ser

unidas entre sí para conformar cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20).

Figura No.95.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje de los O-rings (15 g) más próximos al disco (27).

Figura No.96.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje de un par de láminas 3 mm (20a''') y 2.9 mm (20b') de la etapa (20b) en la posición de desfase correcta de 20°, igualmente enseña el proceso de soldar en la periferia un marco tubular (26) a la lamina (20a'''), colocando encima de la lámina (20a''') la lámina (20b').

Figura No.97.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje en la etapa de soldado de un marco tubular triangular (26b) en la periferia de la lámina libre (20b'), también se muestra la instalación del tercer O-ring (15g).

Figura No.98.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje de un par de láminas de 2.9 mm (20b''), (20c') en la posición de desfase correcta de 20°, igualmente enseña el proceso de soldar en la periferia del marco tubular (26b) la lamina (20b'') y al mismo tiempo colocar encima de esta, la lámina (20c'), también se muestra la instalación el cuarto O-ring (15g).

Figura No.99.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje de los cuatro marcos tubulares (26c, 26d, 26e, 26f) junto con sus parejas de láminas (20c', 20c'', 20d', 20d'', 20e', 20e'') y una terna de láminas (20f', 20f'', 20f''').

Figura No.100.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje en la etapa de soldado del segundo disco (27') al buje (15).

Figura No.101.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje en la etapa de soldado del marco tubular (26f) a la lámina de (20f''').

Figura No.102.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje en la etapa de soldado del marco tubular (26f) las láminas (20f', 20f'') en su periferia.

Figura No.103.Muestra una vista isométrica, que enseña el proceso de ensamblaje en la etapa de colocación de la última lámina (20f') pernando los tornillos avellanados M4 con el disco (27').

Figura No.104.Muestra cuatro vistas isométricas, que enseñan el proceso de ensamblaje en la etapa de soldado de las aletas (23) en los extremos de cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20).

Figura No.105.Muestra dos vistas isométricas, que enseñan la configuración constructiva del estator (40) que conforma la máquina hidráulica para bajas caídas (30).

Figura No.106.Muestra una vista isométrica, que enseñan la configuración constructiva de toda la máquina hidráulica para bajas caídas (30) junto con su estator (40) y su rotor (20).

Descripción detallada de la Invención:

En esta descripción detallada de la invención, se describirán las características técnicas constructivas y sus respectivos parámetros de diseño que componen la maquina hidráulica para bajas caídas (30), que se obtuvieron a partir de los análisis y estudios teóricos anteriormente citados.

La maquina hidráulica para bajas caídas (30) se compone de un estator (40), un rotor (20), un buje de eje (15), un par de rodamientos de bola (13, 13') y un eje (12), estos elementos a continuación se describirán junto con su respectiva composición constructiva e igualmente junto con su respectiva interacción para conformar toda la maquina hidráulica (30), de la siguiente manera:

En la figura No.69 se enseñan un rotor (20) que está conformado por seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) entre sí, cuyo desfase entre etapas se cuantifica por medio de un ángulo de desfase β , en donde el ángulo de desfase β es igual a 20° , este ángulo es el más optimo, ya que presenta una menor variación en la magnitud del torque en el rotor (20) y por ende en la maquina hidráulica (30).

En las figuras No.70, No.71, No.72 y No.73, se puede observar que cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) se compone de una serie de laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') elaboradas en material de aluminio con espesores de 3 mm y de 2.9 mm, cada lamina tiene tres lados o vértices iguales (22a, 22a', 22a'', 22b, 22b', 22b'', 22c, 22c', 22c'', 22d, 22d', 22d'', 22e, 22e', 22e'', 22f, 22f', 22f'') donde cada vértice tiene una longitud (a) de 606.22 mm, dichos vértices cuando se interceptan forman tres puntas (21a, 21a', 21a'', 21b, 21b', 21b'', 21c, 21c', 21c'', 21d, 21d', 21d'', 21e, 21e', 21e'', 21f, 21f', 21f''), dichas puntas forman un diámetro (b) imaginario de 700mm externamente, asimismo cada lamina triangular equilátera (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') cuenta con un perforación circular central (24) de diámetro (c) de 50 mm, algunas de ellas cuentan con perforaciones equidistantes (25a, 25b, 25c, 25d, 25e, 25f) (ver figuras No.81, No.82) alrededor de diámetros mas grandes guardando concentricidad con la perforación central circular (24), igualmente cada una de las laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') que conforman cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) tienen su correspondiente configuración, posición y ubicación dentro del rotor (20), en donde cada etapa se describirá subsiguientemente.

En cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) que conforman todo el rotor (20) que poseen laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') también se componen cada una de ellas de un marco tubular triangular equilátero (26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f) (ver figuras No.74, No.75, No.76, No.77, No.78, No.79), dicho marco tubular triangular (26) está elaborado a partir de tres tubos de aluminio rectangulares (26a', 26a'', 26a''', 26b', 26b'', 26b''', 26c', 26c'', 26c''', 26d', 26d'', 26d''', 26e', 26e'', 26e''', 26f', 26f'', 26f''') de longitud de 2" (50.8 mm), con ancho de 1" (25.4 mm) y con un espesor de 1.5 mm, cada tubo rectangular tiene una longitud externa (d) de 606.2 mm y una longitud interna (e) de 518,2 mm que cortados entre sí, son dispuestos para constituir un marco tubular triangular equilátero (26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f) donde sus respectivas puntas forman un diámetro (f) imaginario de 700 mm externamente, dichos marcos tubulares triangulares (26) se disponen alrededor de los bordes de las laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') actuando como soporte, proporcionando resistencia estructural a cada lamina (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') y por ende a

cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) que conforman el rotor (20), igualmente dicho rotor (20) además cuenta con dos discos (27, 27') de la misma configuración constructiva (ver figura No.80) ubicados cada uno en sus dos extremos para ajustar y asegurar su etapa inicial (20a) y su etapa final (20f), dichos discos (27, 27') tienen un diámetro externo (g) de 220 mm, están elaborados en acero A36 y tienen un espesor (h) de 5/8" (15.9 mm), asimismo cuentan con cuatro perforaciones (27a, 27b, 27c, 27d, 27a', 27b', 27c', 27d') ubicadas equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (i) de 140 mm, dichas perforaciones tienen una profundidad de 1/2" (12.7 mm) para roscas de M4, igualmente cuentan con agujero pasante central (28) que tiene un diámetro interno (j) de 48 mm, este agujero (28) se ajusta al diámetro exterior del buje de eje (15) para dar sujeción y ajuste a las etapas del rotor (20), asimismo transmitir el movimiento rotacional de dicho buje de eje (15) al eje (12), donde dicho movimiento es producido por la presión del agua cuando golpea contra las etapas del rotor (20).

Como se observa en las figuras No.81, No.82, No.83 y No.84, tal y como se explico anteriormente cada una de las laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') que conforman cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f), tienen su correspondiente configuración, posición y ubicación dentro del rotor (20), para la etapa (20a) inicial y la etapa (20f) final del rotor (20), poseen la misma configuración constructiva que consiste en dos laminas triangulares equiláteras (20a', 20a'', 20f', 20f'') donde cada lamina tiene un espesor de 3 mm y están superpuestas entre sí, cada una de ellas cuenta con cuatro perforaciones coincidentes (25a, 25f) ubicadas equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (k) de 140 mm, para alojar cuatro tornillos avellanados de 4 mm, asimismo cuenta con otra lamina triangular equilátera (20a''', 20f''') de espesor de 3 mm separada entre sí de las otras dos laminas superpuestas (20a', 20a'', 20f', 20f'') por un marco tubular (26), dicha lamina triangular (20a''', 20f''') también cuenta con seis perforaciones pasantes (29a, 29f) ubicadas equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (l) de 280 mm para tornillos de 6 mm, dicho marco tubular (26) esta soldado en los bordes de las laminas (20a', 20a'', 20f', 20f'') y de las laminas (20a''', 20f'''). Para las etapas (20b, 20c, 20d, 20e) ubicadas en la parte central del rotor (20) poseen la misma configuración constructiva que consiste en dos laminas triangulares equiláteras (20b', 20b'', 20c', 20c'', 20d', 20d'', 20e', 20e'') donde cada lamina tiene un espesor de 2.9 mm, la cual están separadas entre sí por un marco tubular (26) y están soldadas a este, cada lamina cuenta con seis perforaciones pasantes (29b, 29c, 29d, 29e) equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (m) de 280 mm para tornillos de 6 mm, también cuentan con la perforación circular central (24) de diámetro (c) de 50 mm la cual está diseñada para ajustarse al diámetro exterior del buje de eje (15). La ubicación de las etapas están establecidas en el rotor (20) de la siguiente forma: etapa inicial (20a), etapas intermedias en su orden (20b), (20c), (20d), (20e) y etapa final (20f), (ver figura No.85), dichas etapas en su orden establecido junto su ángulo de desfase β de 20° están unidas y soldadas entre sí por unas pequeñas placas o aletas laterales (23) en forma de arcos descritos por la circunferencia en el que está configurado el rotor (20), donde dichas placas o aletas laterales (23) están ubicadas hacia los extremos de cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) (ver figura No.86), estas placas o aletas laterales (23) esta diseñadas para que el agua puede fluir axialmente en la máquina hidráulica (30) haciéndola funcionar como una compuerta giratoria, evitando que el flujo del agua se encuentre en sentido contrario pudiéndose generar algún un torque que podría flexionar el eje (12) y su buje (15), igualmente contrarrestando el torque ejercido sobre la máquina (30) asegurando que continúe trabajando como una compuerta giratoria.

Según como se observa en las figuras No.87 y No.88, el eje (12) y un buje de eje (15) la cual también hacen parte del rotor (20), el eje (12) está elaborado en acero AISI 1045, tiene una longitud (n) de 470 mm y un máximo diámetro (o) de 1 1/4" (31.75 mm), asimismo tiene tres ranuras (12', 12'', 12''') en sus extremos, una de ellas (12') está destinada para colocar una chaveta (12a) el cual se conectara a un acople que está conectado a otro eje que hace parte de una maquina generadora de energía eléctrica, las otras dos ranuras (12'', 12''') están ubicadas igualmente a los dos extremos del eje (12) para colocar dos chavetas (12a) con el fin de acoplarse con el buje de eje (15), dicho buje (15) está elaborado en acero AISI 1518, tiene una longitud (p) de 334 mm, un diámetro externo (q) de 50 mm y un diámetro interior (r) pasante de 1 1/4" (31.75 mm), asimismo cuenta con una ranura pasante o cuñero (15a) para poder acoplarse al eje (12), del mismo modo cuenta con 10 ranuras exteriores (15b, 15c, 15d, 15e, 15f) ubicadas por parejas a lo largo del todo el buje (15) y espaciadas entre sí, dichas ranuras exteriores (15b, 15c, 15d, 15e, 15f), se emplean para colocar varios anillos de caucho llamados O'rings (15g) (ver figuras No.84 y No.85) para sujetar las laminas triangulares (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') que conforman las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f), al mismo tiempo ofrecen el selle entre las etapas y dicho buje (15).

Después de haber expuesto todos los elementos y cada una de sus características que conforman el rotor (20), se muestra a continuación su proceso de ensamblado, explicando cómo interactúan entre si todos sus elementos y características técnicas que lo componen, de la siguiente manera:

1. Colocar uno de los discos (27) y dos láminas de 3 mm (20a', 20a'') en su posición correcta para realizar las 4 perforaciones coincidentes (25a) para tornillos avellanados M4. La lamina (20a') tiene perforaciones avellanadas M4 y la lamina (20a'') tiene perforaciones pasantes M4 que coinciden con las perforaciones (27a, 27b, 27c, 27d) del disco (27). Repetir las anteriores operaciones para la construcción de la etapa (20f) con el otro disco (27') y otras dos láminas de 3 mm (20a', 20a''), el sentido de los tornillos avellanados es dejando la cabeza por fuera e introduciéndose de la parte externa hacia adentro, ver figura No.89.
2. Soldar uno de los discos (27, 27') en el extremo del buje (15). Ver figura No.90.
3. Ensamblar el buje (15) en el eje (12) y asegurarlo con el cuñero (15a), las cuñas o ranuras (12'', 12''') y las chavetas (12a). Ver figura No.91.
4. Soldar un marco tubular (26a) en las periferias de las láminas superpuestas entre sí de 3mm (20a', 20a'') mencionadas en el paso 1. Ver figura No.92.
5. Pernar las láminas de 3mm (20a', 20a'') al disco soldado (27) en el buje (15). Ver figura No.93.
6. Unir las láminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') de todas las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) que se encuentran perforadas con tornillos M4 y M6 con arandela, guasa y tuerca de seguridad, teniendo en cuenta que entre las láminas hay un ángulo de desfase de 20°, en la grafica

No.94, se observan las parejas que deben ser unidas entre sí para conformar cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f), dichas láminas se deben pernar siempre entre parejas.

7. Instalar o-rings (15g) más próximo al disco (27). Ver figura No.95.

8. Juntar el conjunto del paso 4 con un par de láminas 3 mm (20a''') y 2.9 mm (20b') del paso 5 en la posición de desfase correcta de 20°. Soldar en la periferia del marco tubular (26) la lamina (20a'''), al mismo tiempo se coloca encima de la lámina (20a''') la lámina (20b') que tiene seis perforaciones pasantes (29b) con su respectivo ángulo de desfase de 20°, y por último se instala un segundo O-ring (15g). Ver figura 96.

9. Soldar otro marco tubular triangular (26b) en la periferia de la lámina libre (20b'), e instalar el tercer O-ring (15g). Ver figura No.97.

10. Colocar un par de láminas de 2.9 mm (20b''), (20c') del paso 6 en la posición de desfase correcta de 20°. Soldar en la periferia del marco tubular (26b) la lamina (20b'') y al mismo tiempo colocar encima de esta, la lámina (20c') que tiene igualmente seis perforaciones pasantes (29c) con su respectivo ángulo de desfase de 20° y por último se instala el cuarto O-ring (15g). Ver figura No.98.

11. Repetir los pasos 9 y 10 hasta emplear cuatro marcos tubulares (26c, 26d, 26e, 26f) junto con sus parejas de láminas (20c', 20c'', 20d', 20d'', 20e', 20e'') de espesor de 2.9 mm y una terna de láminas (20f', 20f'', 20f''') de espesor de 3 mm. Ver figura No.99.

12. Soldar el segundo disco (27') al buje (15). Ver figura No.100.

13. Soldar el último marco tubular (26f) a la lámina de (20f''') de espesor de 3mm. Ver figura No.101.

14. Soldar al marco tubular (26f) las láminas (20f', 20f'') de espesor de 3mm en su periferia. Ver figura No.102.

15. Colocar la última lámina (20f') y pernar los tornillos avellanados M4 con el disco (27'). Ver figura 103.

16. Soldar aletas (23) en los extremos de cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f). Estas aletas (23) se soldan traslapadas a las parejas de laminas triangulares (20a', 20a'', 20a''', 20b', 20b'', 20c', 20c'', 20d', 20d'', 20e', 20e'', 20f', 20f'', 20f''') unidas por los tornillos avellanados M4 y M6. (Paso 4). Ver figura No.104.

En la figura No.105, se enseñan un estator (40) que está conformado por una placa curva (40') elaborada en acrílico, la cual tiene un espesor definido igual al espesor del rotor (20), dicha placa curva (40') está clasificada en tres secciones, sección de entrada (40a'), sección central (40b') y sección de salida (40c'), en la sección central

(40b') se encuentra una curvatura (43) la cual se encuentra definida por el diámetro exterior del rotor (20), en la sección de entrada (40a') presenta una altura mayor $h_1 = 0.4$ metros con respecto a la altura de la sección de salida (40c'), asimismo dicha sección de entrada (40a') cuenta con una curvatura pequeña (44) donde tiene un redondeo de 10 mm a la entrada del estator (40'), la sección de salida (40c') presenta una altura menor de $h_2 = -0.5$ metros, con respecto a la altura de la sección de entrada (40a'), la sección de salida (40c') además cuenta con una curvatura grande (45) donde tiene un redondeo de 40 mm a la salida del estator (40'), la configuración anterior también se ilustra en las figuras No.58, No.59, No.60, No.61 y No.62.

El estator (40) también se encuentra conformando por dos placas laterales (41, 42) de 5mm de espesor elaboradas en acrílico, dichas placas (41, 42) se ensamblan a cada lado de la placa curva (40'), cada placa (41, 42) cuenta con un agujero central (41a, 42a) para ubicar, ajustar y ensamblar los rodamientos de bola (13, 13') con el fin de acoplar el eje (12) del rotor (20) a dichos rodamientos (13, 13') y por ende al estator (40), además dichas placas laterales (41, 42) tienen como función lograr un fácil montaje y desmontaje sobre un canal (9'), e impedir que exista un flujo lateral en las dos caras transversales externas del rotor (20). La configuración anterior se muestra en las figuras No.62, No.63, No.64, No.66, No.67 y No.68.

En el estator (40) se debe asegurar un sello de agua (ver la figura No.61), para esto tiene un espacio (E) entre el estator (40) y el rotor (20), que permite el movimiento giratorio libre del rotor (20) evitando un contacto que genere fricción entre las dos superficies de estos dos elementos, este espacio (E) tiene como característica presentar las menores filtraciones de agua posibles, del mismo modo el estator (40) junto con sus dos placas laterales (41, 42) y el rotor (20) tienen un espacio o tolerancia con el fin de que estas no impidan el movimiento giratorio de dicho rotor (20), la cual se estima dicha tolerancia o espacio de 1 mm, dicha configuración anterior se ilustra en la figura No.63.

En las figuras No.67 y No.106, se observa la máquina hidráulica para bajas caídas (30) la cual se compone de un estator (40) y un rotor (20) acoplados entre sí, mediante un eje (12) y unos rodamientos (13, 13'), donde dicha máquina hidráulica (30) a su vez se acopla a un canal (9'), donde dicho canal (9') (ver figura No.68) actuara como guía del fluido hidráulico a manera de tubería conduciendo dicho fluido hacia la maquina (30) e igualmente actuara como soporte estructural de la maquina hidráulica para bajas caídas (30).

Análisis experimental de la maquina hidráulica para bajas caídas (30):

Con base a los análisis y estudios citados anteriormente junto con el proceso de construcción de una maquina hidráulica para bajas caídas (30), e igualmente con la descripción e ilustración de sus características técnicas esenciales constructivas que la conforman y su respectiva interacción entre dichas características, se efectuaron los posteriores análisis dinámicos y experimentales de la maquina hidráulica (30) para observar su comportamiento y funcionamiento, después de realizar dichos estudios, estos fueron sus respectivos resultados:

- El óptimo diseño junto con la configuración constructiva de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) presenta mejores características de funcionamiento que el modelo anterior (10) (rotor hexagonal (1)), según lo observado en el diseño inicial, se presentan variaciones en el nivel a la salida del agua, además de un salto del agua a la entrada de la máquina (10) en sentido contrario al flujo, este modelo (10) presenta una velocidad angular variable; por el contrario, en la máquina hidráulica (30) se observa que tanto el nivel de entrada como el de salida del agua a la máquina (30) permanecen constantes durante todo su funcionamiento proporcionando una velocidad angular constante en la máquina para baja caídas (30).
- En las pruebas experimentales, empleando una máquina hidráulica (30) con las siguientes propiedades: $R = 0.1$ metros, $\alpha = 0^\circ$, $\beta = 20^\circ$, $Z = 0.06$ m, $\Delta H = 0.031$ m y un caudal $Q = 1.9$ lit/seg se pudo obtener una velocidad angular $\omega = 79$ rpm aparentemente constante (es posible que la velocidad angular presente variaciones las cuales deben ser muy pequeñas, pues a simple vista y con el instrumento de medida utilizado no fue posible percibir las, para verificar este hecho, es necesario medir el torque directamente en el eje (12) de la máquina (30)).
- Uno de los factores que afecta la variación del torque es la altura del estator (40) a la salida del agua, al aumentar esta altura, empiezan a presentarse pequeños valles y crestas en las graficas de T vs θ ; por el contrario, si se reduce la altura aparece un torque contrario al movimiento giratorio de la máquina (30), lo cual genera una disminución en el Torque promedio, sin embargo, es preferible que disminuya el torque en su magnitud mas no que aumente su variación. Según los análisis realizados se deduce que los rangos óptimos para el trabajo de la máquina hidráulica (30) son $h_1 = 0.4R$ y $h_2 = 0.5R$.
- Para un rotor (20) con seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) su ángulo óptimo de desfase es $\beta = 20^\circ$, comparando el nuevo modelo del rotor (20) con el modelo del rotor inicial (rotor triangular sin etapas desfasadas), se encontró que la variación del torque presente en el funcionamiento de la máquina hidráulica (30) se reduce en un 90%.
- Pese a su gran magnitud de torque, la geometría triangular presenta problemas de variación en dicha magnitud, sin embargo, conservando la misma profundidad Z , se observó que un rotor (20) conformado por varias etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) disminuye la variación de torque generado por la fuerza hidrostática.
- Las propiedades de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) dependen de sus parámetros geométricos e hidráulicos, algunos de los parámetros simplemente aumentan o disminuyen la magnitud del torque; parámetros como el ángulo α (define la geometría del rotor (20)), el ángulo de desfase β y el rango de caída de agua ΔH , son parámetros de los cuales depende la variación del torque presente en la máquina (30). Con base a los análisis realizados y a resultados obtenidos, se establecieron criterios para determinar los valores óptimos de dichas variables consiguiendo un buen funcionamiento de la máquina hidráulica (30).

- Los resultados obtenidos en los diferentes modelos analizados demuestran que a medida que el ángulo α disminuye, la presión hidrostática aplicada a cada una de las caras laterales (26) que conforman el rotor (20) generan un mayor torque en la máquina (30), es decir, un rotor (20) con geometría triangular proporciona un mayor torque que un rotor hexagonal (1).
- Con base a los análisis realizados para los diferentes modelos, se demostró que mientras mayor sea la diferencia entre los niveles de entrada y salida de agua, mayor será el torque promedio que experimenta la máquina hidráulica (30) debido a la presión hidrostática ejercida en cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) que conforma el rotor (20).
- La profundidad Z y el radio R del rotor (20), son parámetros geométricos que no afectan la variación del torque, simplemente aumentan o disminuyen el torque promedio, debido a que aumentan o disminuyen las áreas sumergidas y por consiguiente la fuerza aplicada en cada una de ellas.
- El agua al salir de la máquina (30) presenta un salto considerable que alcanza aproximadamente la altura por donde pasa el eje (12) del rotor (20), el torque que se podría aprovechar con la máquina (30) disminuye debido al contra torque generado por la gran cantidad de agua estancada entre el estator (40) y el rotor (20) a la salida de la máquina (30), además de la pequeña caída de agua que se está utilizando. Para contrarrestar este efecto, se debe aumentar la altura hze del estator (40) aprovechando así, una mayor diferencia entre los niveles de agua, teniendo en cuenta los rangos de alturas definidos en el análisis hidrostático del punto No.2 citado anteriormente.
- Teniendo en cuenta que el torque que se podría aprovechar con la máquina (30) pudo haber sido mayor, se observó que la velocidad angular con la que giraba la máquina (30) fue uniforme, esto se debe a que la máquina (30), a pesar de que aprovecha una caída de agua pequeña, está trabajando dentro de los rangos de alturas definidos en el análisis hidrostático del punto No.2 citado anteriormente para variaciones de torque mínimas.
- La pendiente que presenta la caída del agua al ingresar a la máquina hidráulica (30) aumenta el porcentaje de error entre el análisis teórico y el análisis experimental, esto debido a que en el análisis teórico se consideró el punto de intersección entre las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20) y el nivel de agua N1 como constante mientras que en las pruebas experimentales se observó que dicho punto de intersección varía conforme cambia la posición angular del rotor (20).
- El volumen de control ideal para el análisis de la máquina hidráulica para bajas caídas (30) es el volumen que ocupa el fluido en el interior de la máquina (30) durante todo su funcionamiento, con el volumen de control V.C. analizado no se está teniendo en cuenta el torque producido por las fuerzas másicas debidas al peso del agua estancada entre las diferentes etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20) y el estator (40); en el análisis elaborado, se está utilizando un valor de torque flecha aproximado lo cual aumenta el porcentaje de error presente entre el análisis teórico y experimental.

- Las filtraciones de agua entre el rotor (20) y las placas laterales (41, 42) del conjunto estator (40) – rotor (20) reflejan pérdidas en cuanto a la energía rotacional que se puede transferir a la máquina hidráulica (30), dichas pérdidas no se tuvieron en cuenta en el análisis teórico, convirtiéndose en un factor más que aumenta el porcentaje de error con el análisis experimental.

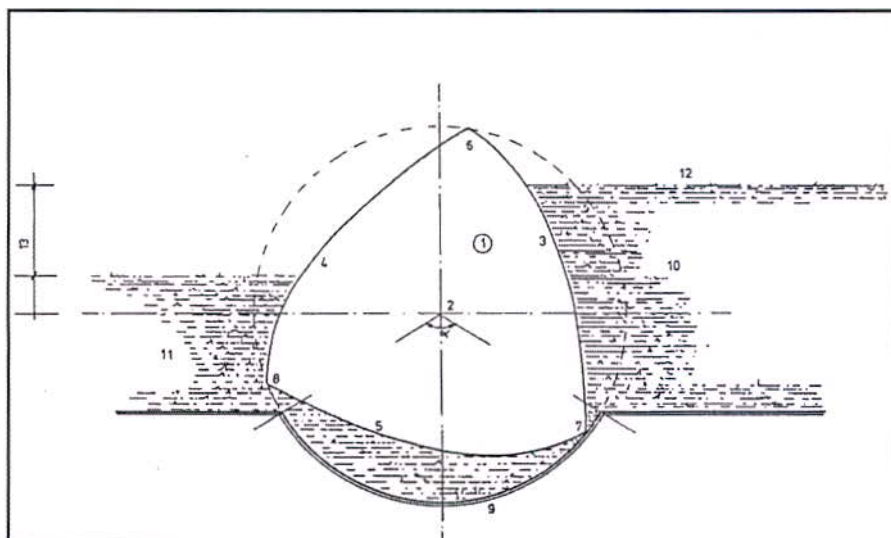


Fig. No.1
Estado de la técnica

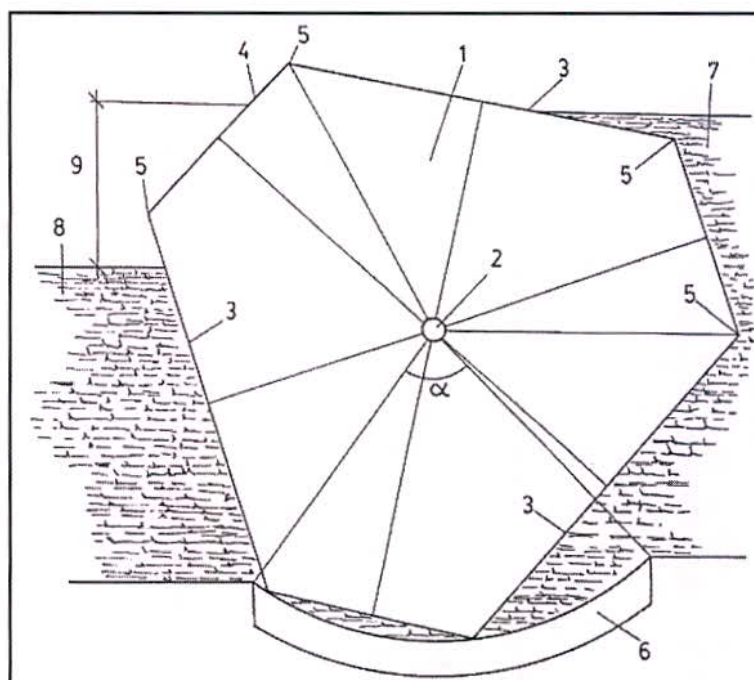


Fig. No.2
Estado de la técnica

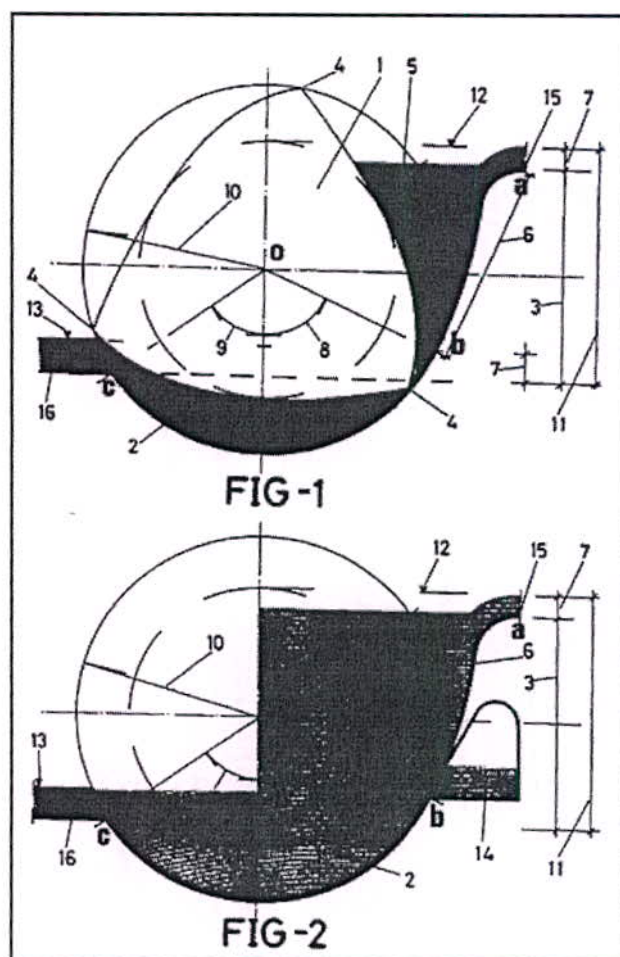


Fig. No.3
Estado de la técnica

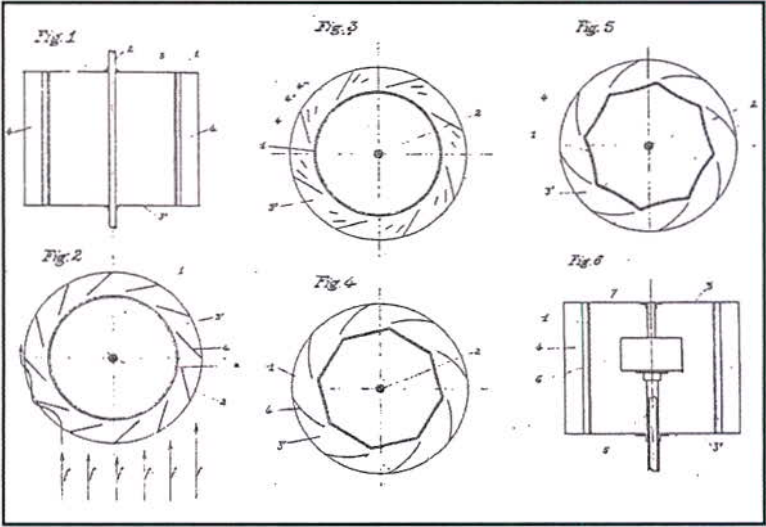


Fig. No.4
Estado de la técnica

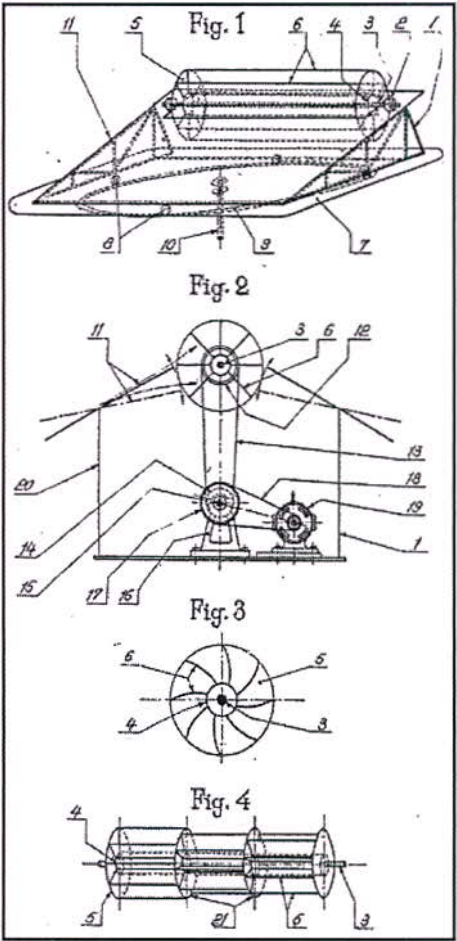


Fig. No.5
Estado de la técnica

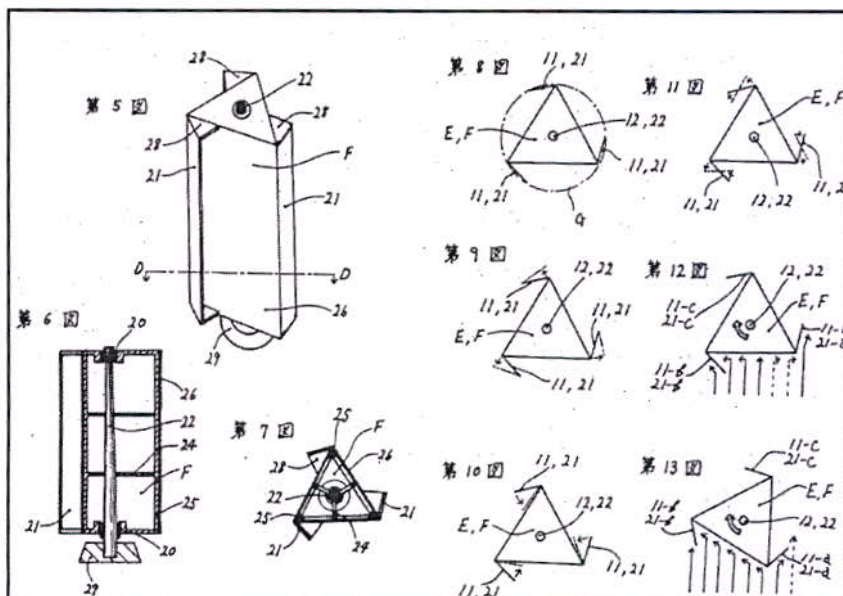
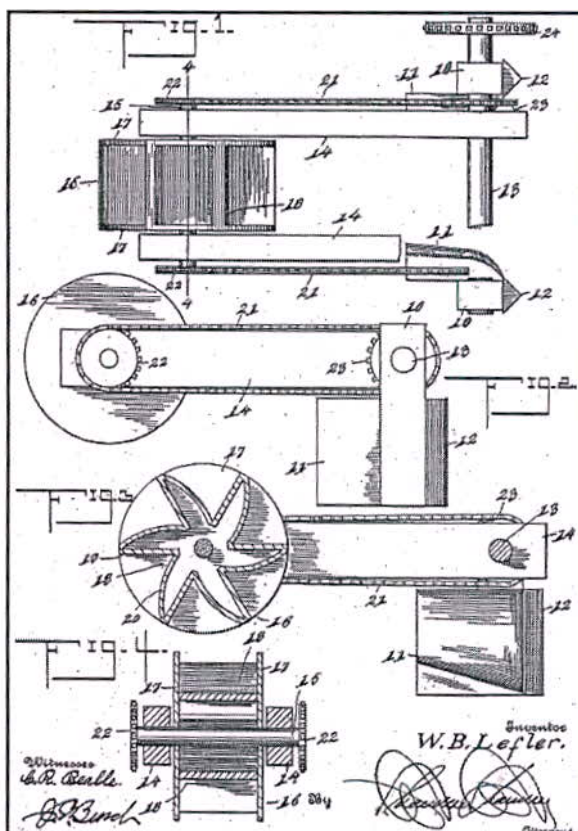


Fig. No.6
Estado de la técnica



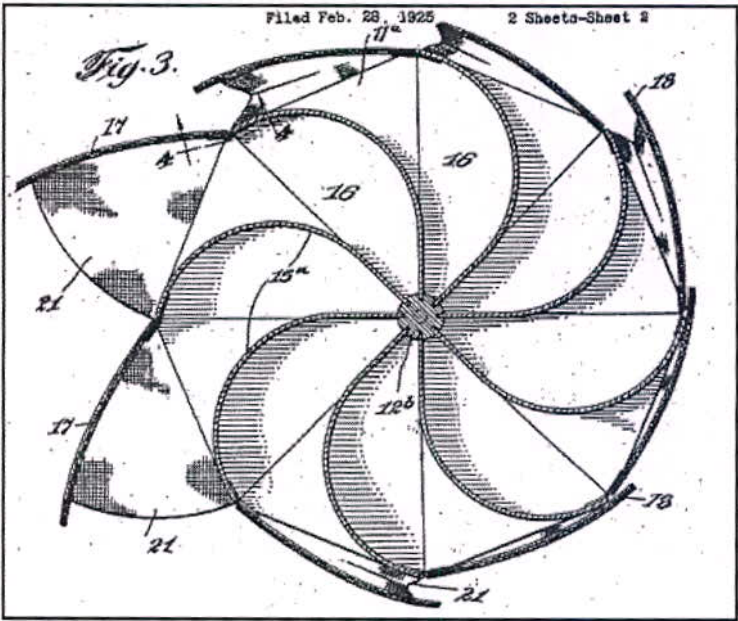


Fig. No.8
Estado de la técnica

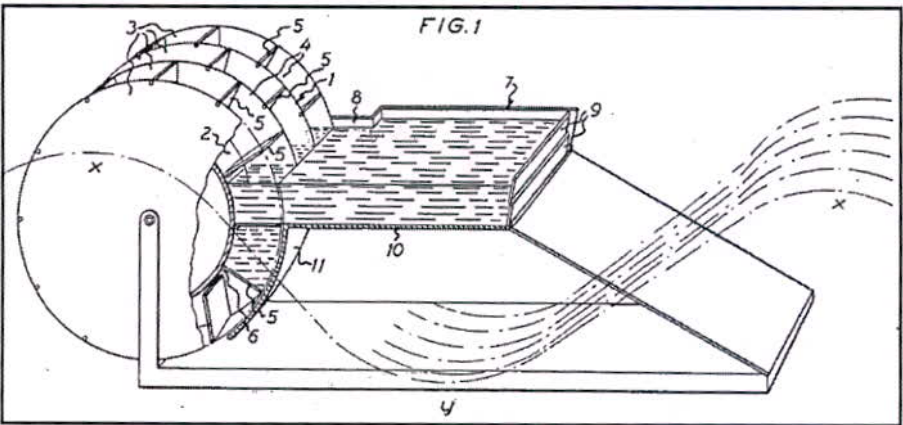


Fig. No. 9
Estado de la técnica

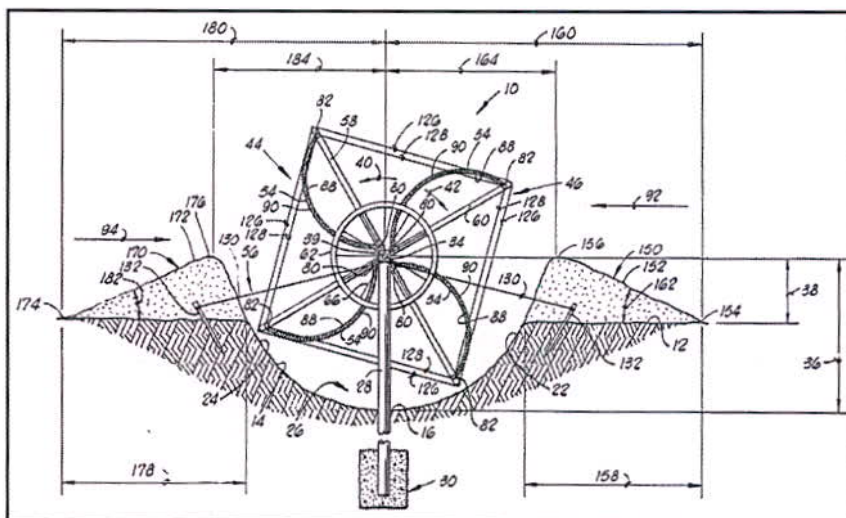


Fig. No.10
Estado de la técnica

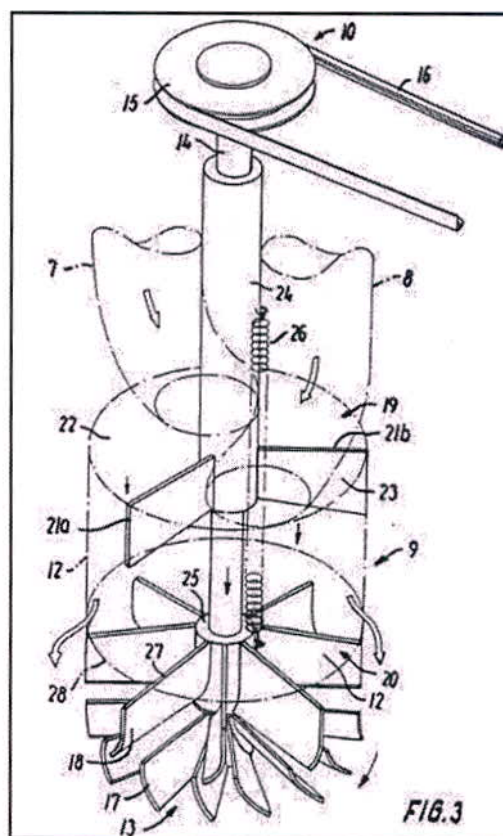


Fig. No.11
Estado de la técnica

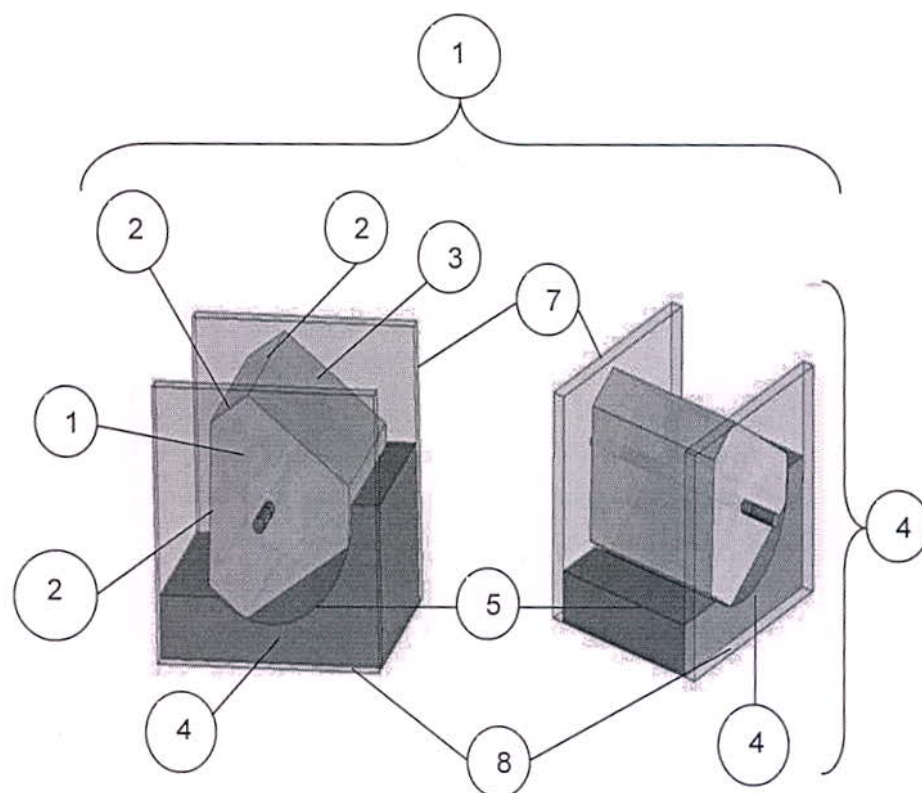


Fig. No.12

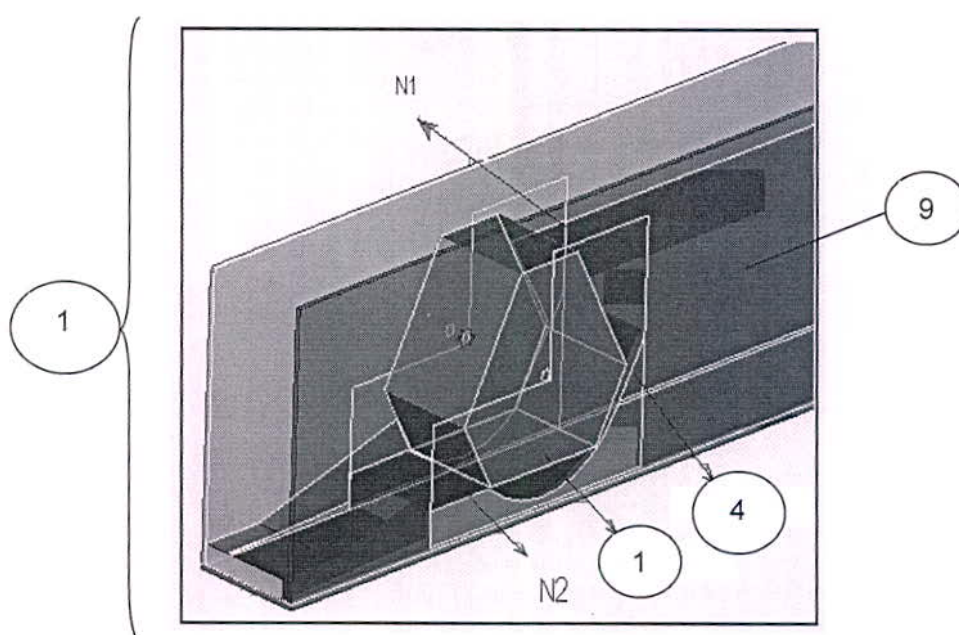


Fig. No.13

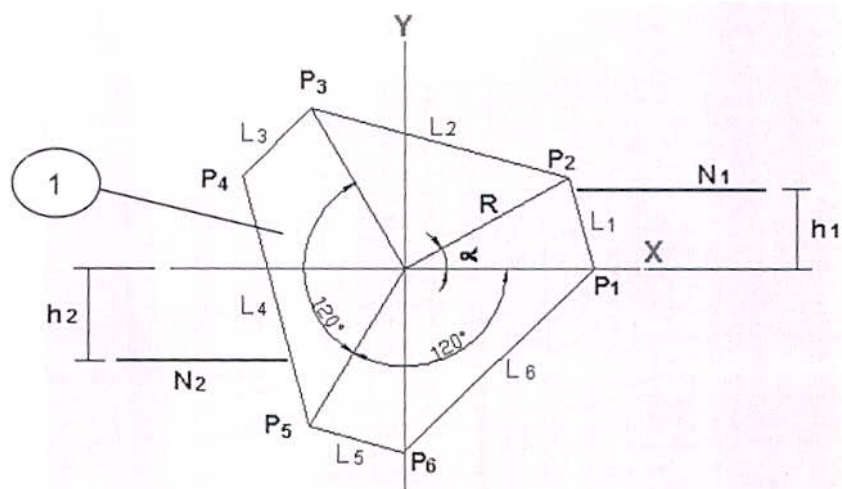


Fig. No.14

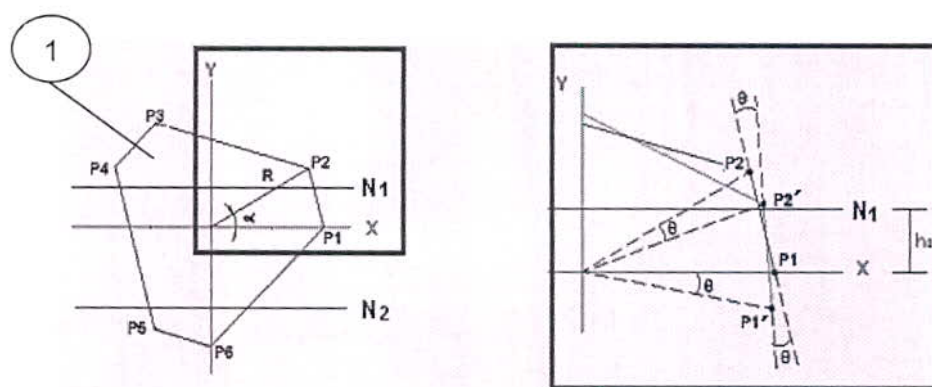


Fig. No.15

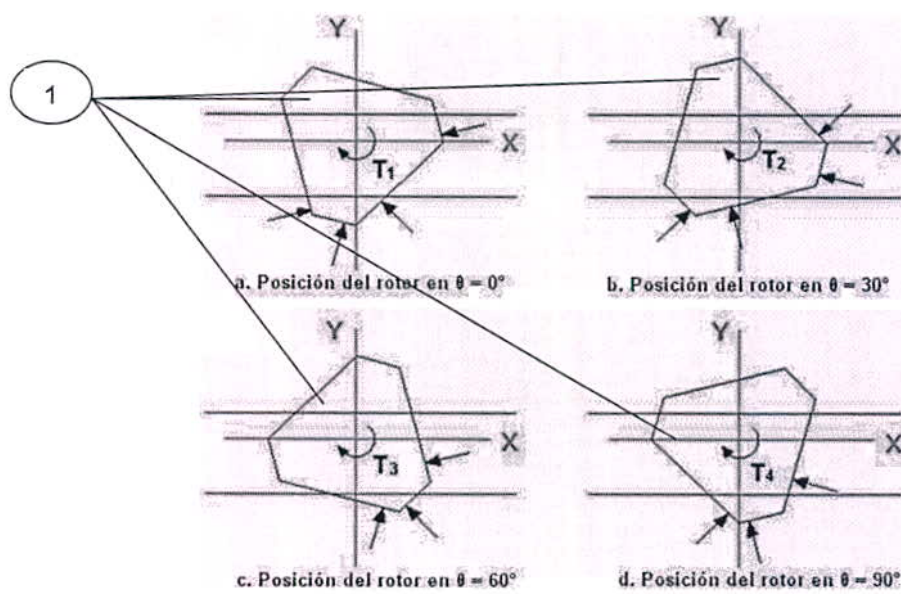


Fig. No.16

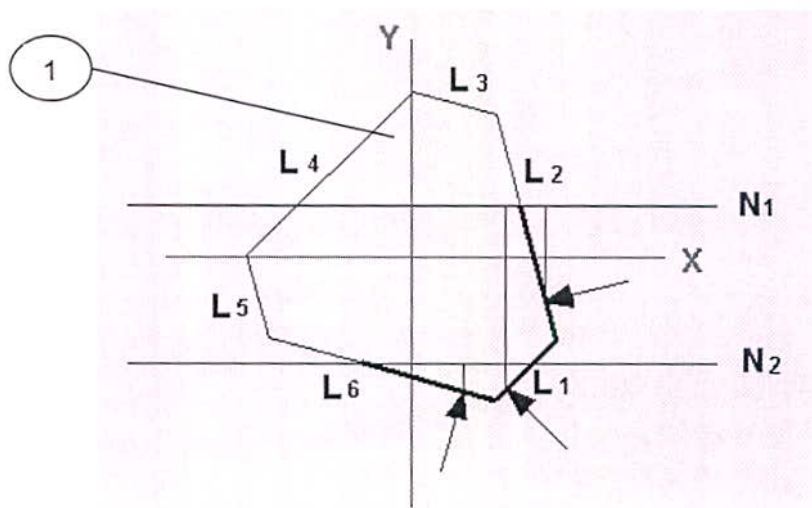


Fig. No.17

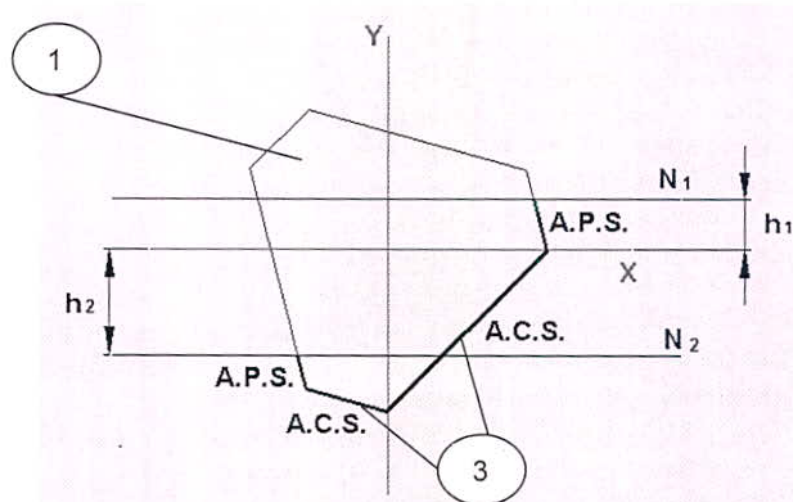


Fig. No.18

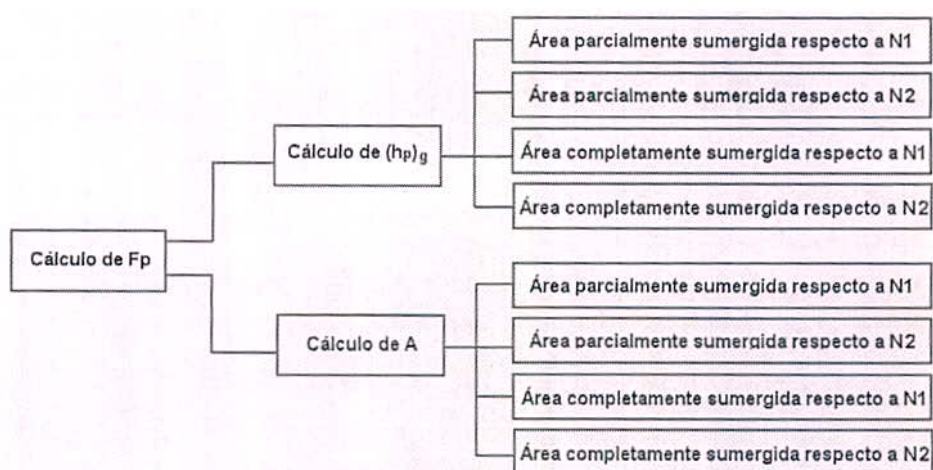


Fig. No. 19

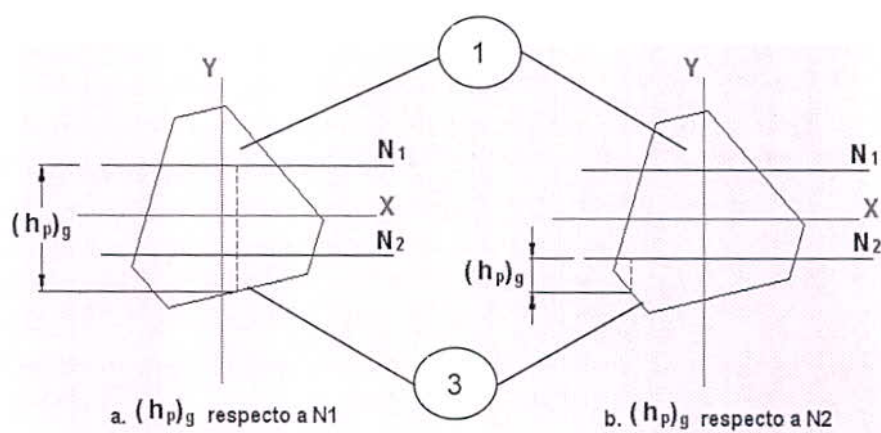


Fig. No.20

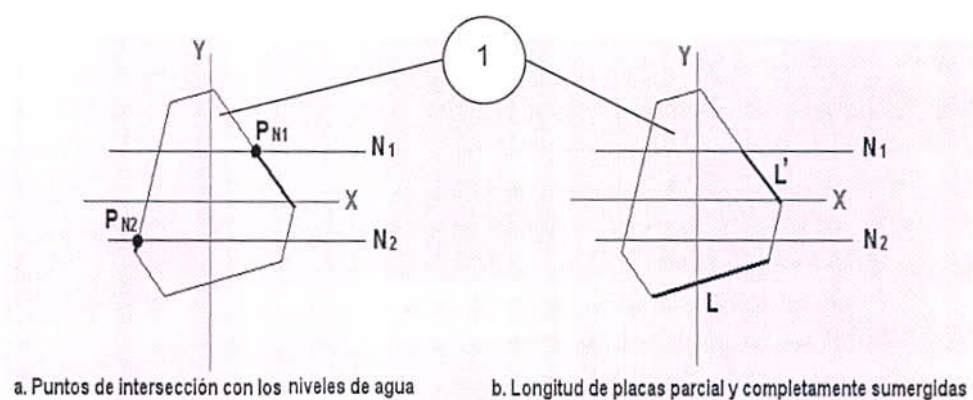


Fig. No. 21

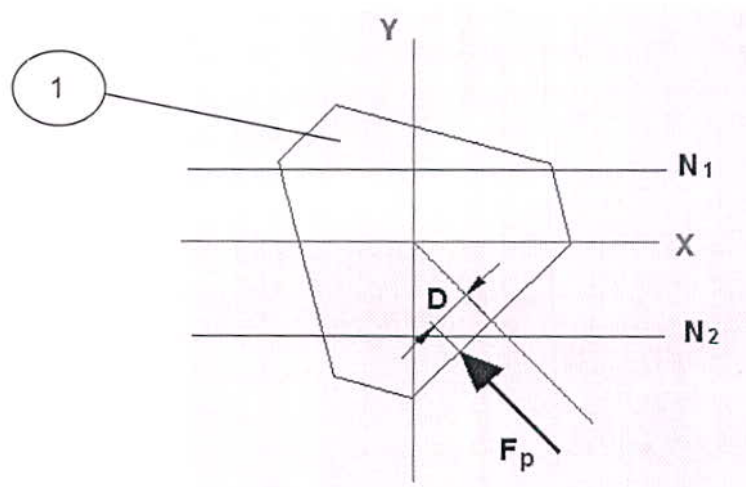


Fig. No.22

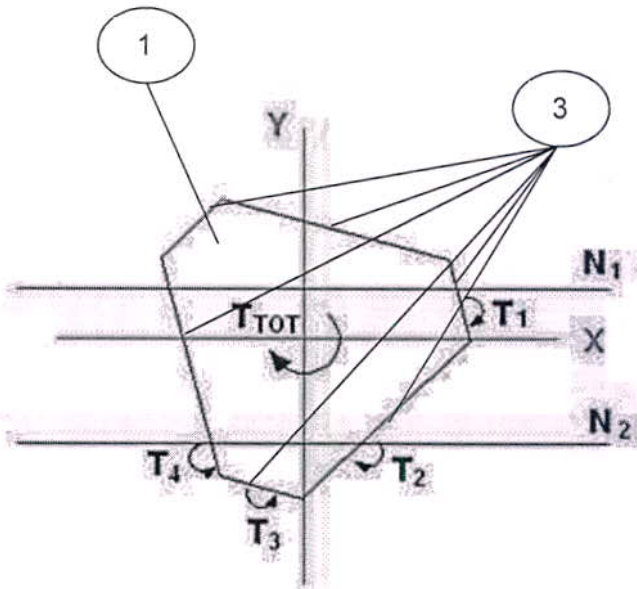


Fig. No.23

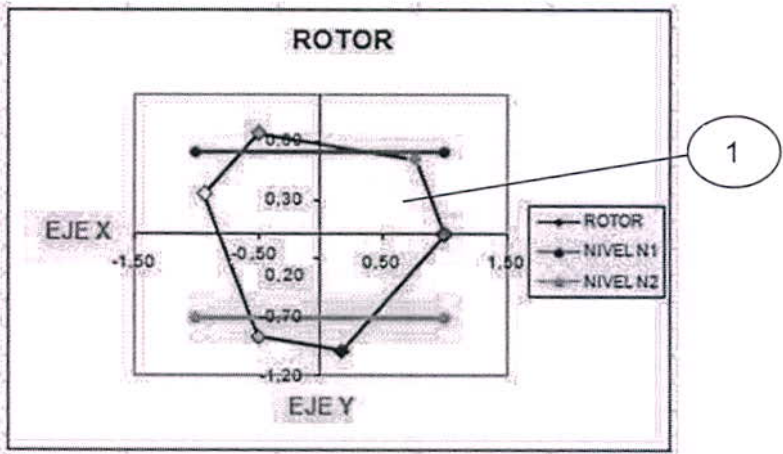


Fig. No.24

VERTICES DEL HEXAGONO		Pendientes		Interceptos	
P1x	1,0000	m1	-2,7475	b1	2,7475
P1y	0,0000	m2	-0,1763	b2	0,7779
P2x	0,7660	m3	1,1918	b3	1,4619
P2y	0,6428	m4	-2,7475	b4	-2,2398
P3x	-0,5000	m5	-0,1763	b5	-0,9542
P3y	0,8660	m6	1,1918	b6	-1,1918
P4x	-0,9397				
P4y	0,3420				
P5x	-0,5000				
P5y	-0,8660				
P6x	0,1736				
P6y	-0,9848				

Tabla No.1

Tabla No.2

Fig. No.25

Hpg (m)	Ym (m)	ESTADO	Longitud sumergida (m)
0,25000	-----	Placa Parcialmente Sumergida N1	0,53209
0,00000	-----	Placa no Sumergida	-----
0,00000	-----	Placa no Sumergida	-----
0,08301	-----	Placa Parcialmente Sumergida N2	0,17668
0,22542	-0,92542	Placa Completamente Sumergida N2	0,68404
0,99240	-0,49240	Placa Completamente Sumergida N1	1,28558

Area (m^2)	XN(1,2)	YN(1,2)	FUERZA HIDROSTATICA (N)
0,53209	0,81801	0,5	1303,618
0,00000	-----	-----	0,000
0,00000	-----	-----	0,000
0,17668	-0,56043	-0,7	143,734
0,68404	-1,44158	-----	1511,101
1,28558	1,41955	-----	12502,936

Tabla No.3

Fig. No.26

Yc1	lxx1	Y1	Inclinación	Xf	Yf
0,26604	0,01255	0,35473	-70,00	0,12132	-0,33333
-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,08834	0,00046	0,11779	-70,00	0,04029	-0,11068
1,29812	0,02667	1,32816	-10,00	1,30798	-0,23063
1,29549	0,17706	1,40180	50,00	0,90106	1,07384

Pfx	Pfy	Xio	Yio	D	Th (Nm)
0,93934	0,16667	0,88302	0,32139	0,16466	-214,650
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-----	0,000
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-----	0,000
-0,52014	-0,81068	-0,71985	-0,26200	0,58389	83,925
-0,13359	-0,93063	-0,16318	-0,92542	0,03004	45,390
0,51849	-0,57384	0,58682	-0,49240	0,10631	-1329,203
TH TOTAL (Nm)		-1414,538			

Tabla No.4

Fig. No.27

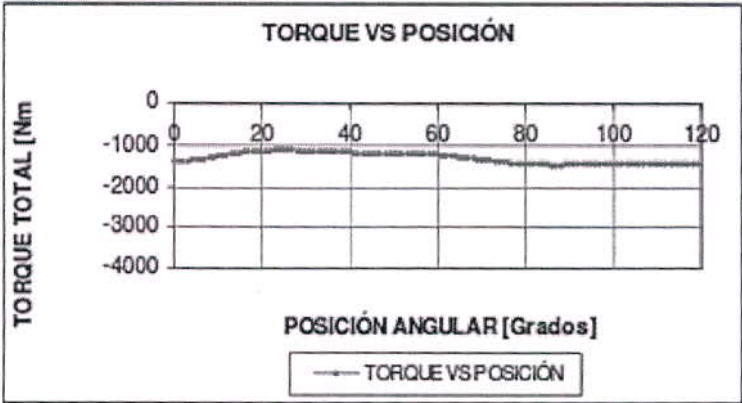


Fig. No.28

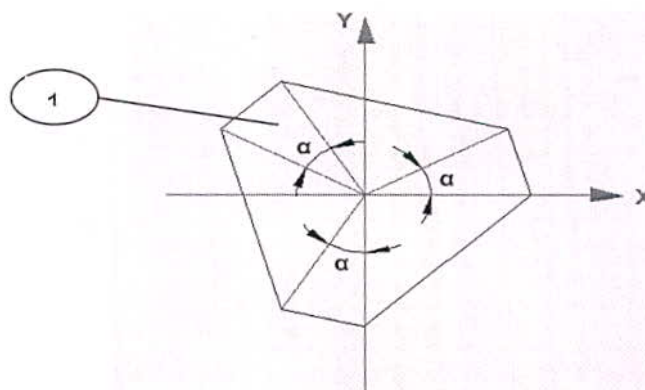


Fig. No.29

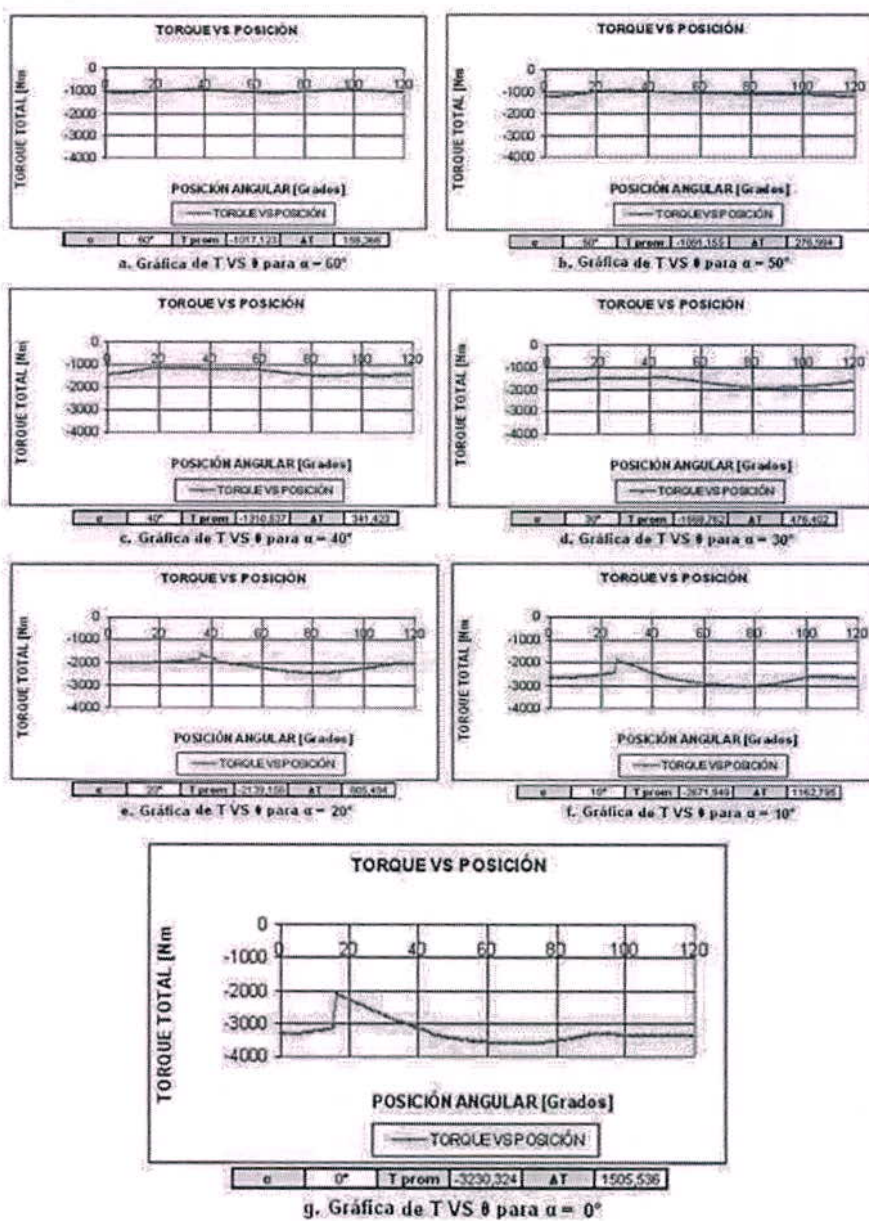


Fig. No.30

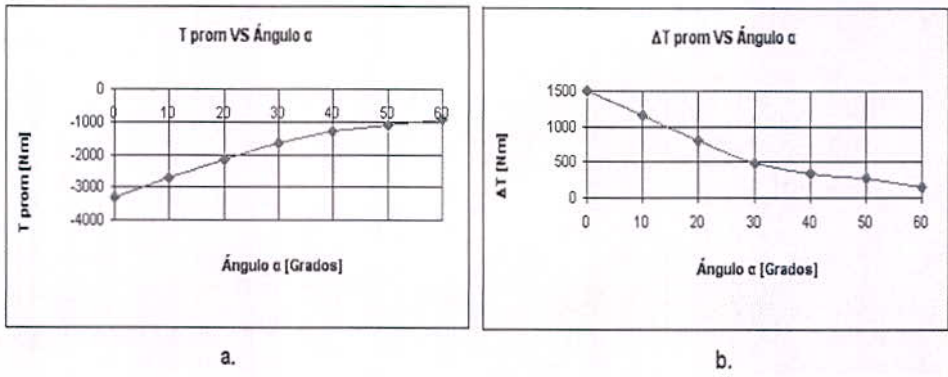


Fig. No.31

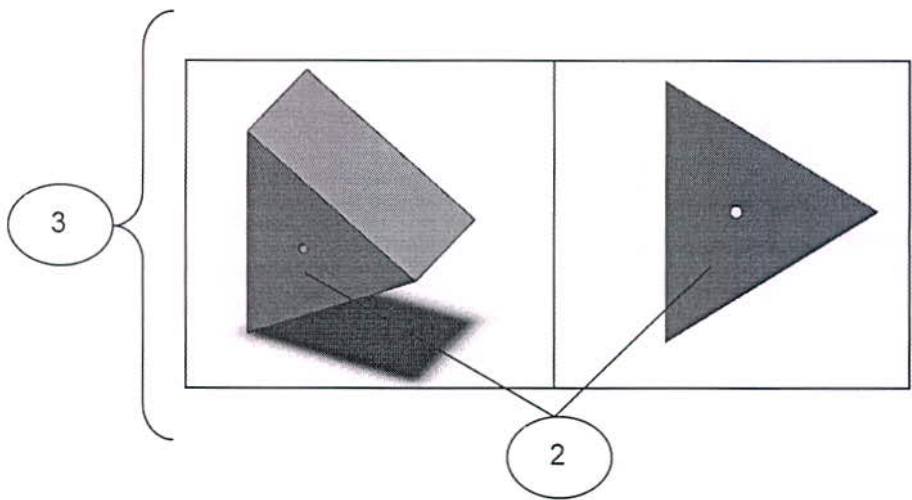


Fig. No.32

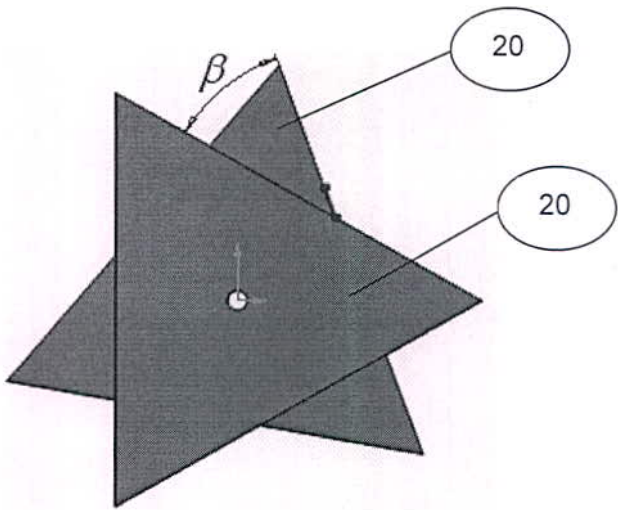


Fig. No.33

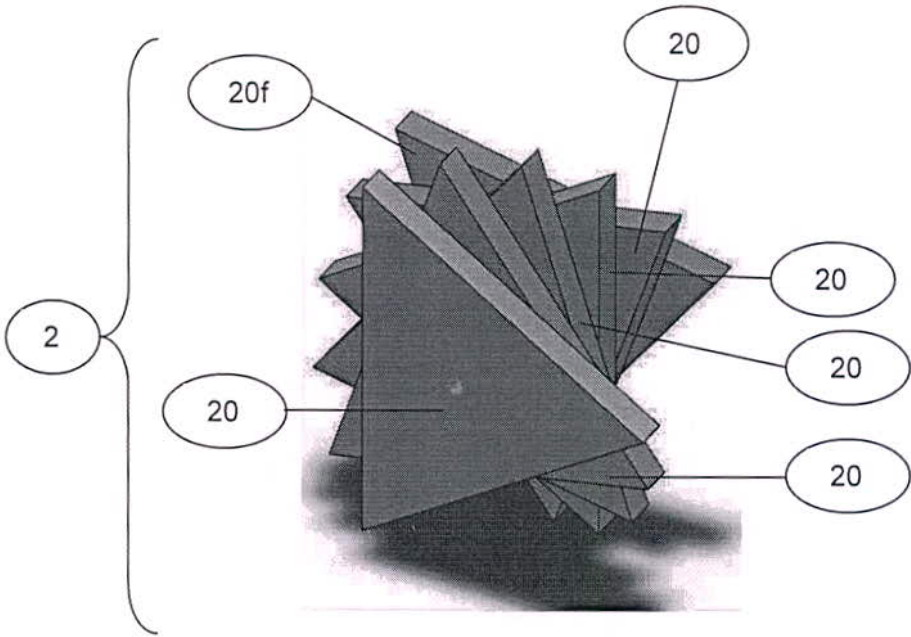
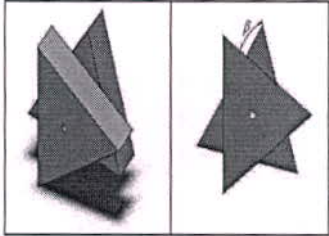


Fig. No.34

Rotor con dos etapas desfasadas. $T_{prom} = -3230.269 \text{ Nm}$

Rotor con 2 etapas desfasadas.



Gráficas de T VS θ para 2 etapas desfasadas.

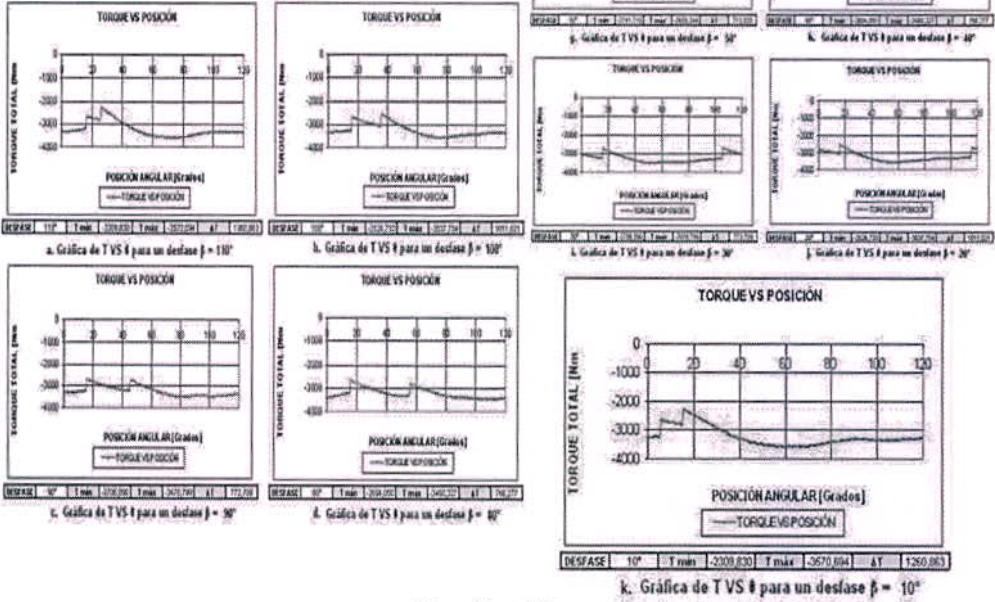
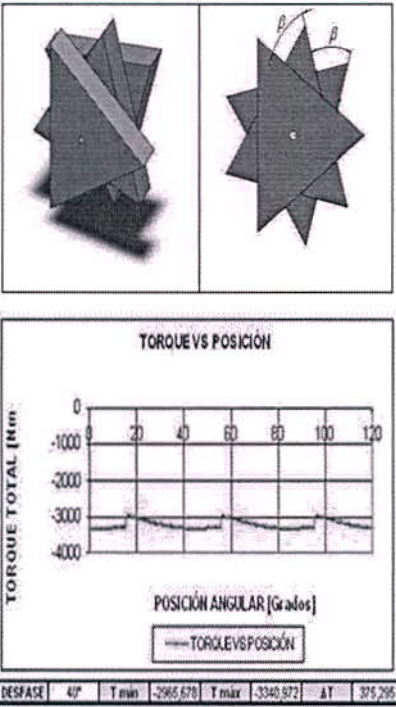


Fig. No.35

Rotor con tres etapas desfasadas. $T_{prom} = -3227.068 \text{ Nm}$

Figura G3. Rotor con 3 etapas desfasadas.



Gráficas de T VS θ para 3 etapas desfasadas.

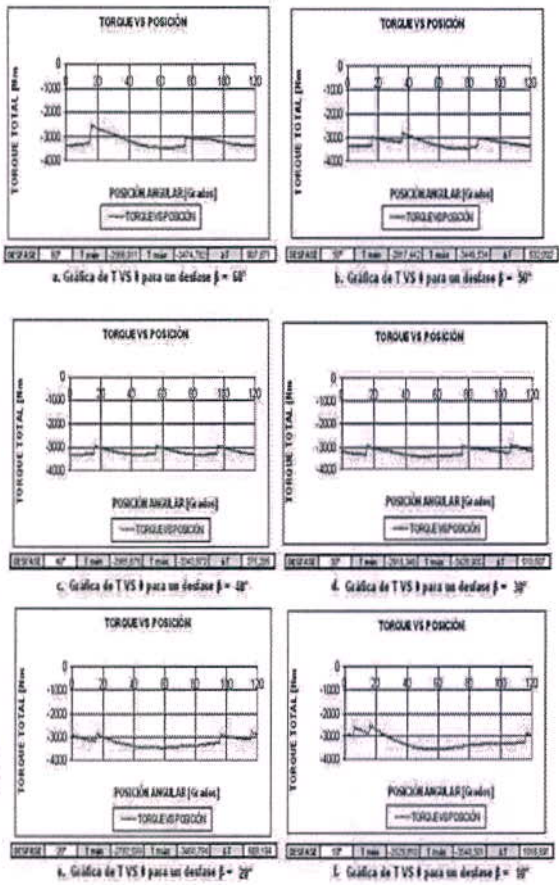
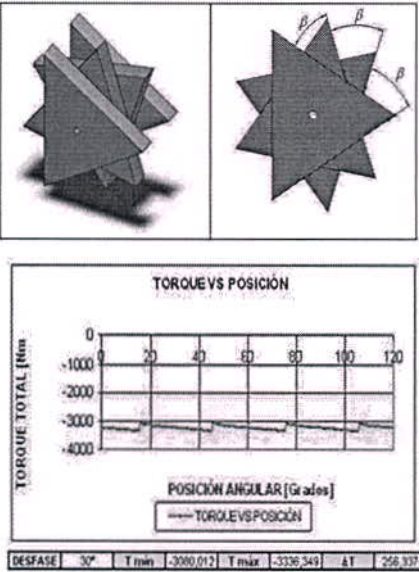


Fig. No.36

Rotor con cuatro etapas desfasadas. $T_{prom} = -3230.269 \text{ Nm}$

Figura G5. Rotor con 4 etapas desfasadas.



Gráficas de T VS θ para 4 etapas desfasadas.

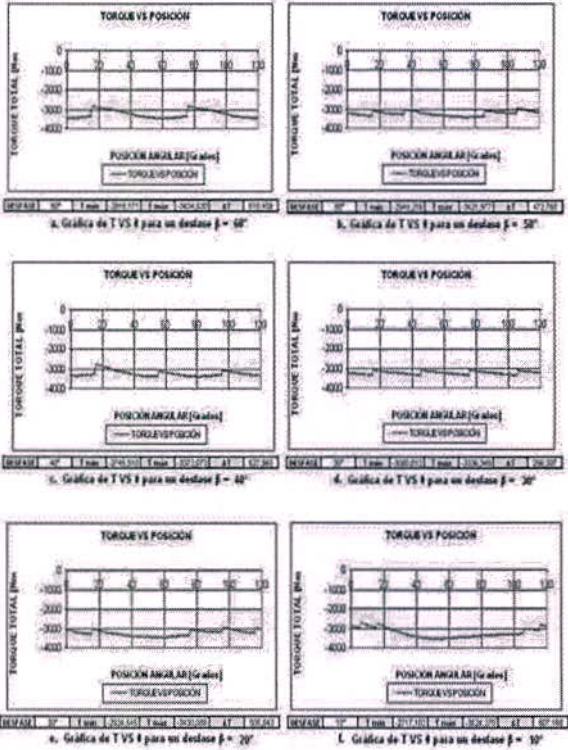


Fig. No.37

Rotor con cinco etapas desfasadas. $T_{prom} = -3230.062 \text{ Nm}$

Figura G7. Rotor con 5 etapas desfasadas.

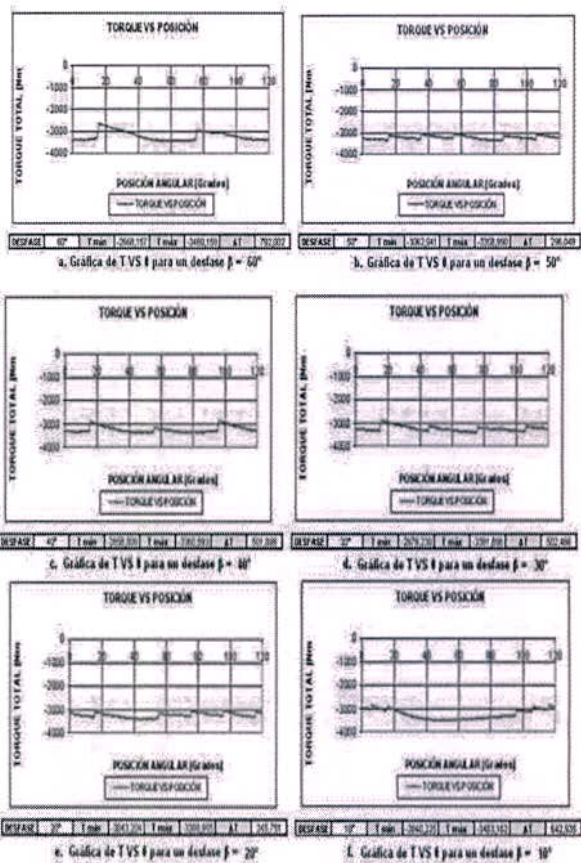
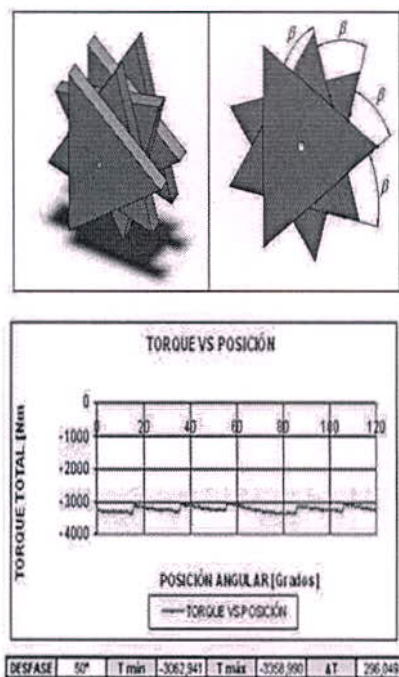


Fig. No.38

Rotor con seis etapas desfasadas. $T_{prom} = -3228.729 \text{ Nm}$

Figura G9. Rotor con 6 etapas desfasadas.

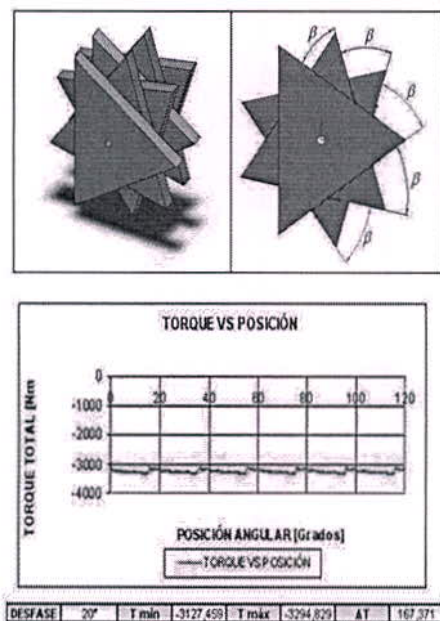
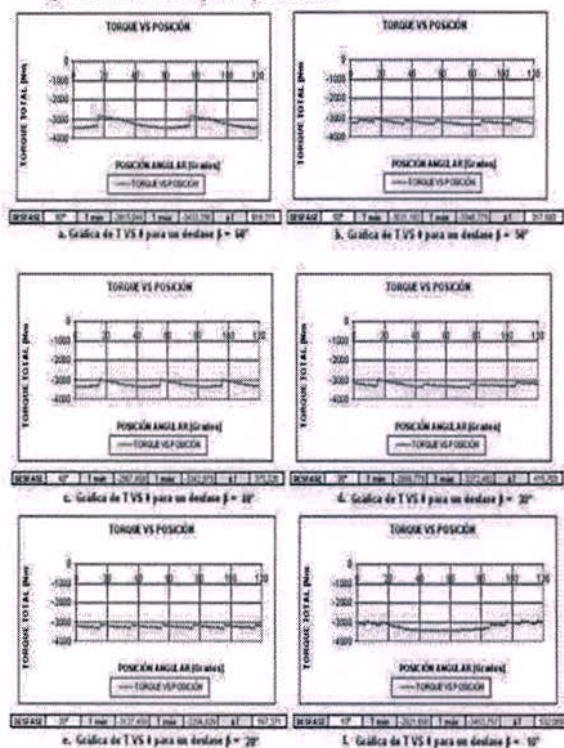


Fig. No.39

Figura G10. Gráficas de T VS θ para 6 etapas desfasadas.



Gráfica de ΔT VS Número de rotores.

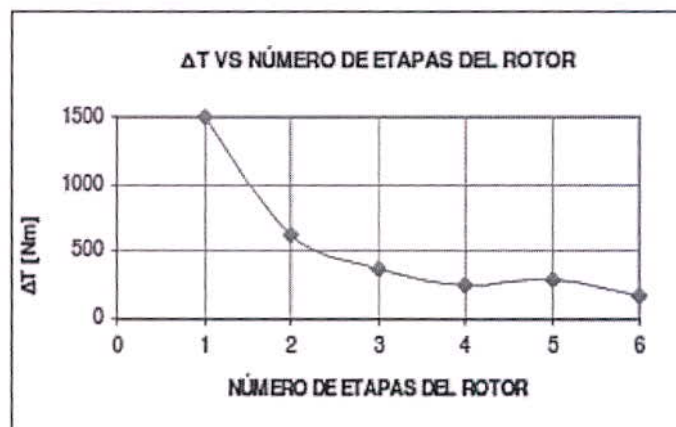


Fig. No.40

Gráfica de ΔT VS β .

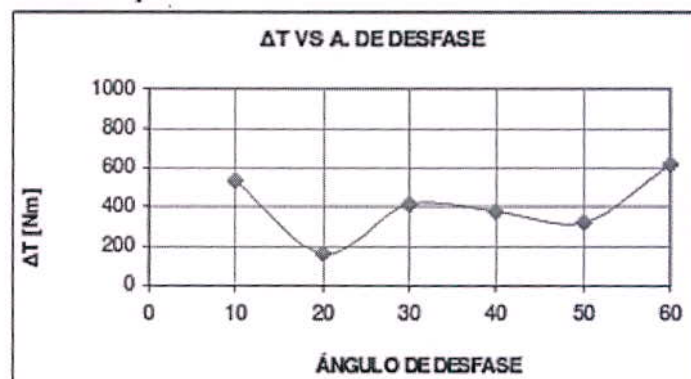


Fig. No.41

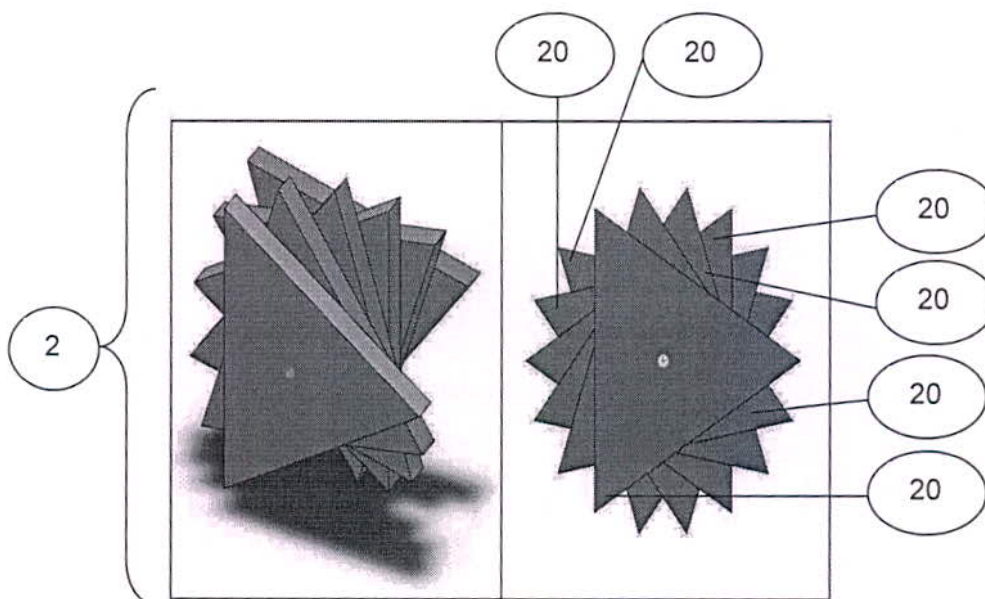


Fig. No.42

Gráficas de T VS θ para el modelo del rotor inicial y final.

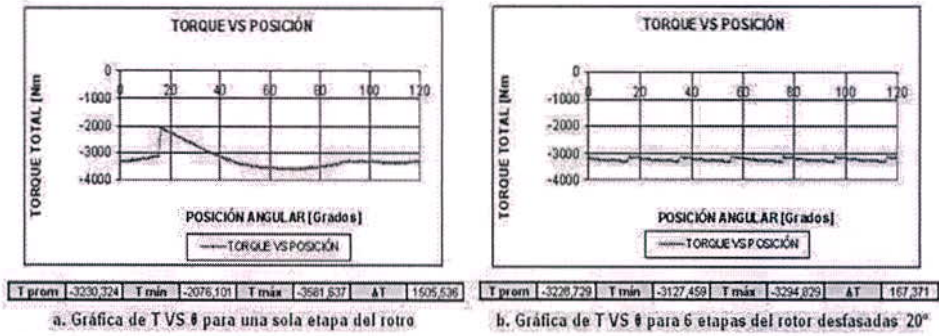


Fig. No.43

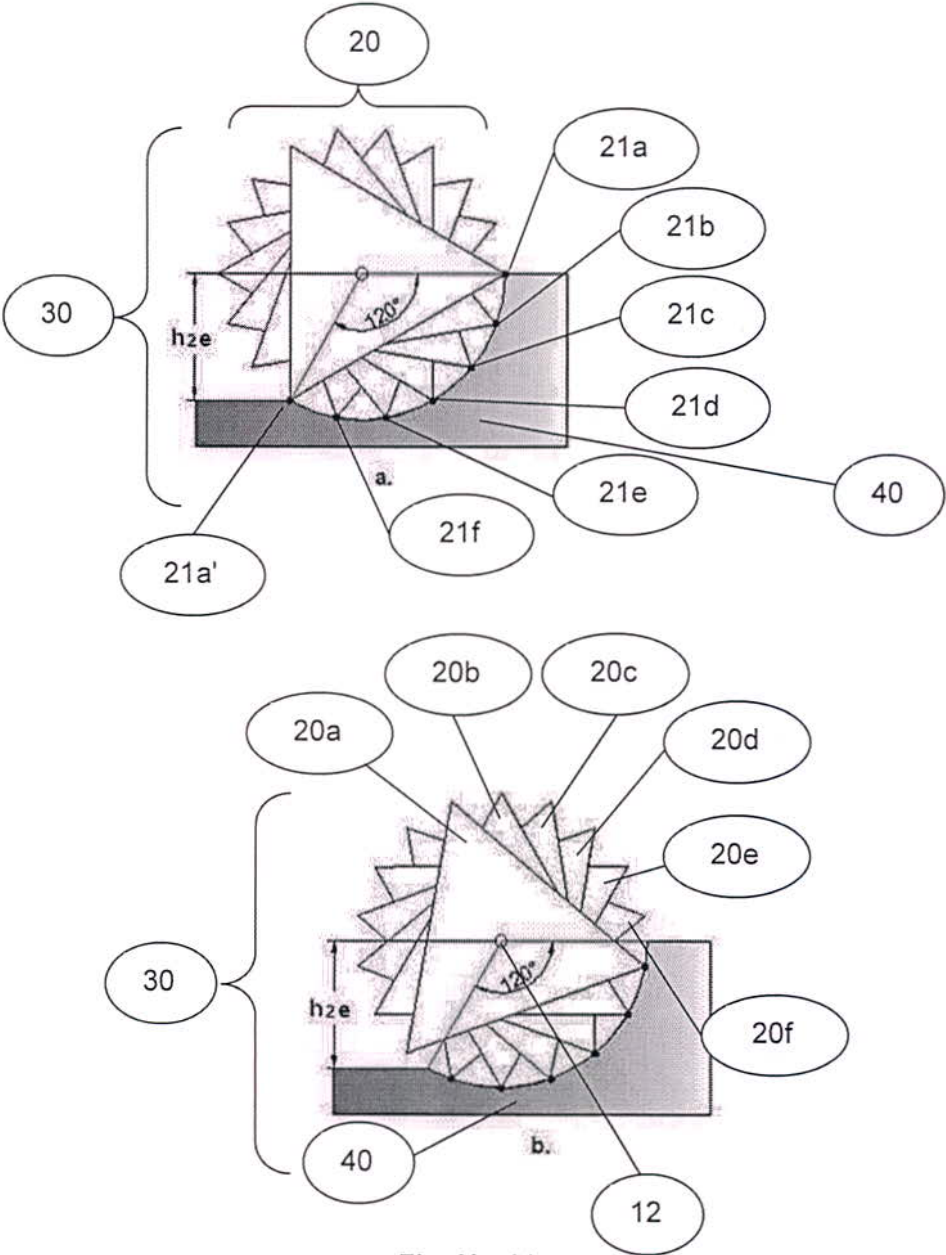


Fig. No.44

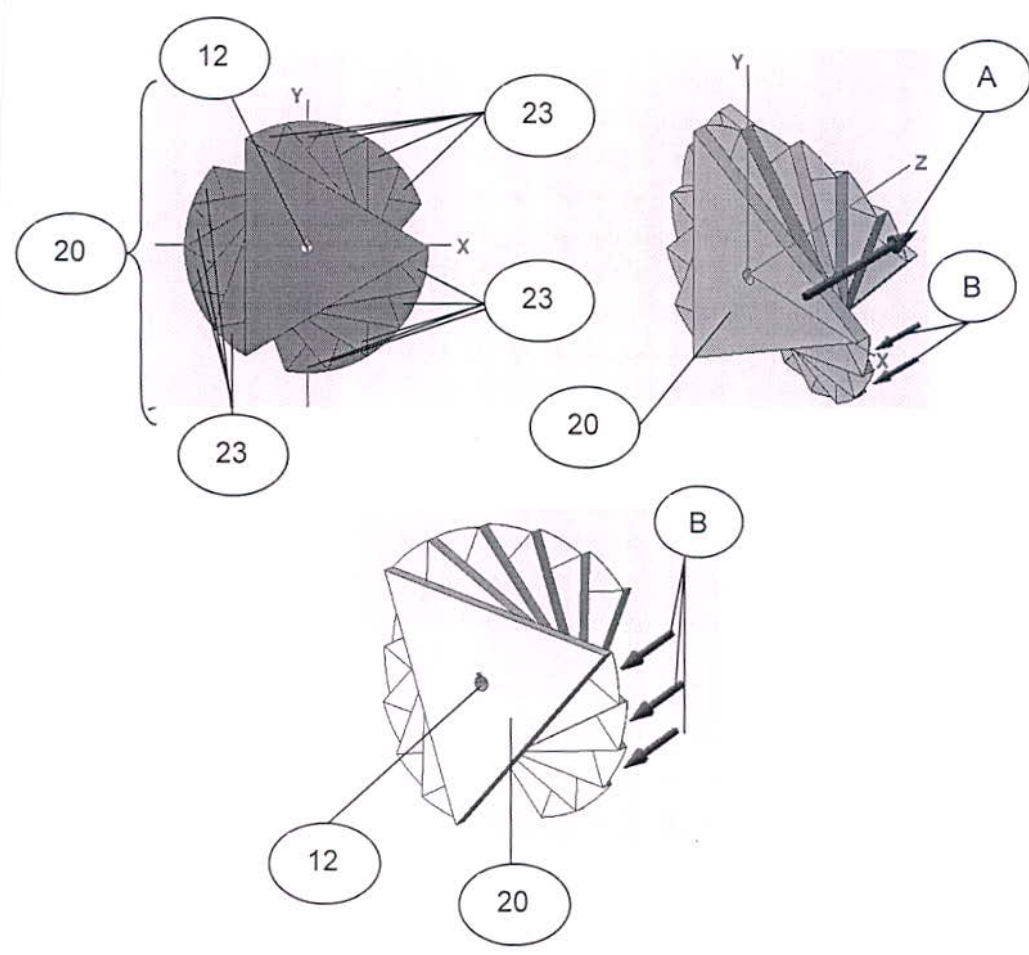


Fig. No.45

Variación de h_1 con $h_2 = 0$.

Gráficas de T VS θ para diferentes valores de h_1 .

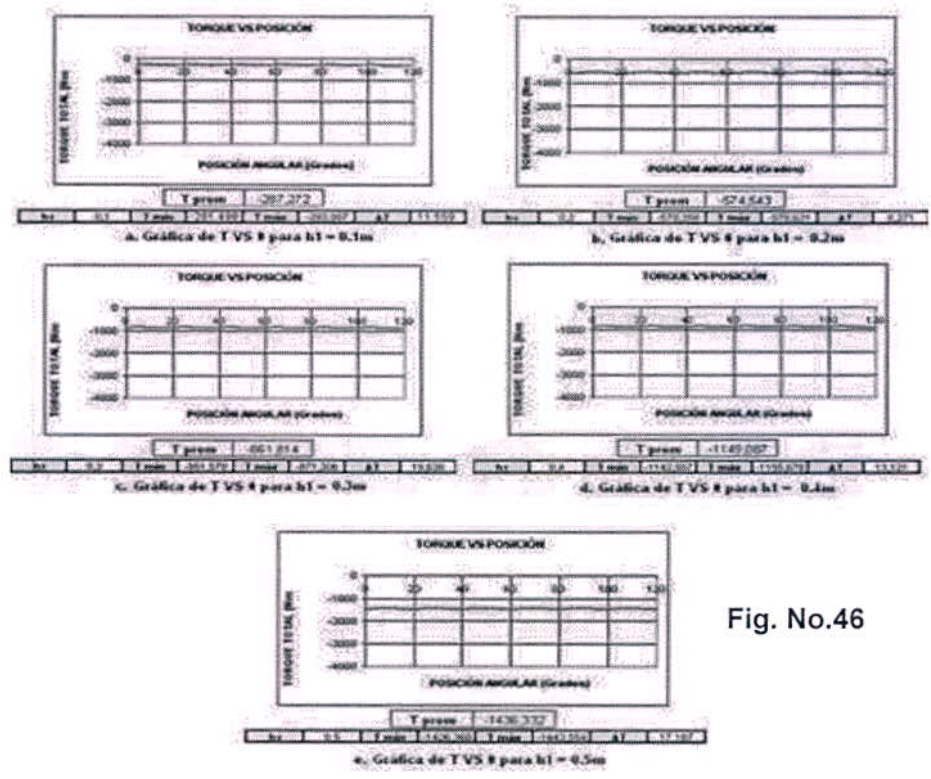
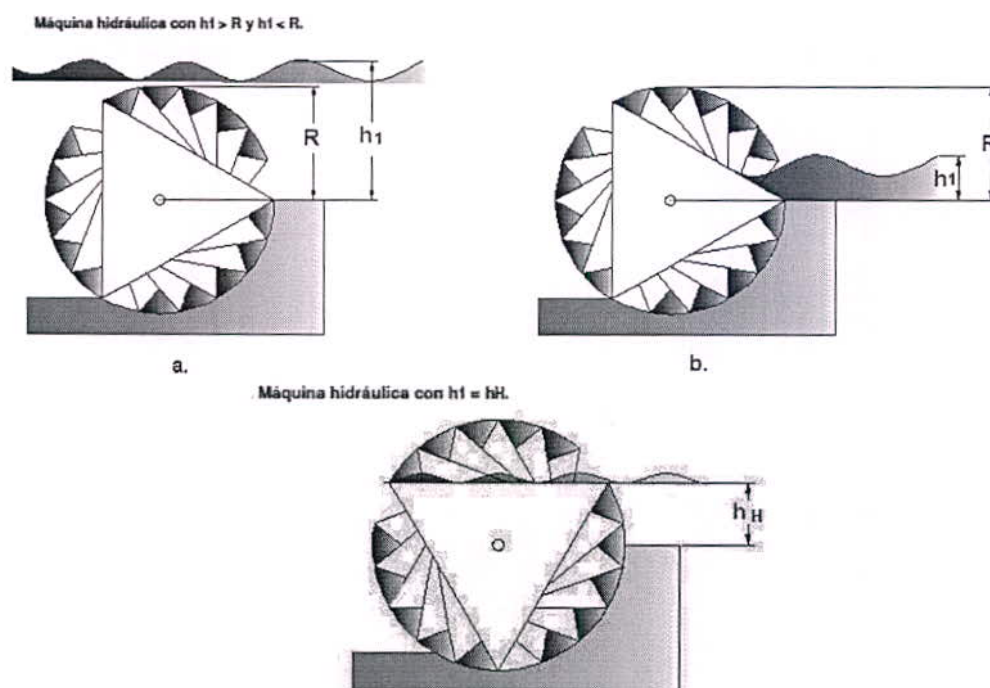


Fig. No.46



. Variación de h_2 con $h_1 = 0$.

Gráficas de T VS θ para diferentes valores de h_2 .

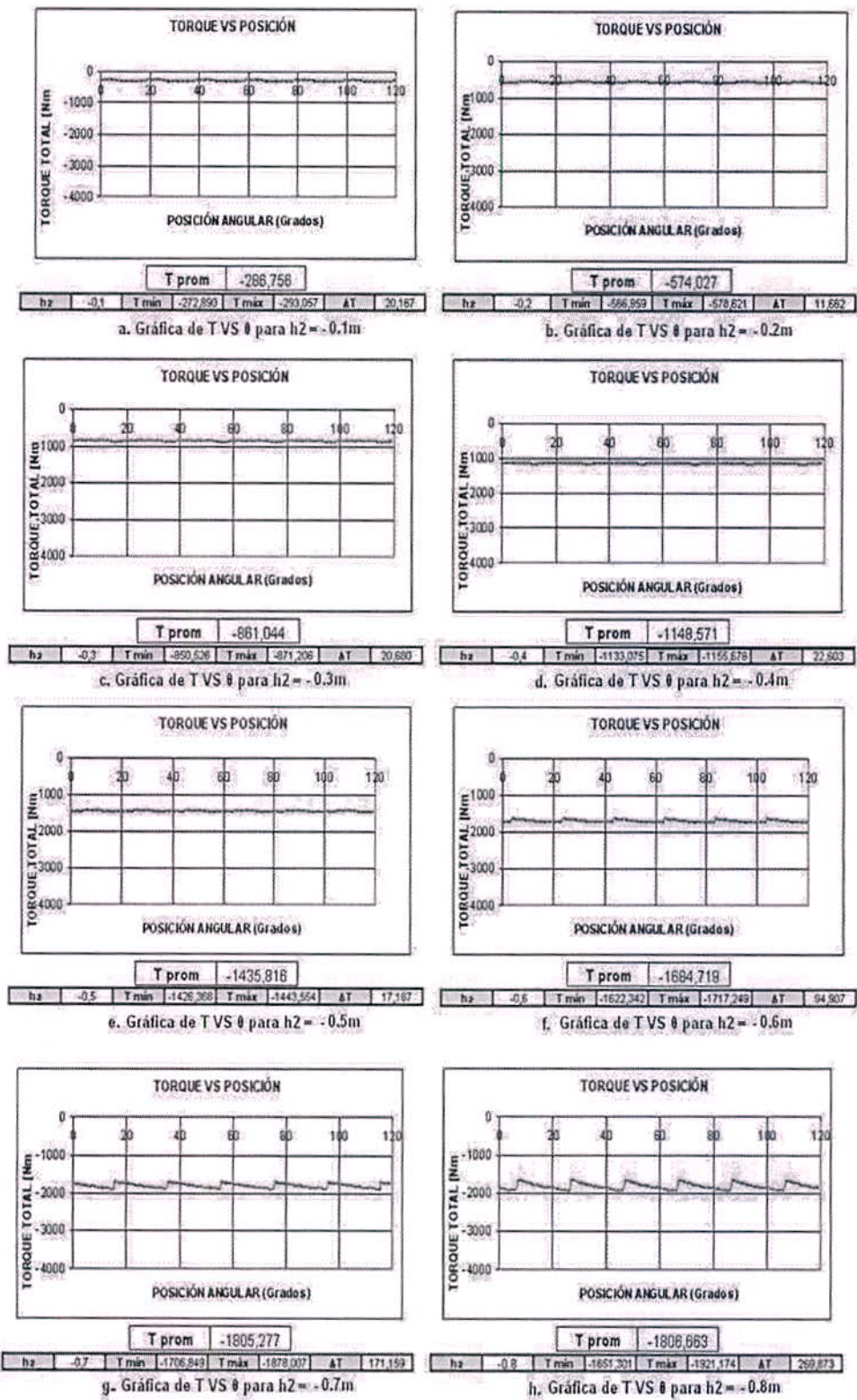


Fig. No.48

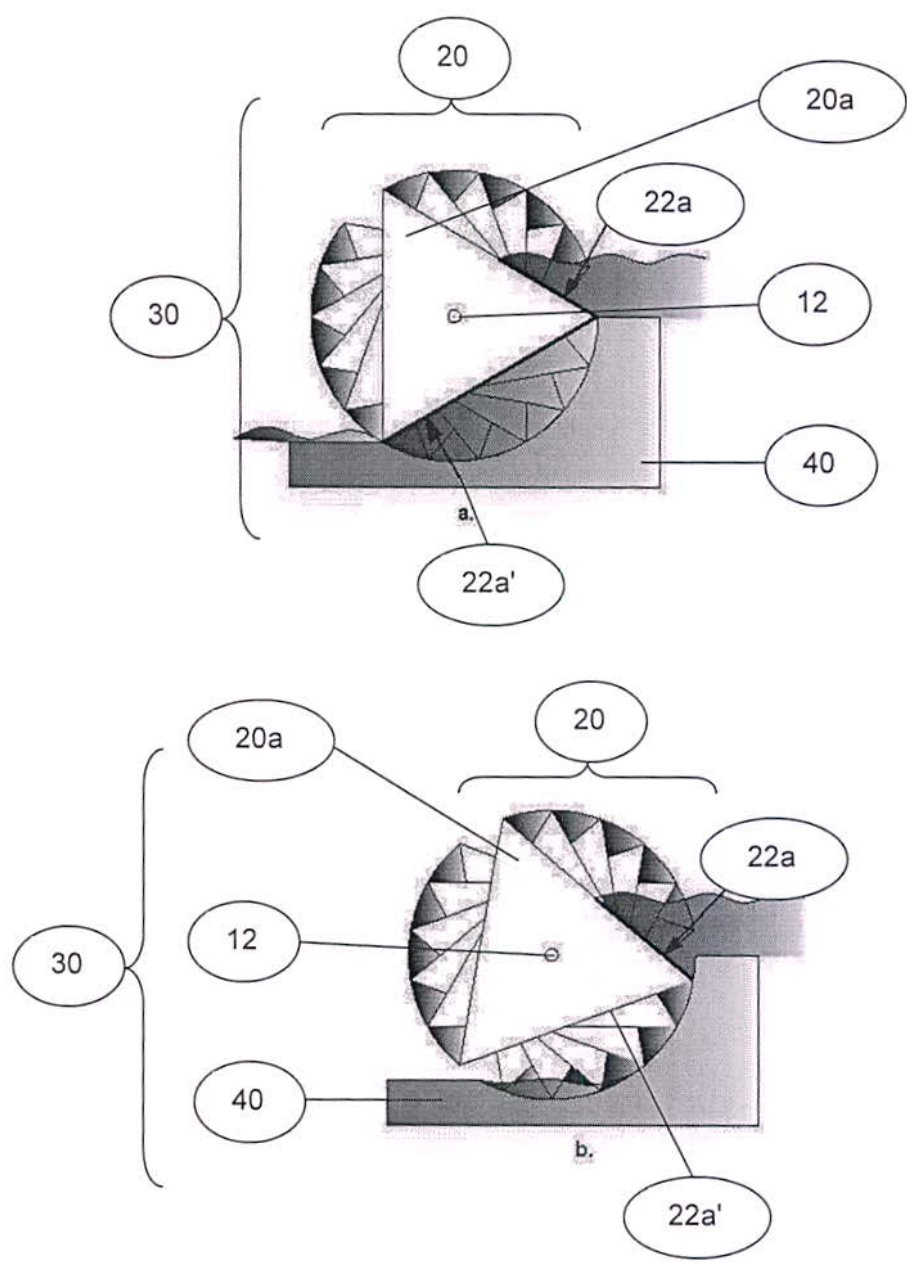


Fig. No.49

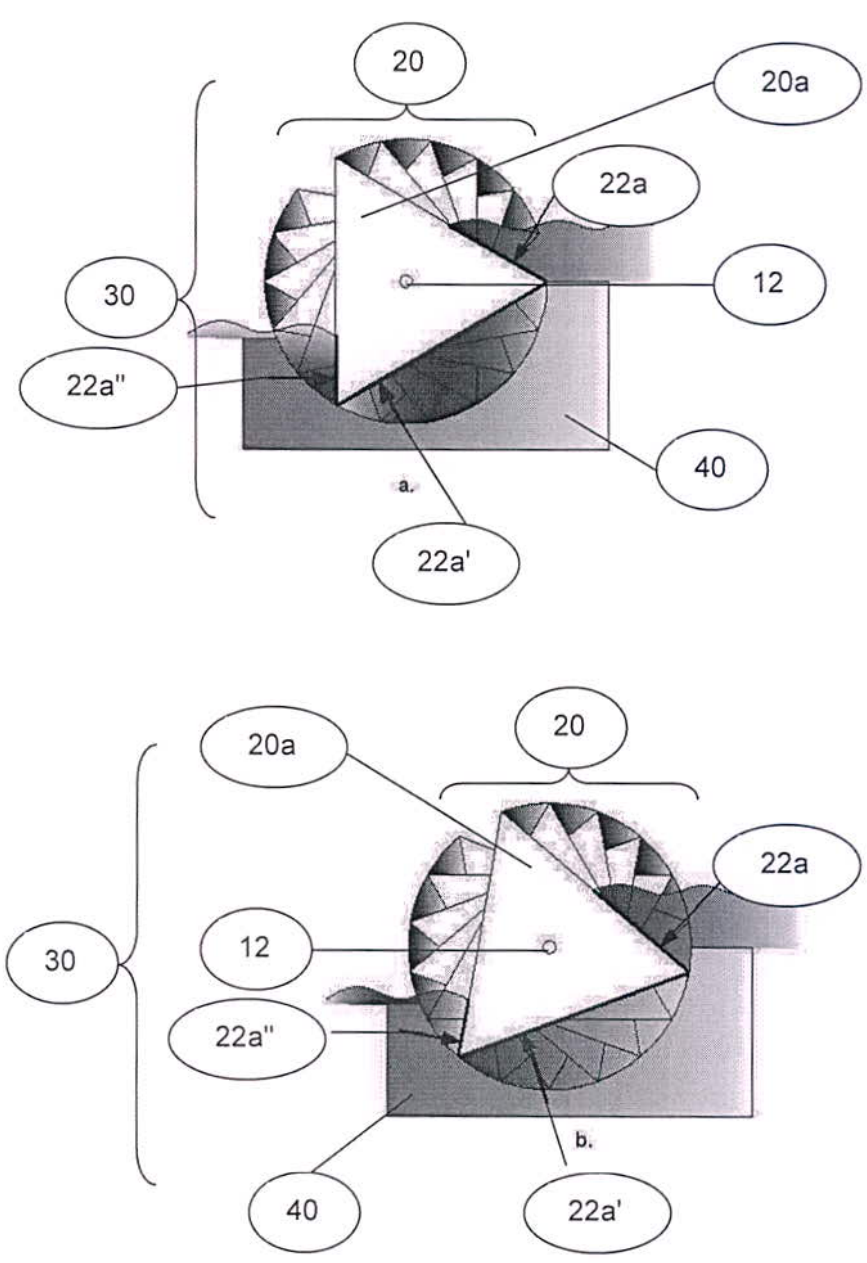


Fig. No.50

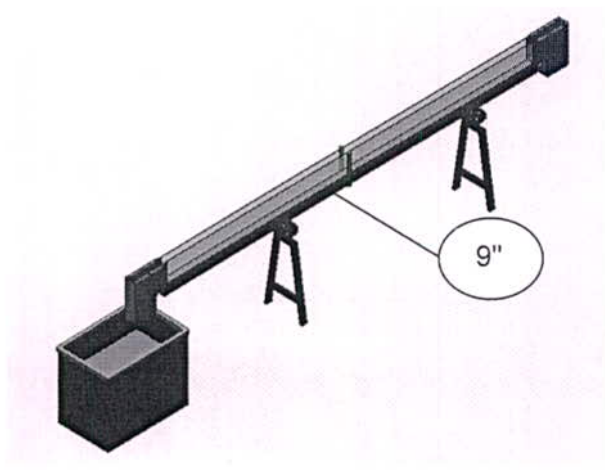


Fig.No.54

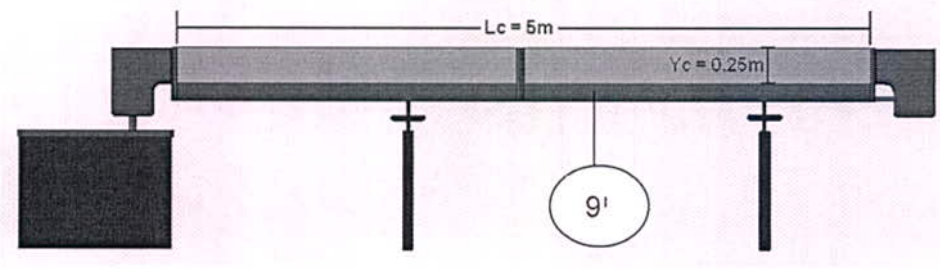


Fig. No.55

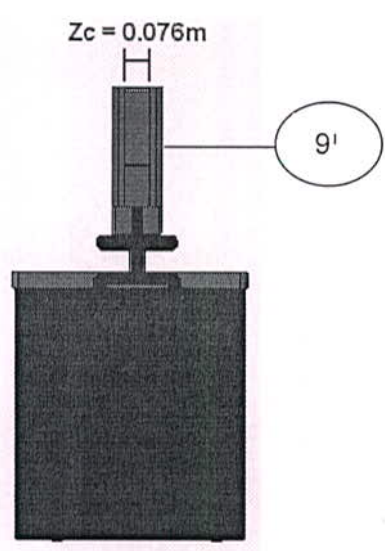


Fig. No.56

Tabla No.5

R	0,1
α	0°
β	20°
N	6
Z	0,06
h1	0,04
h2	-0,05

Fig.No.57

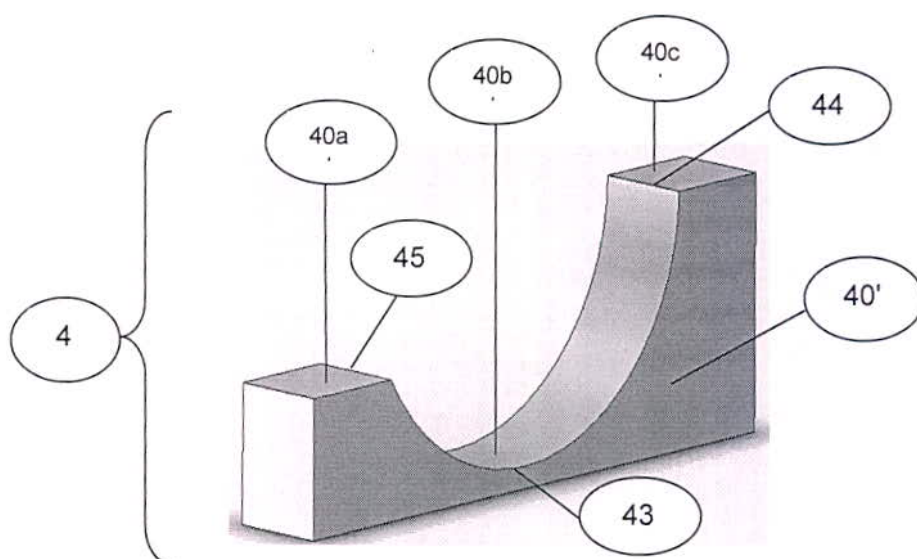


Fig.No.58

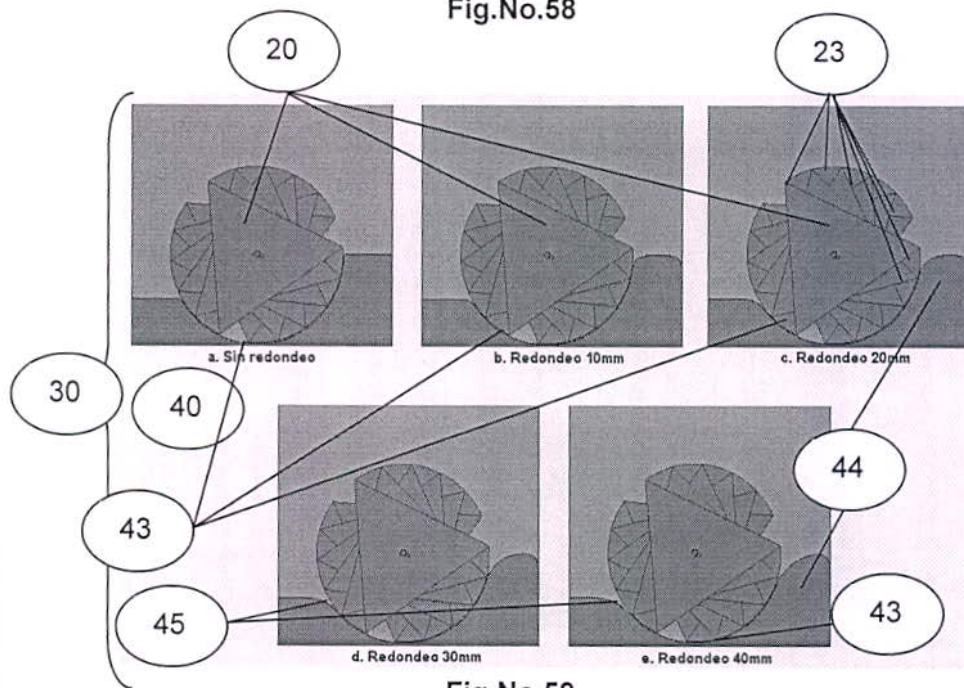


Fig.No.59

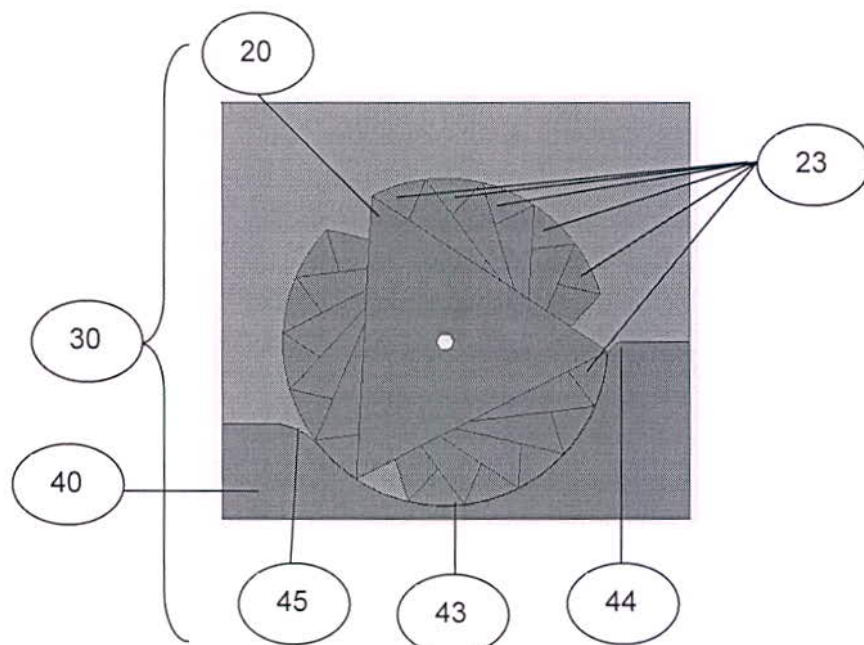


Fig.No.60

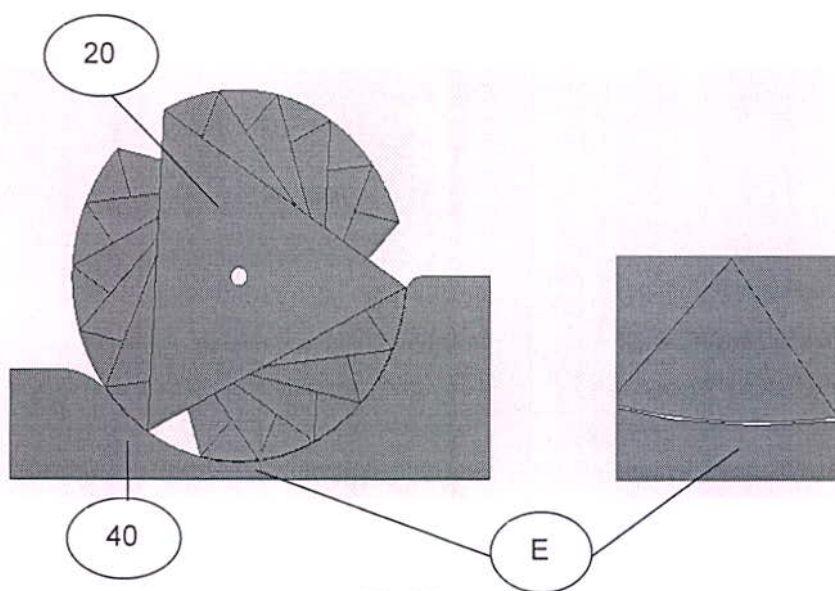
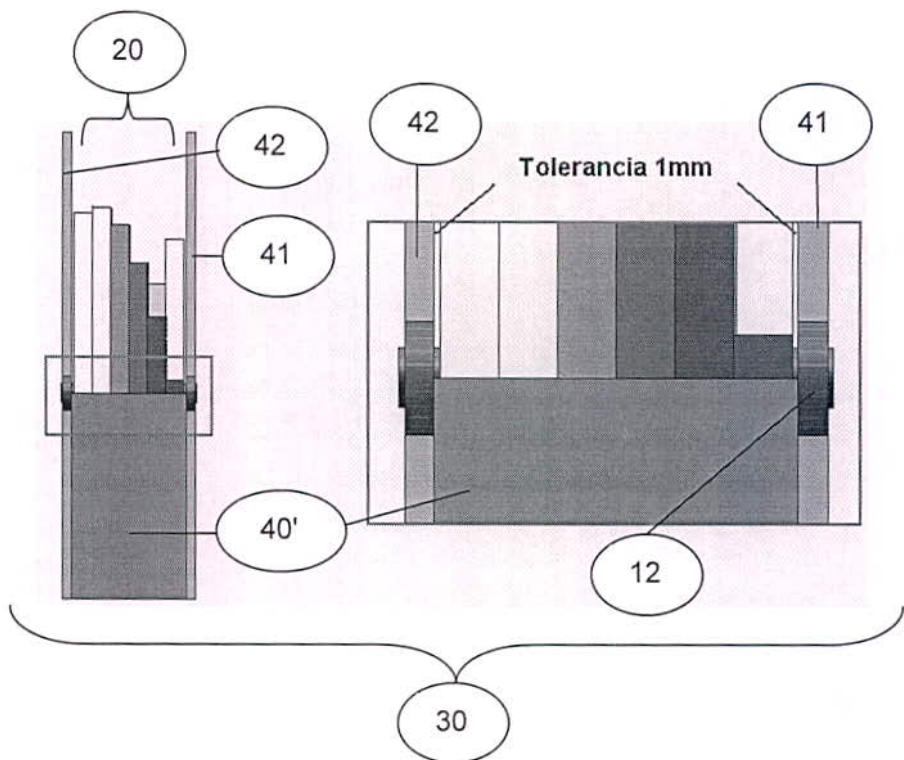
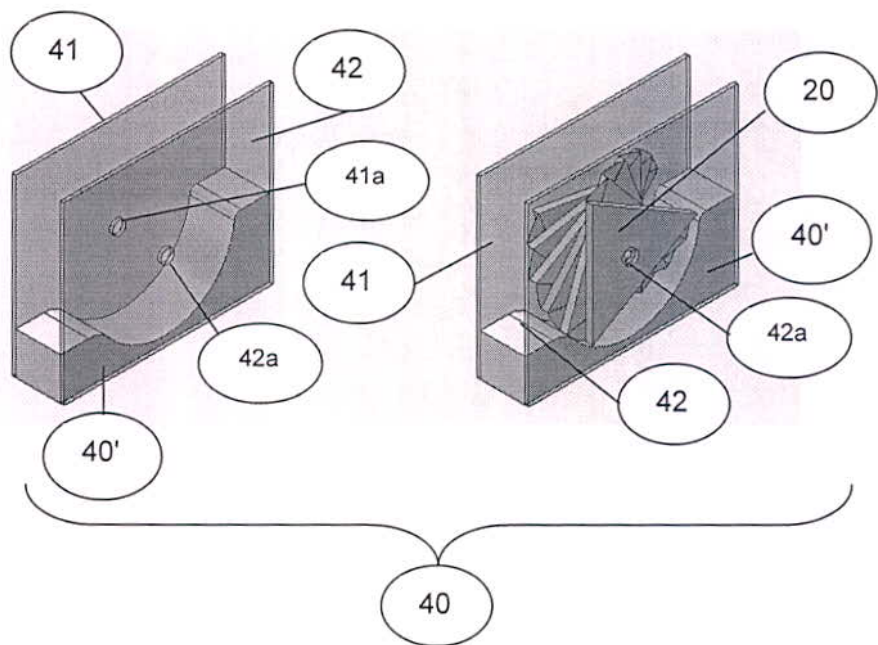


Fig.No.61



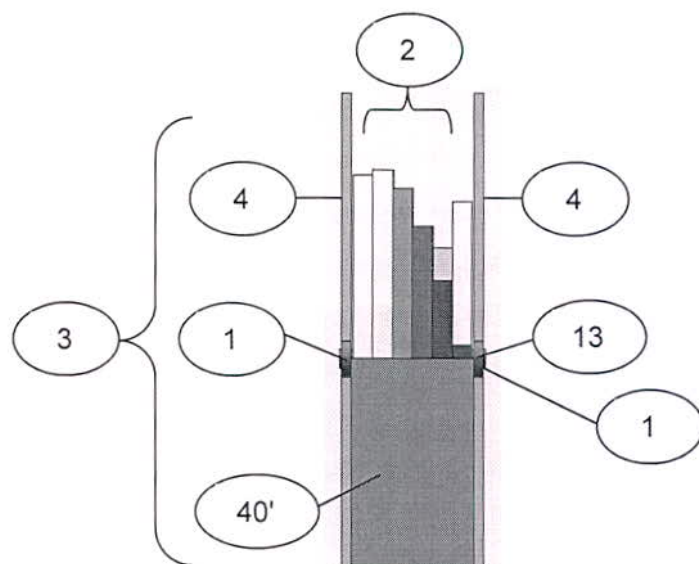


Fig. No.64

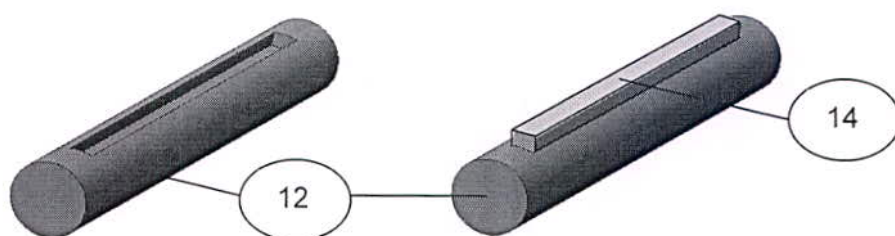


Fig. No.65

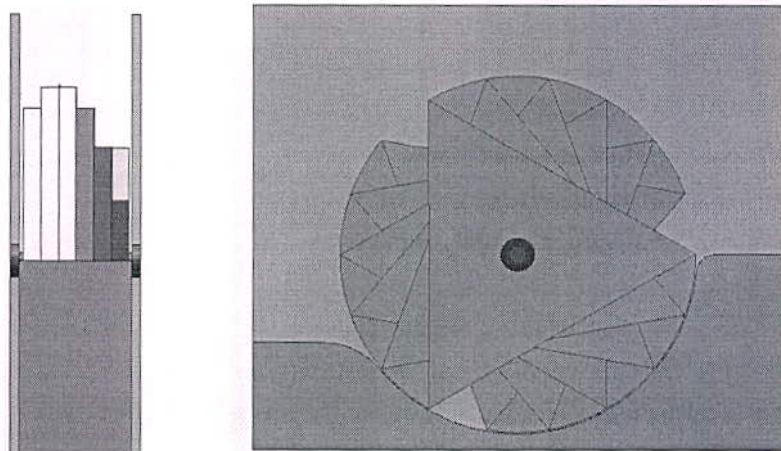


Fig. No.66

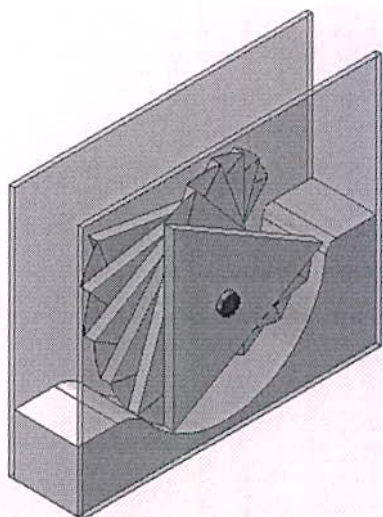


Fig. No.67

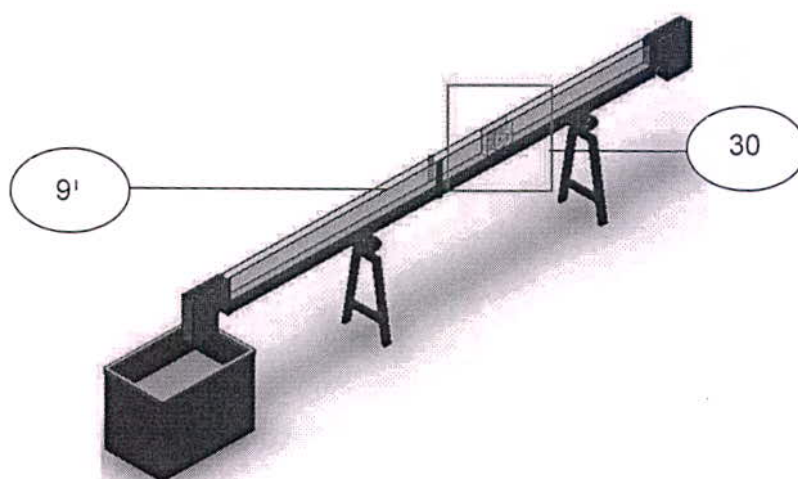


Fig. No.68

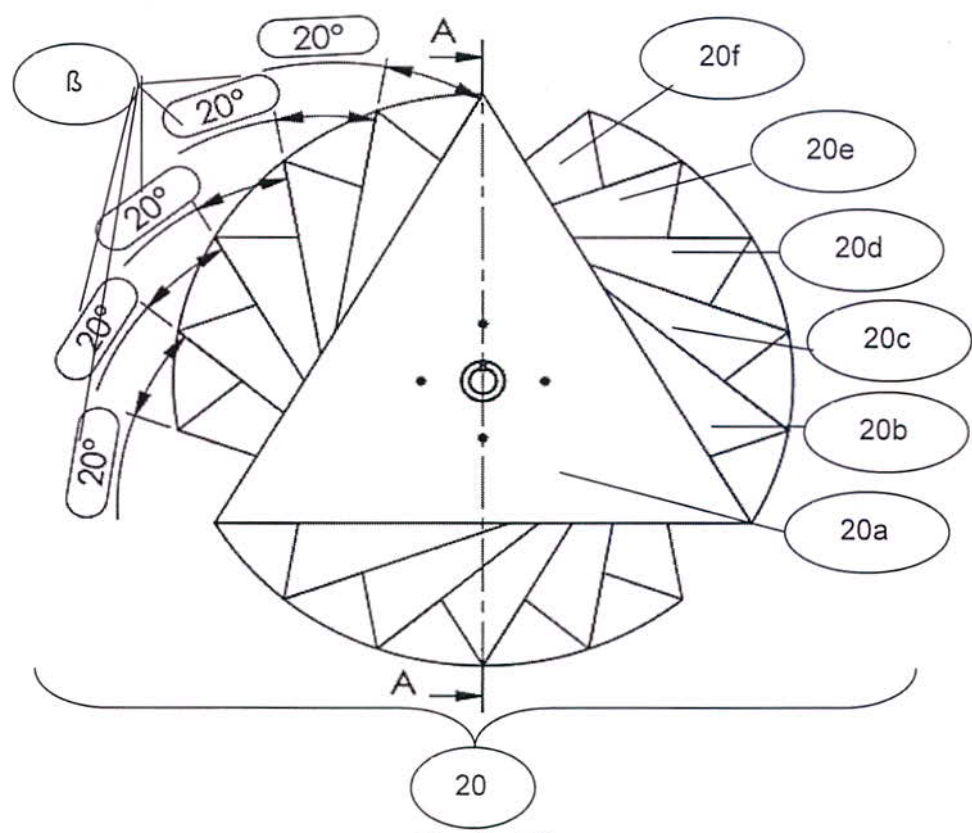


Fig. No.69

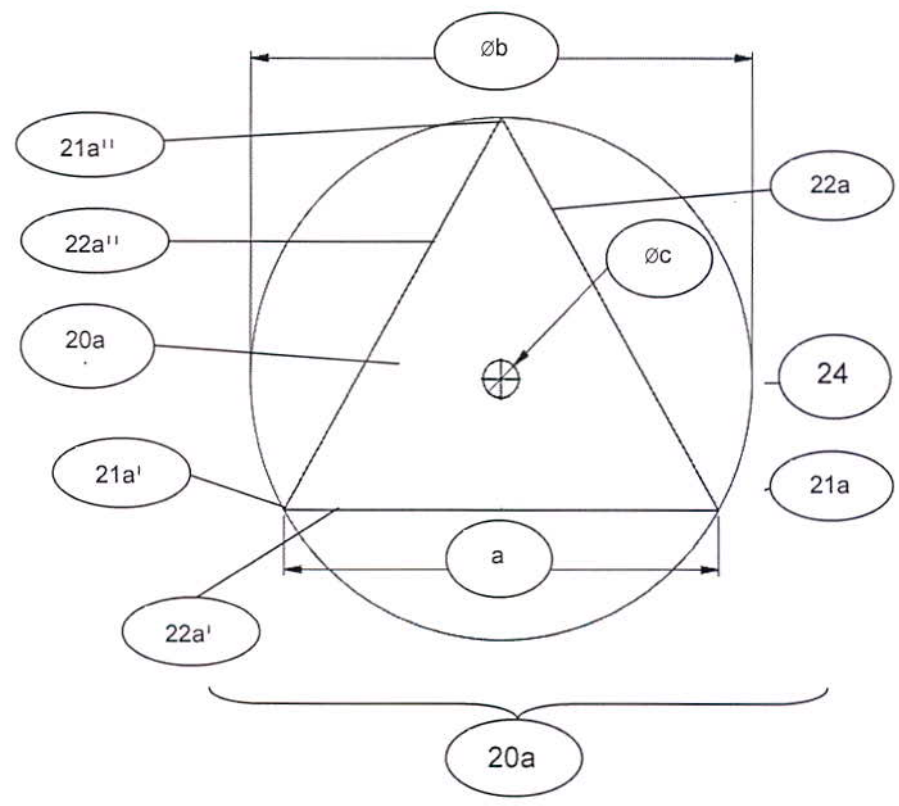


Fig. No.70

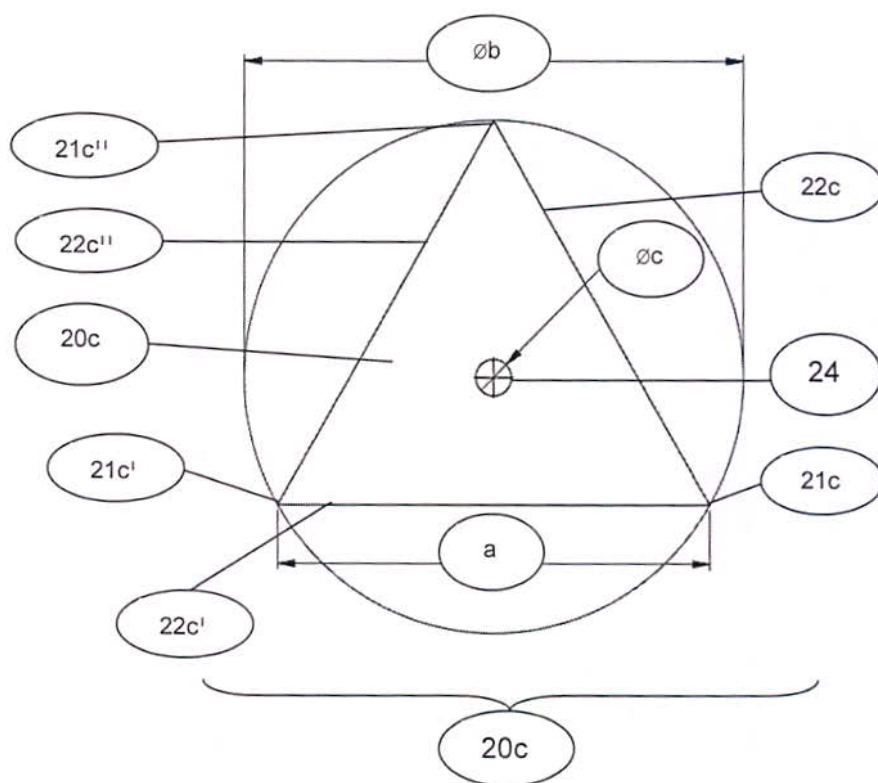
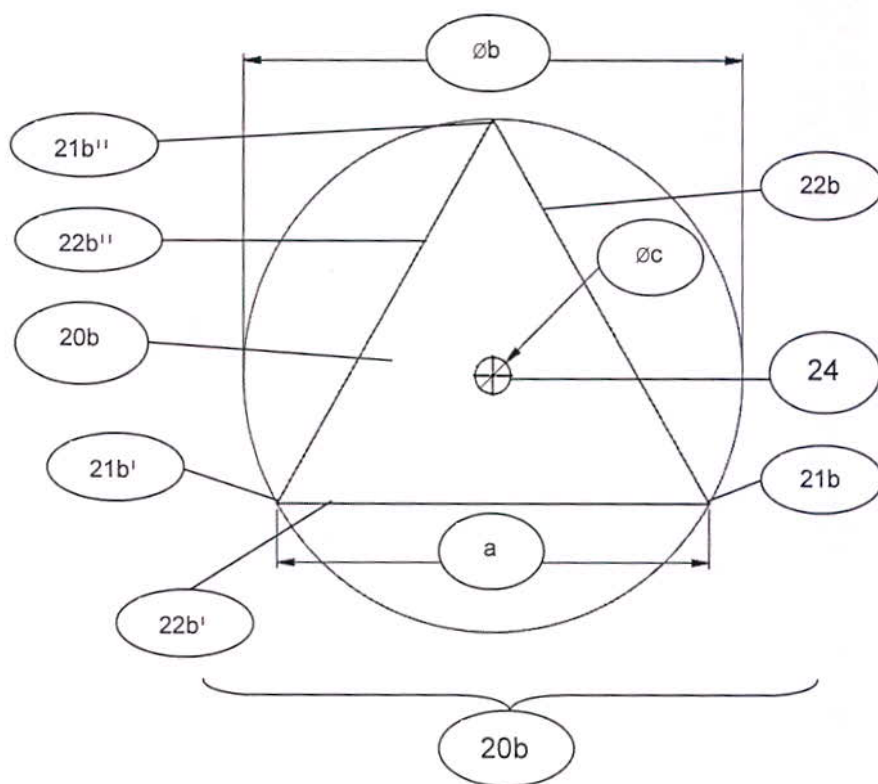


Fig. No.71

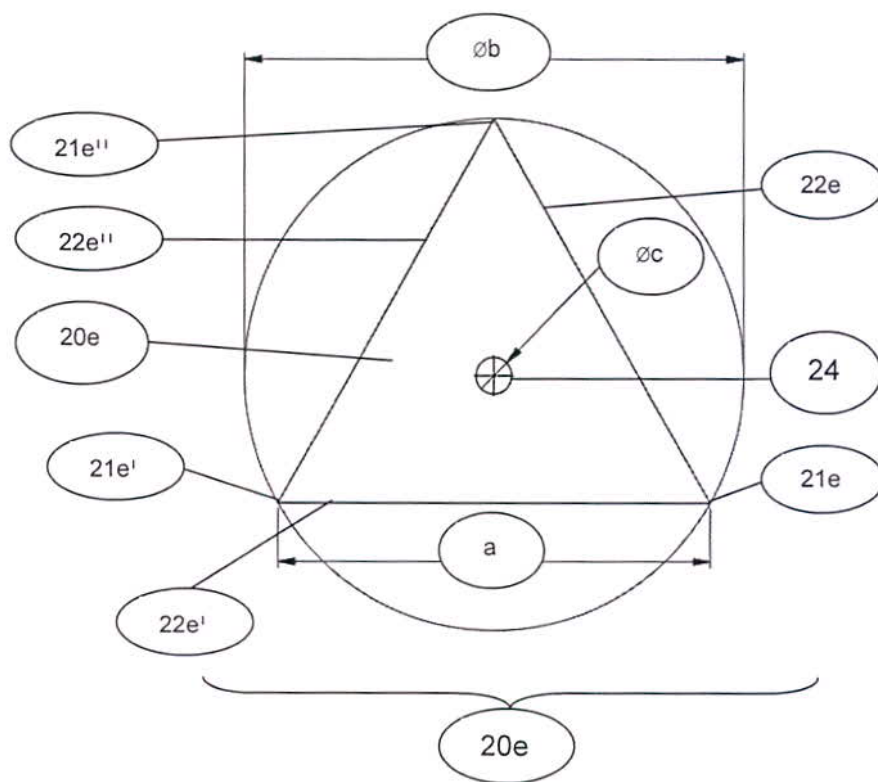
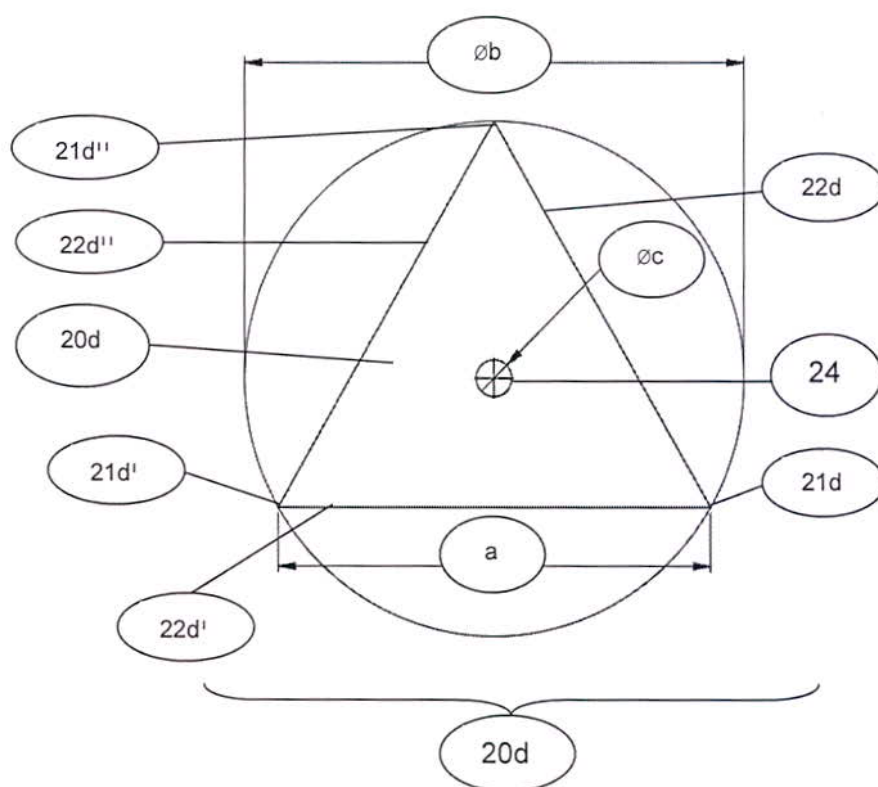


Fig. No.72

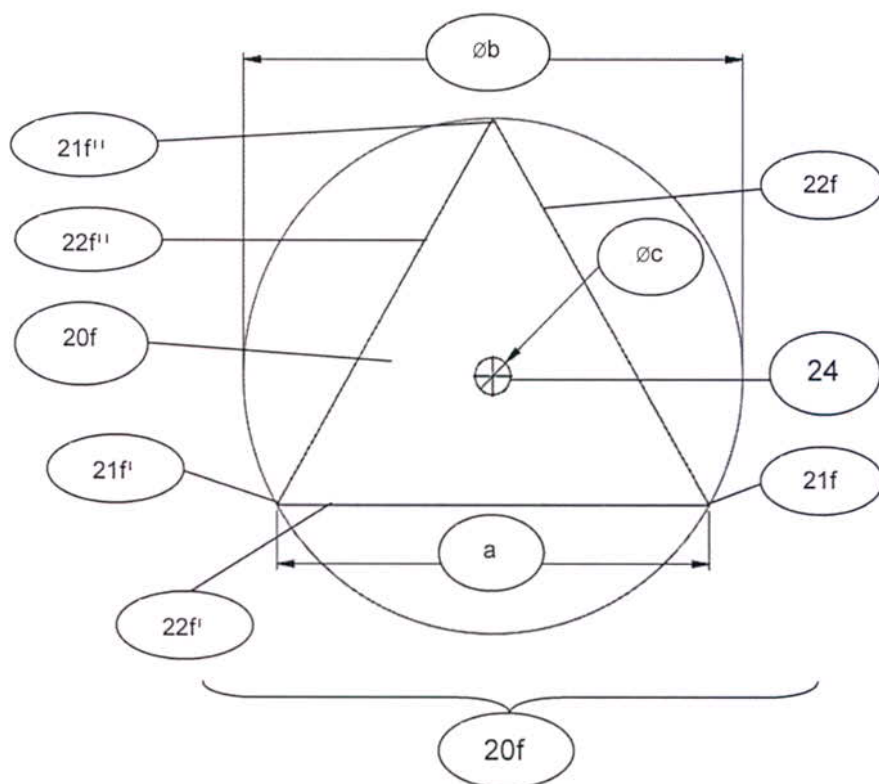


Fig. No.73

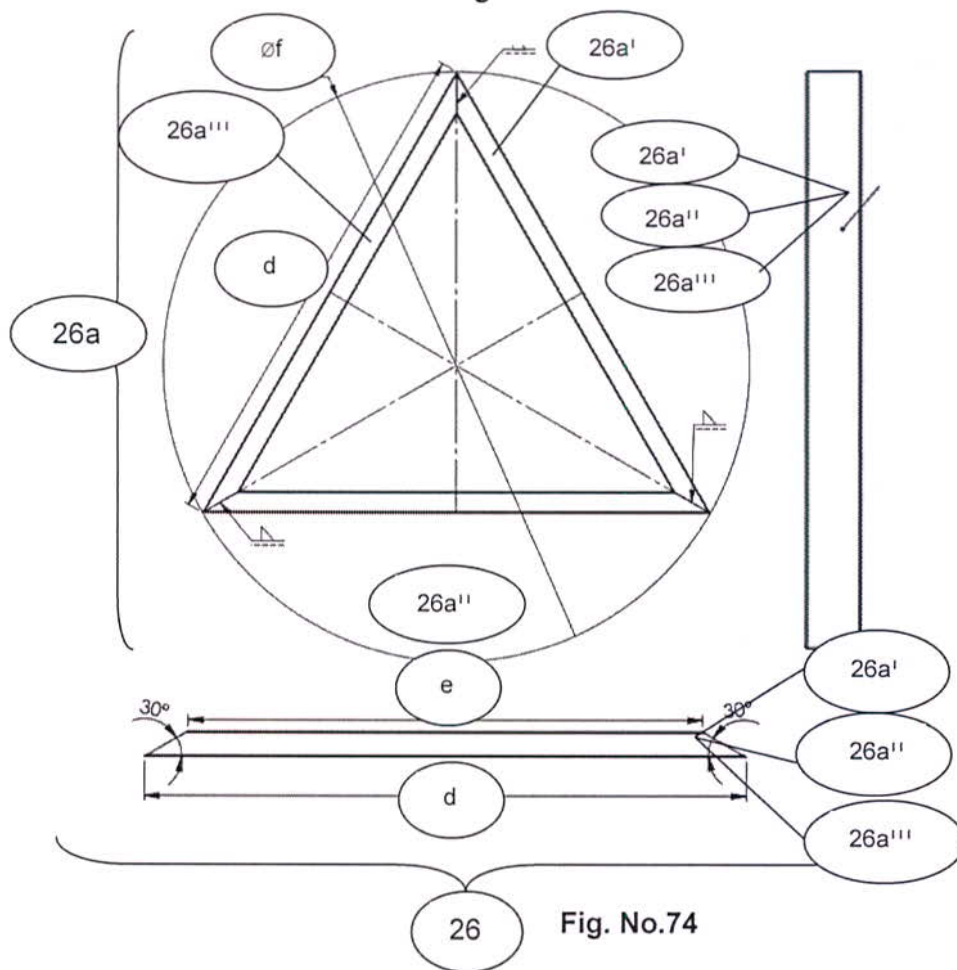


Fig. No.74

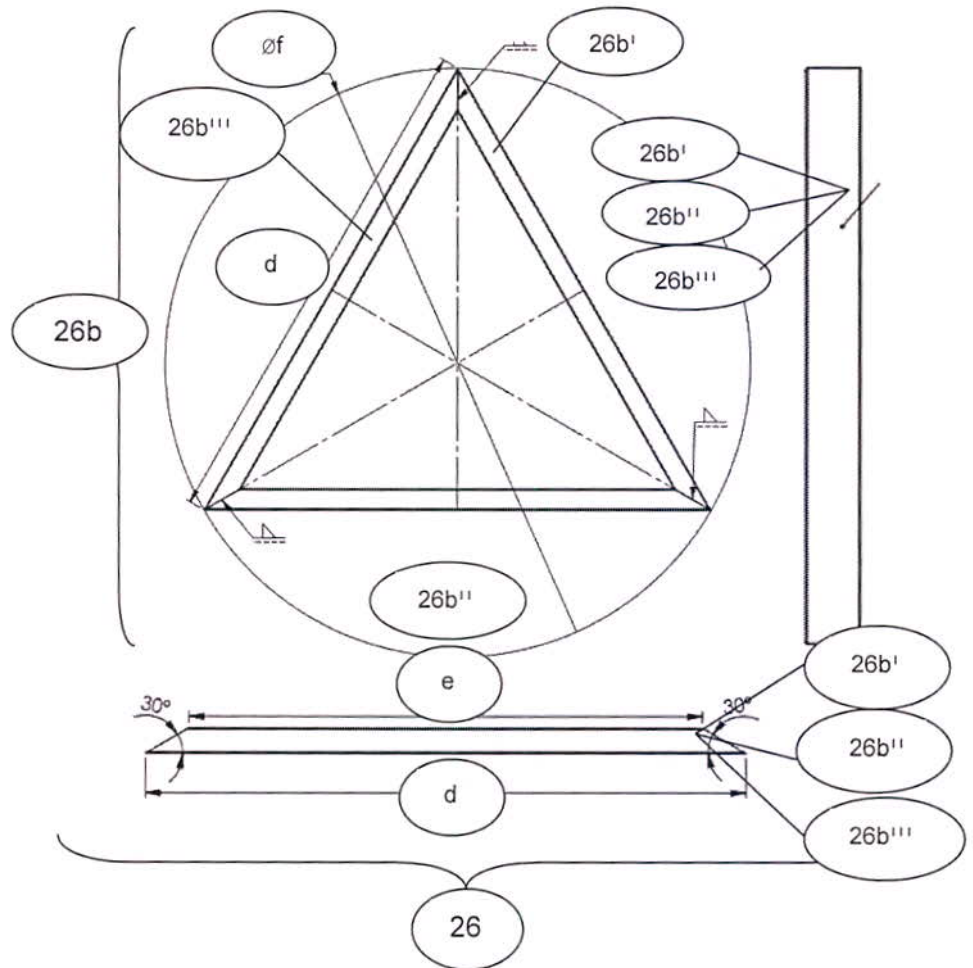


Fig. No.75

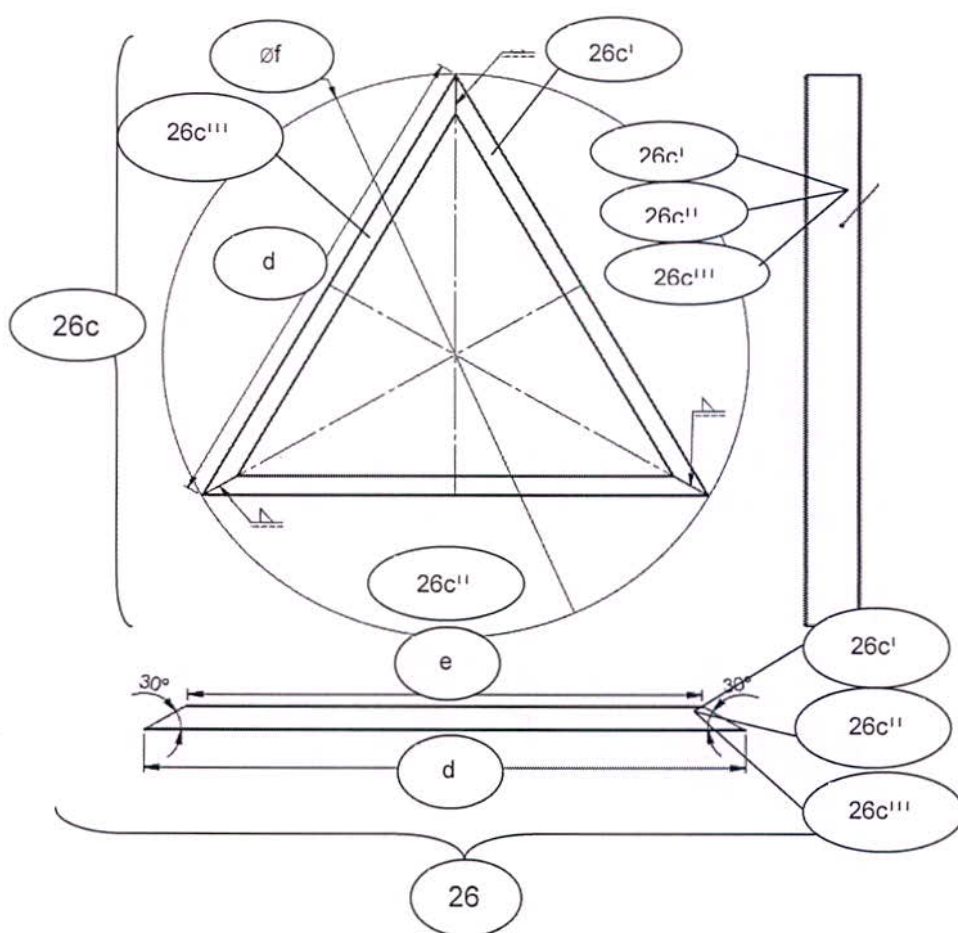


Fig. No.76

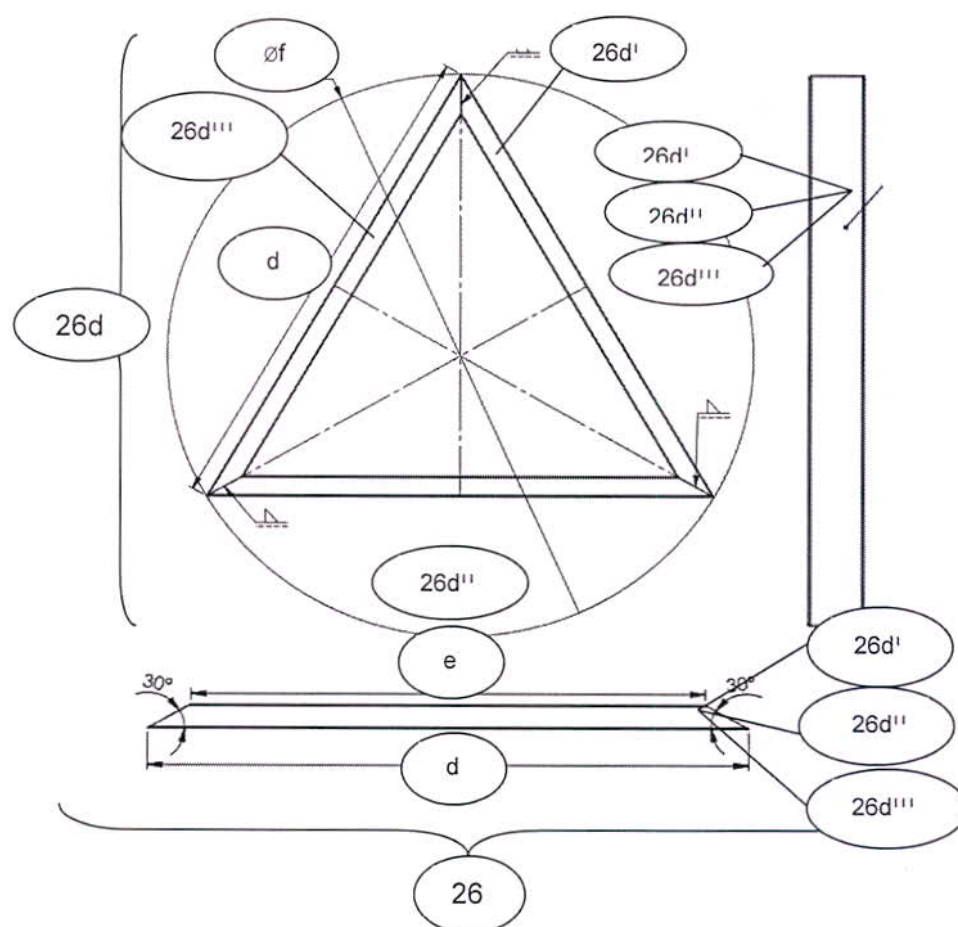


Fig. No.77

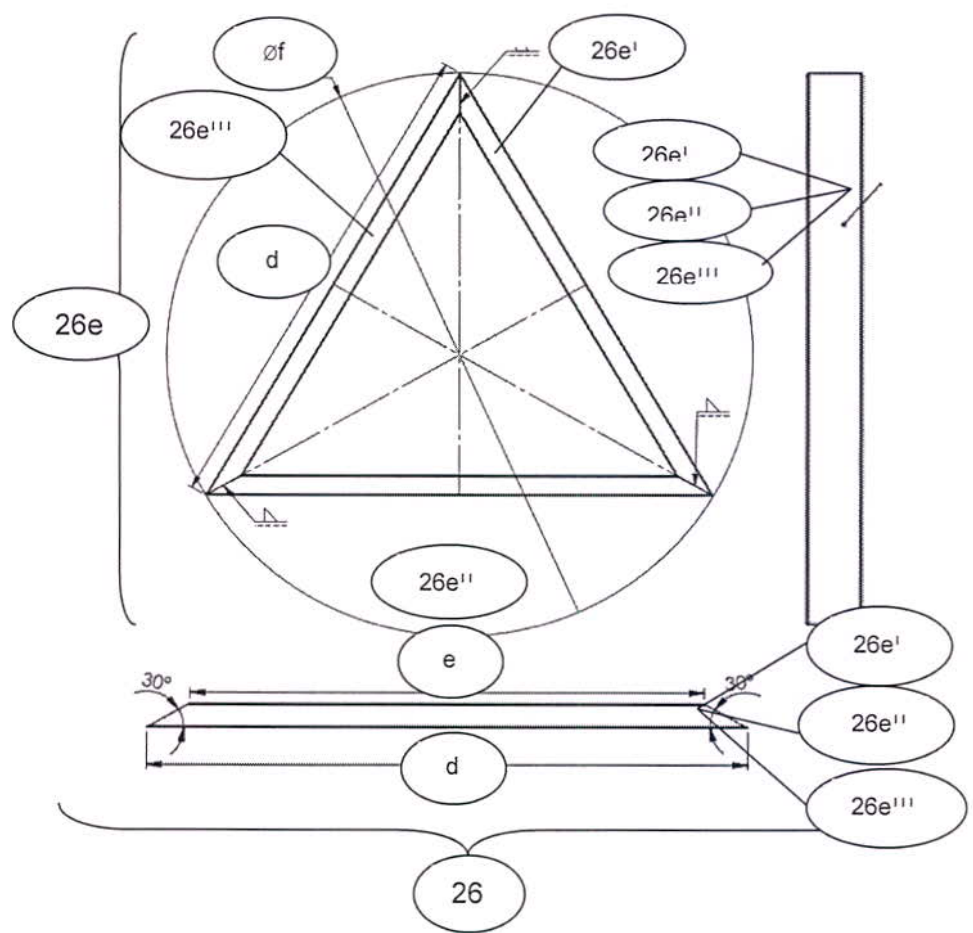


Fig. No.78

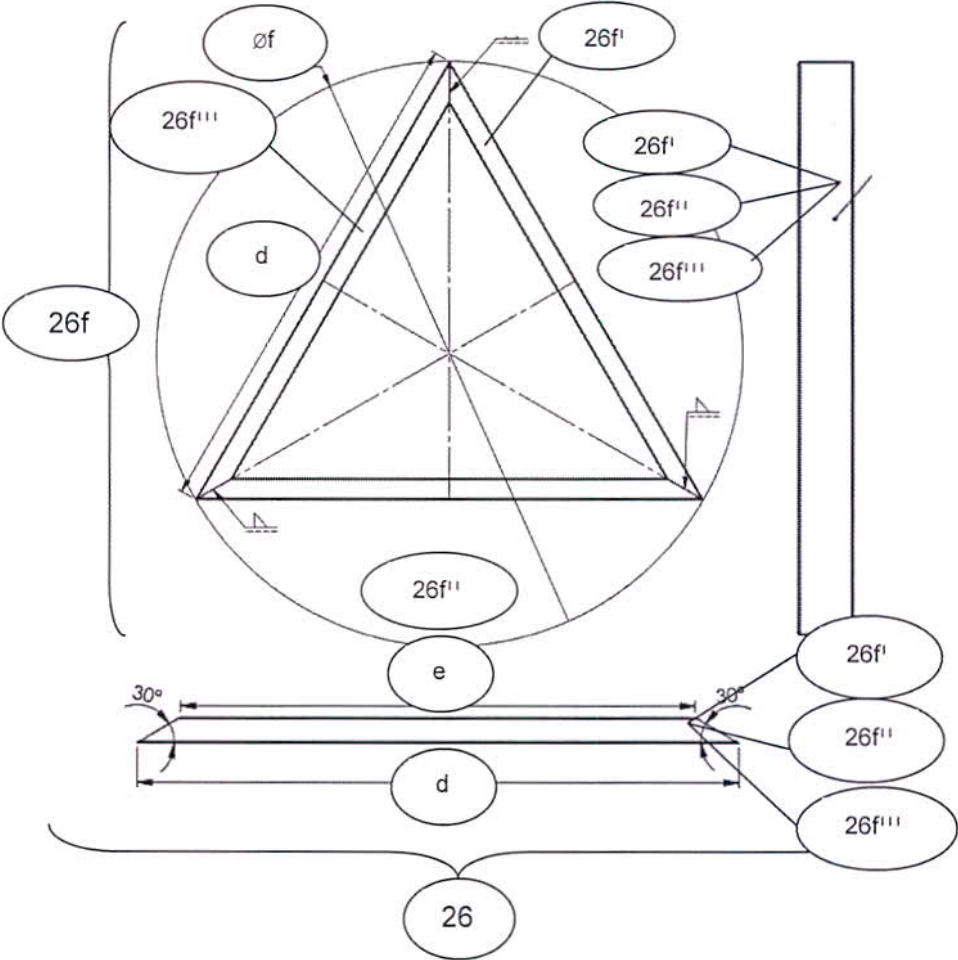


Fig. No.79

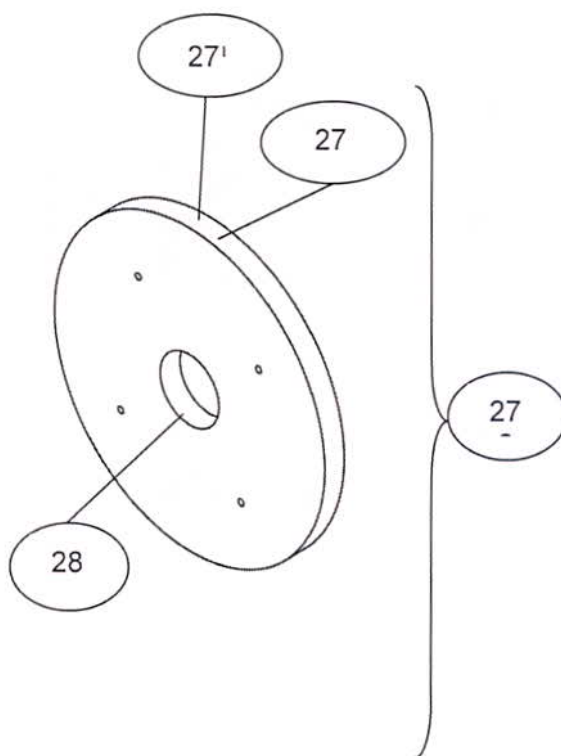
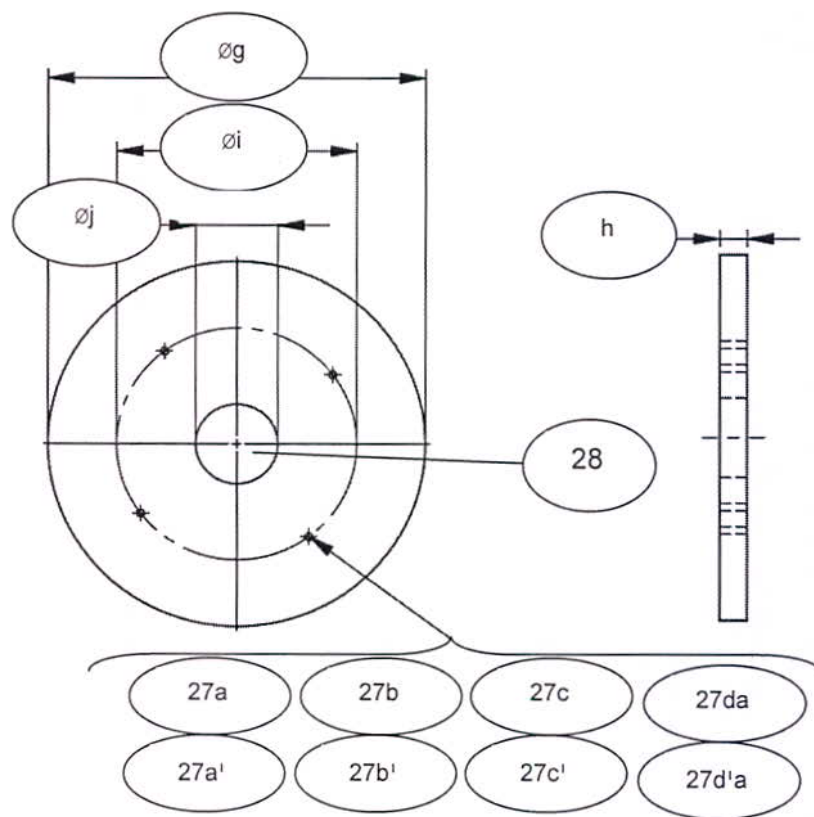


Fig. No.80

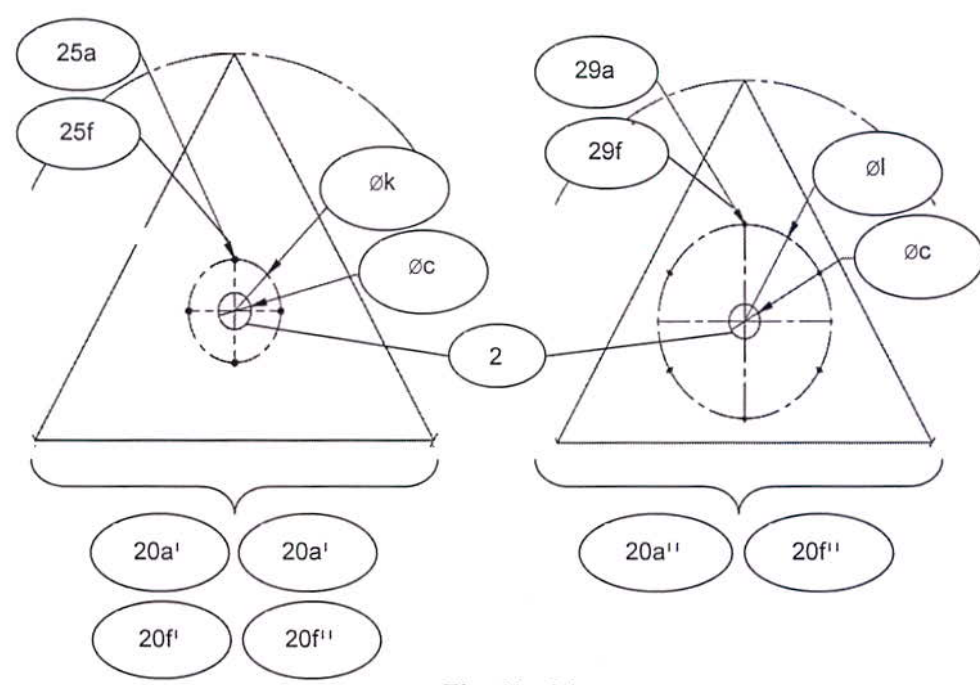


Fig. No.81

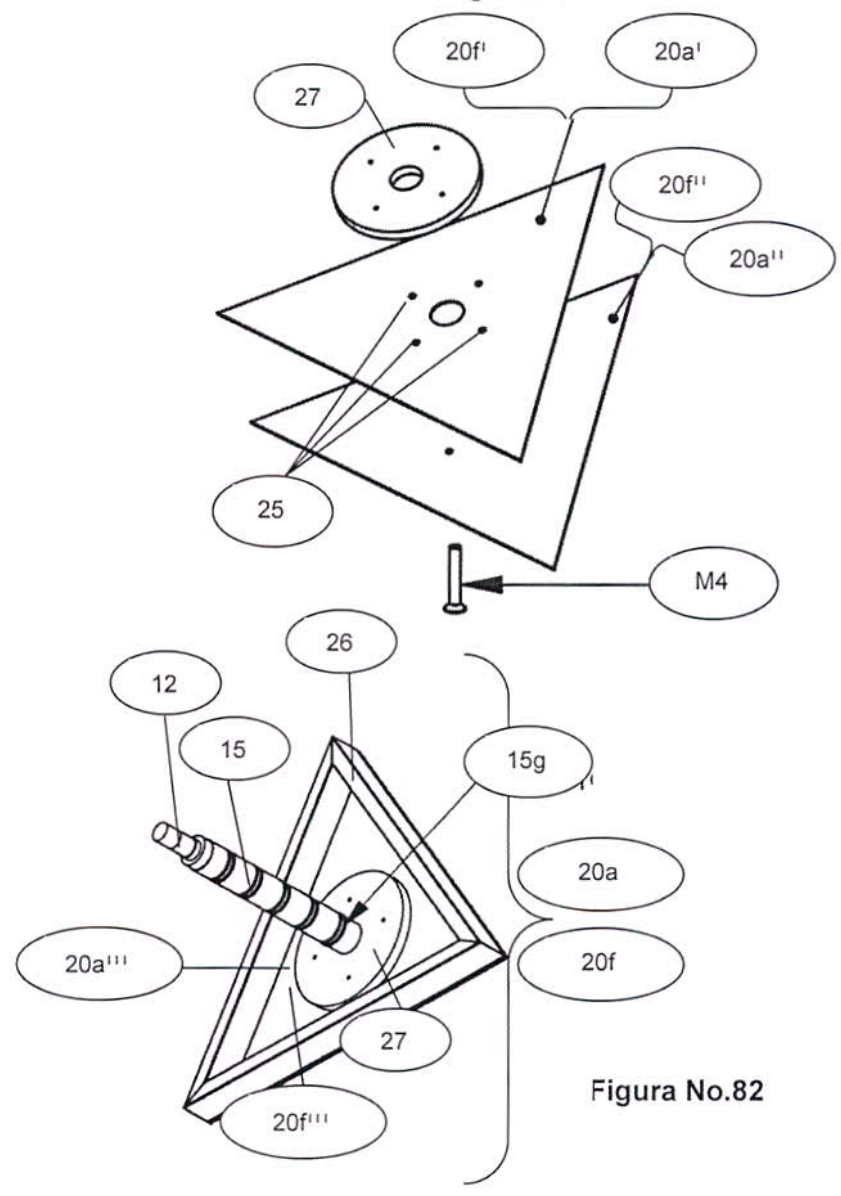


Figura No.82

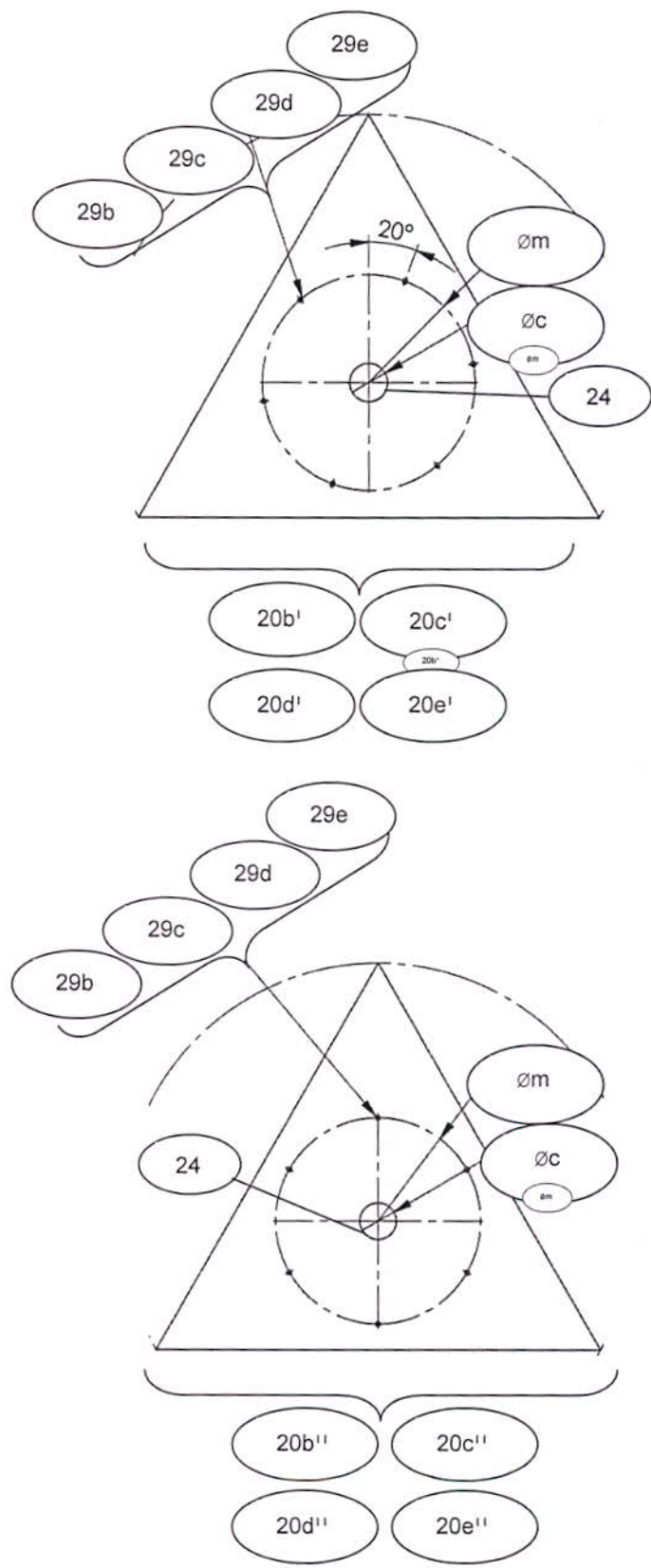


Fig. No.83

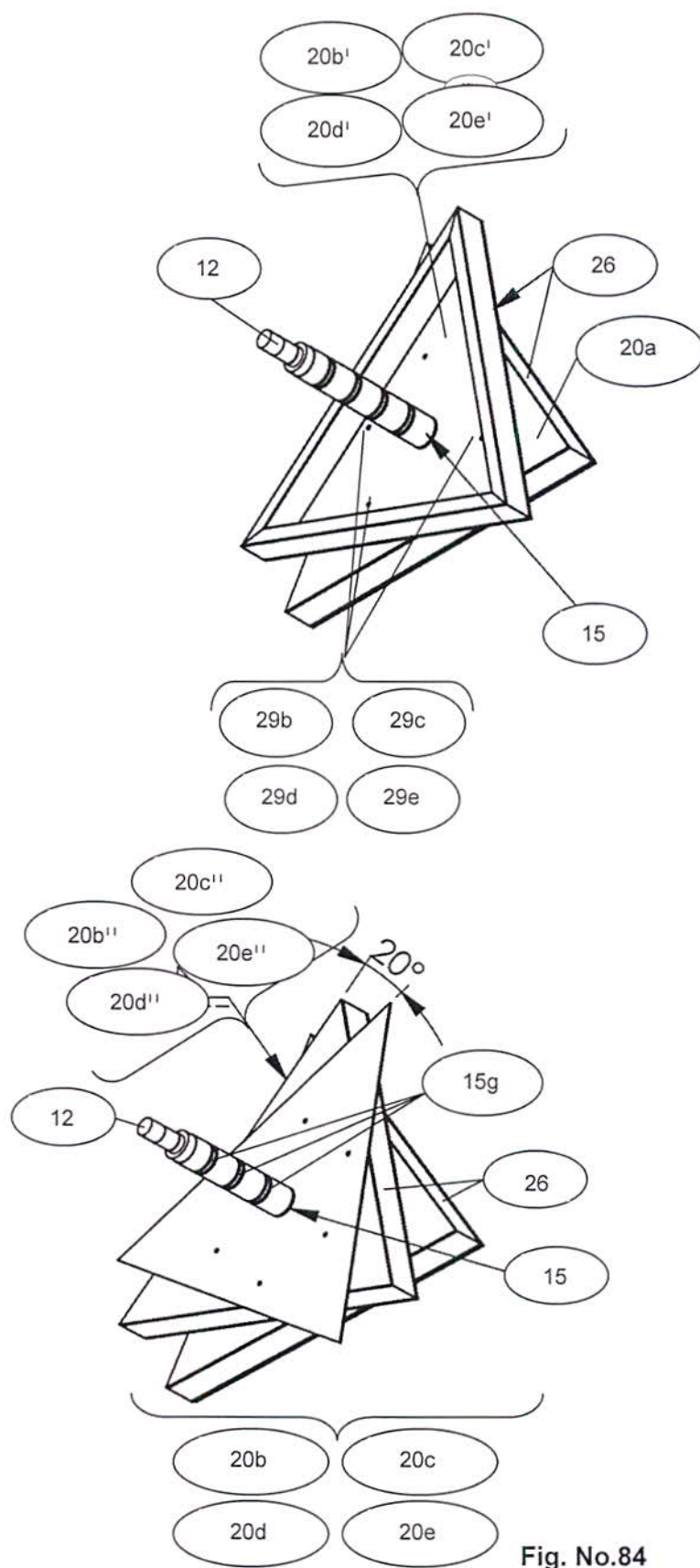


Fig. No.84

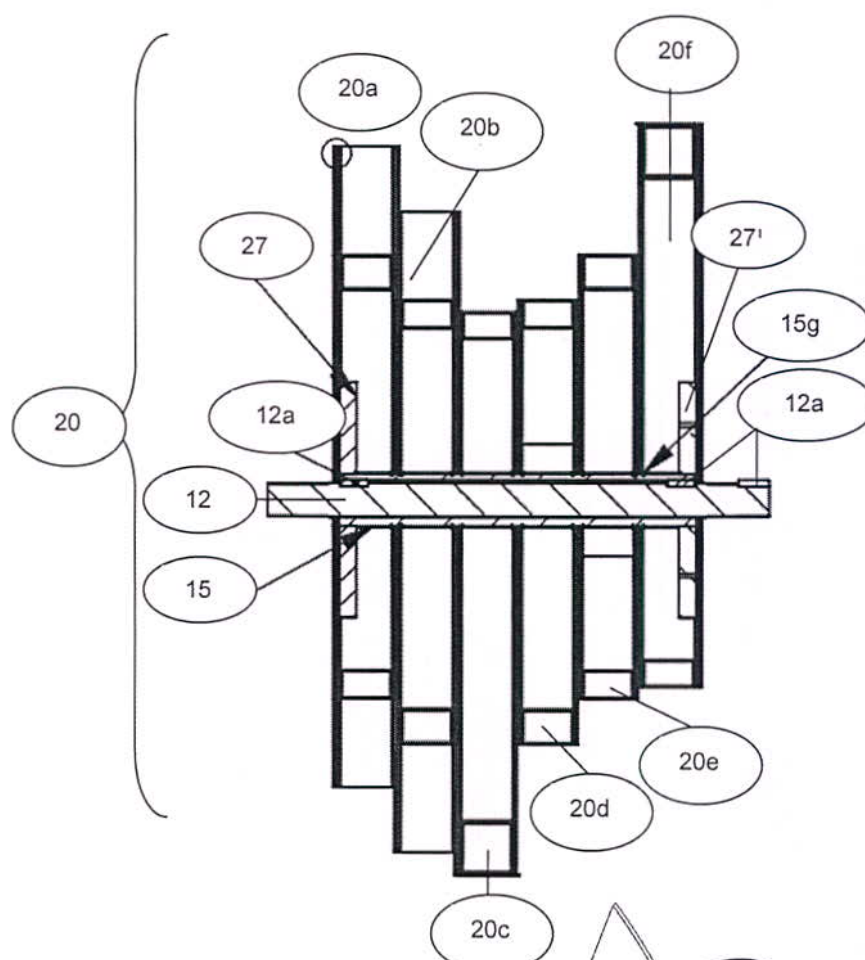


Fig. No.85

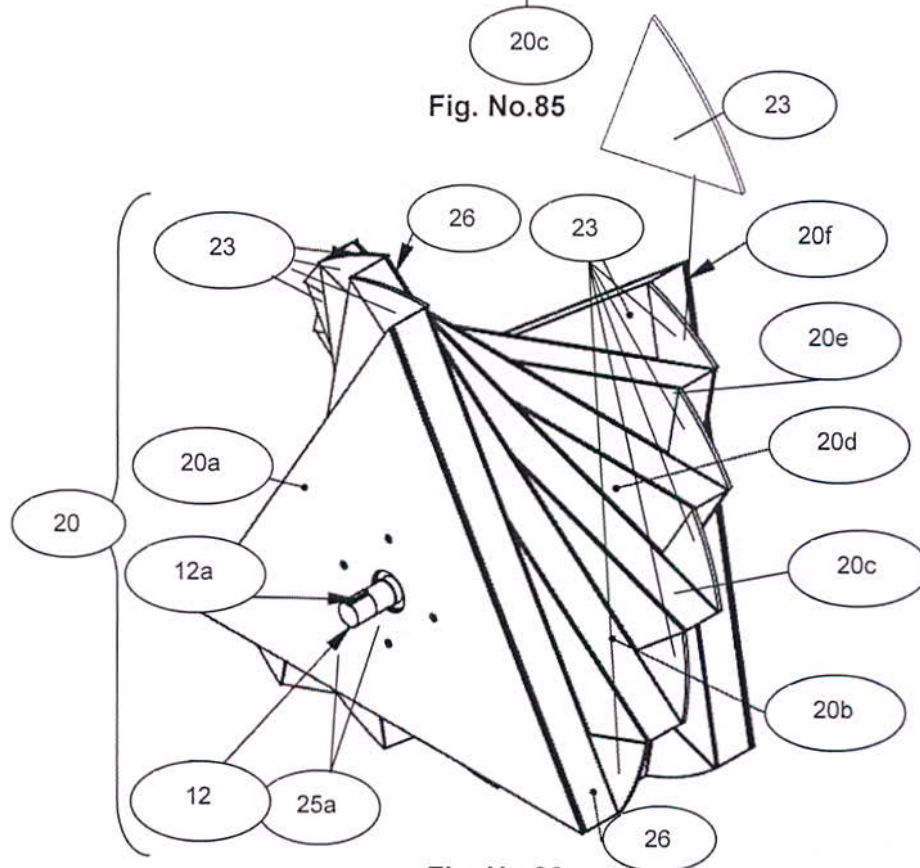


Fig. No.86

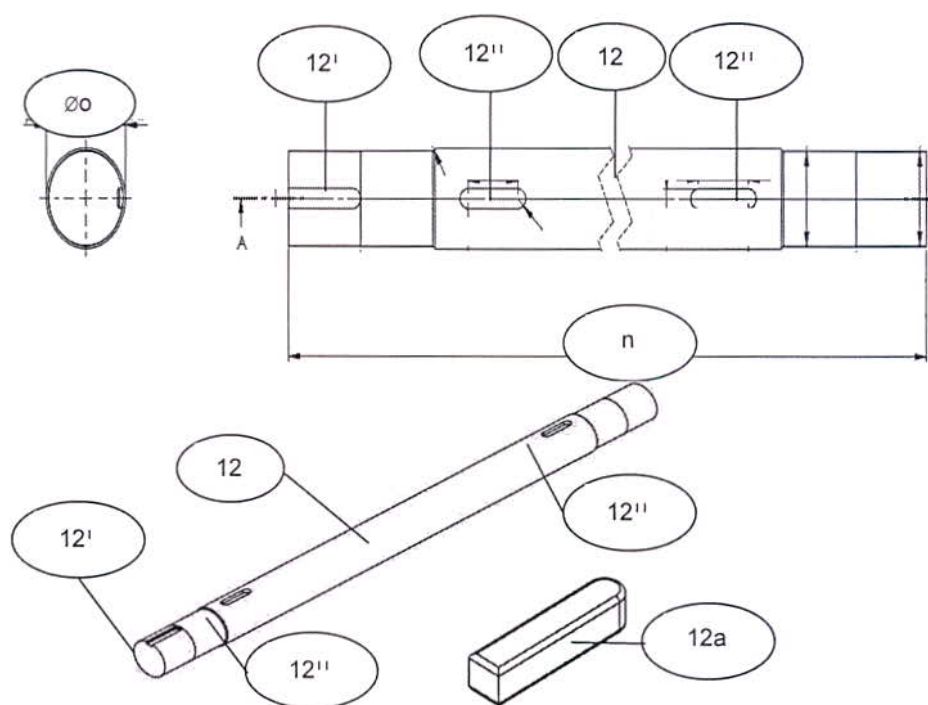


Fig. No.87

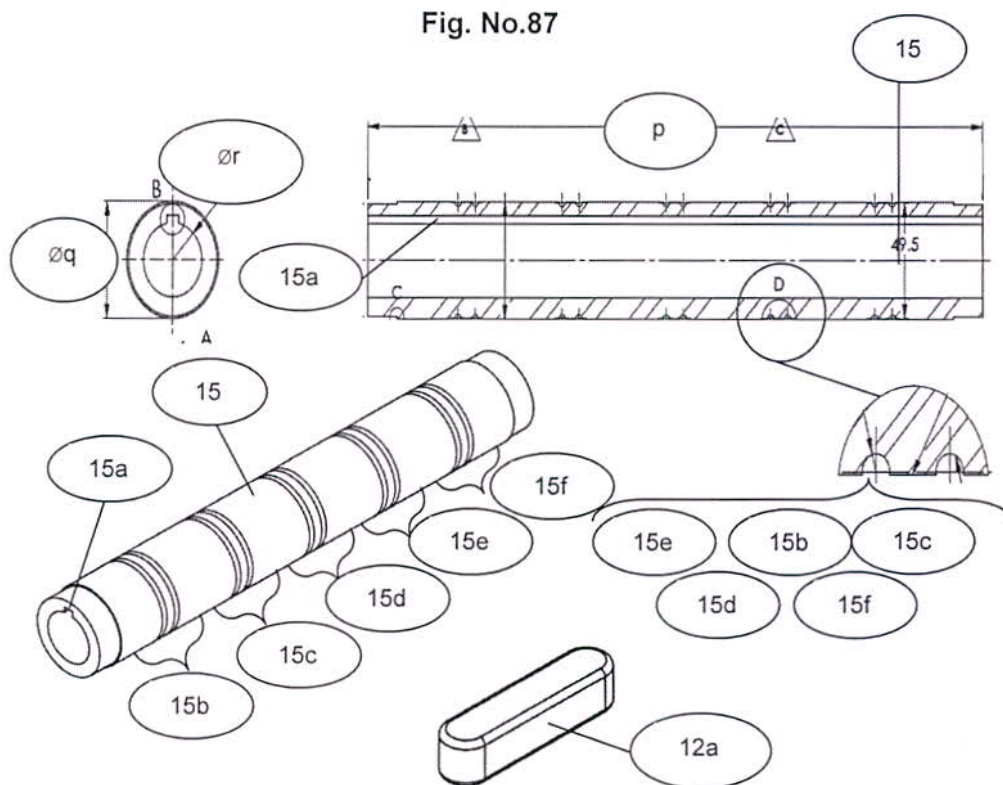


Fig. No.88

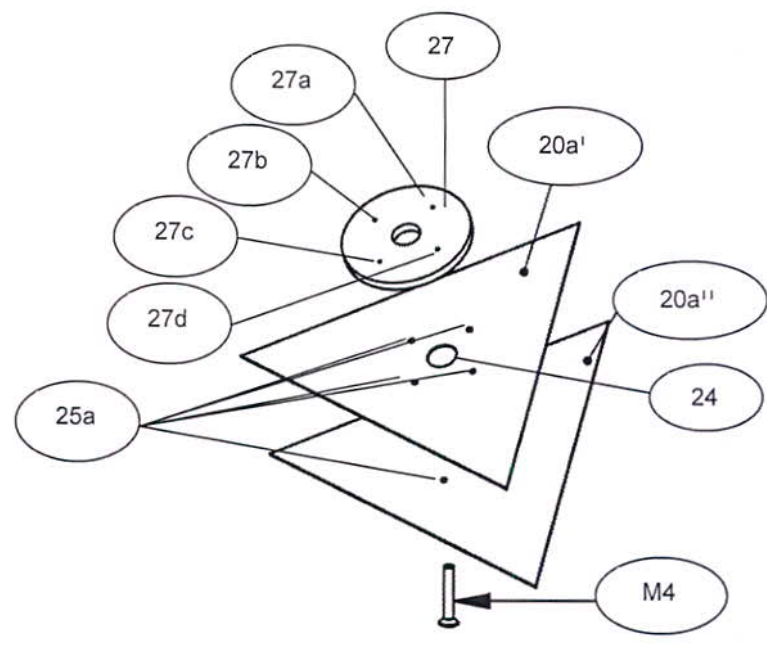


Fig. No.89

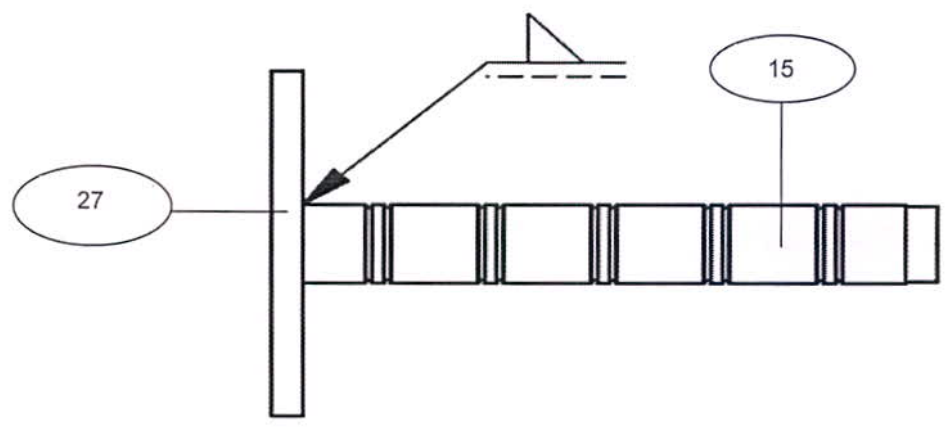


Fig. No.90

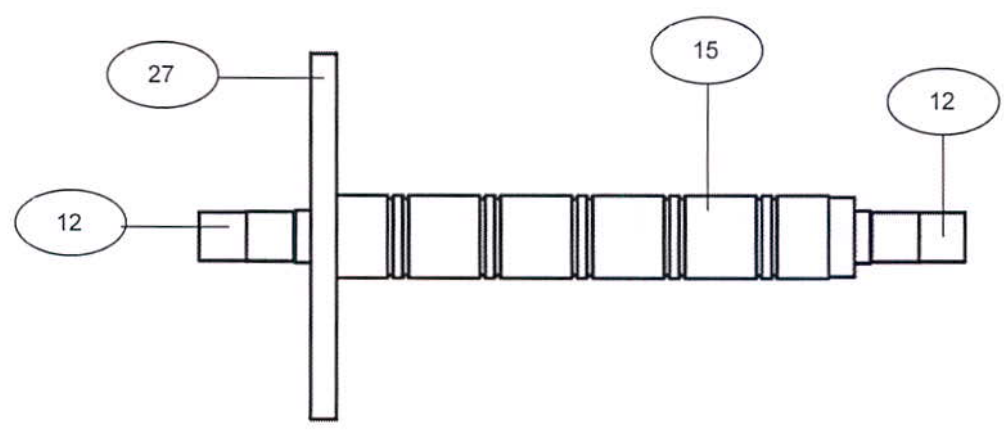


Fig. No.91

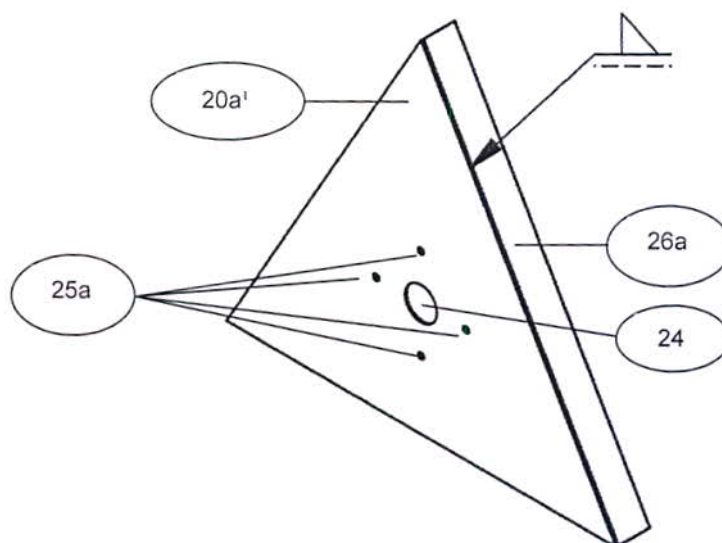


Fig. No.92

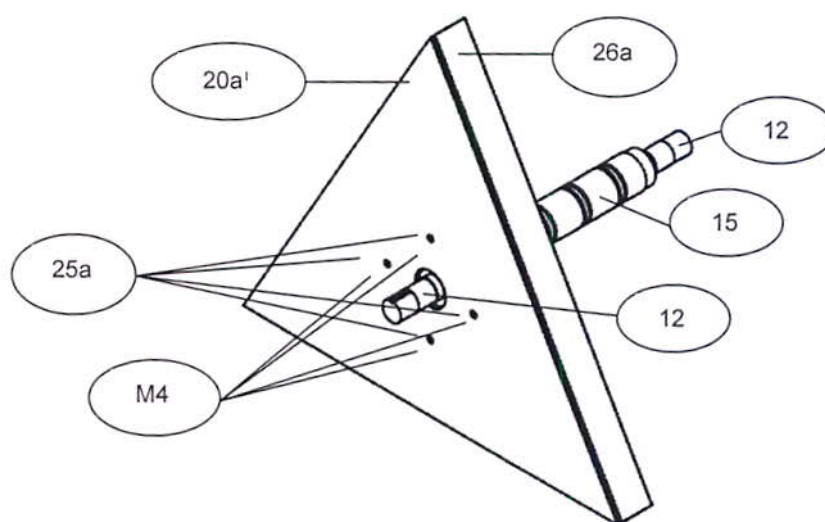


Fig. No.93

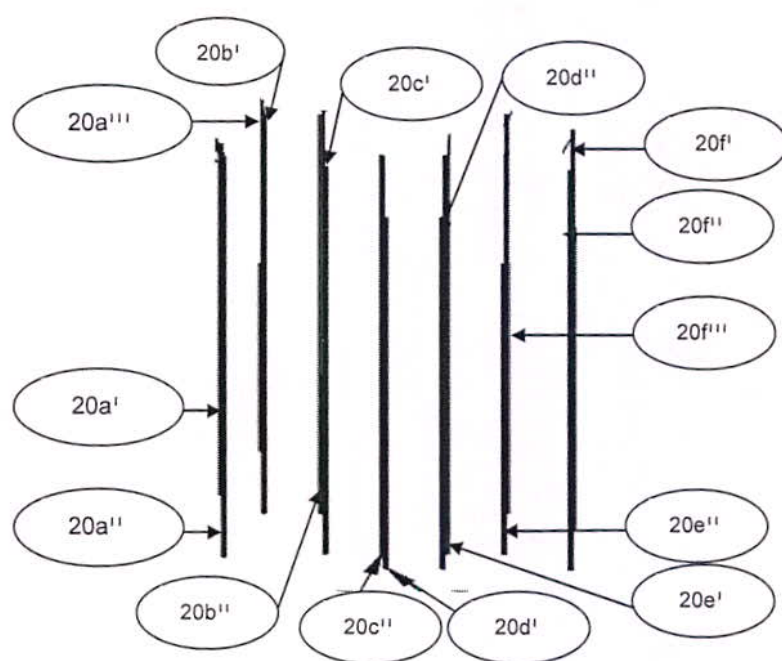


Fig. No.94

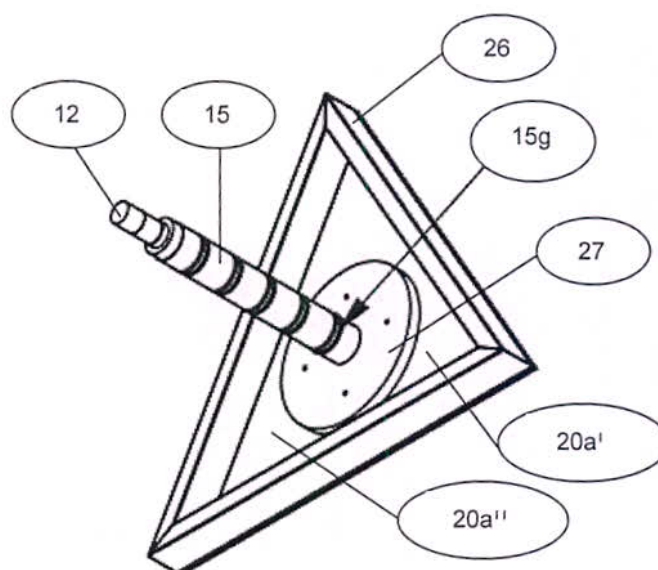


Fig. No.95

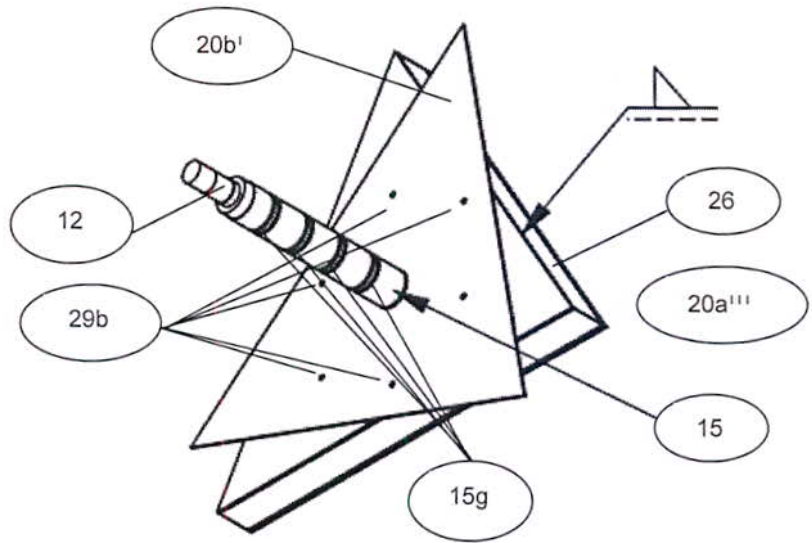


Fig. No.96

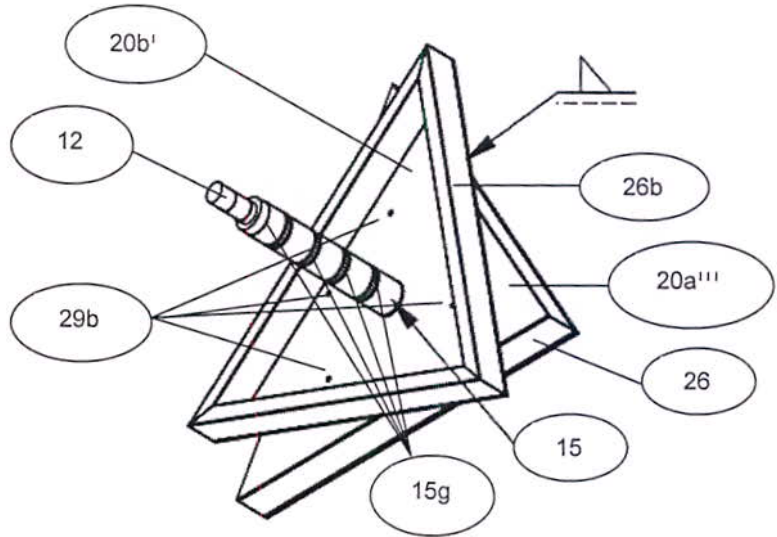


Fig. No.97

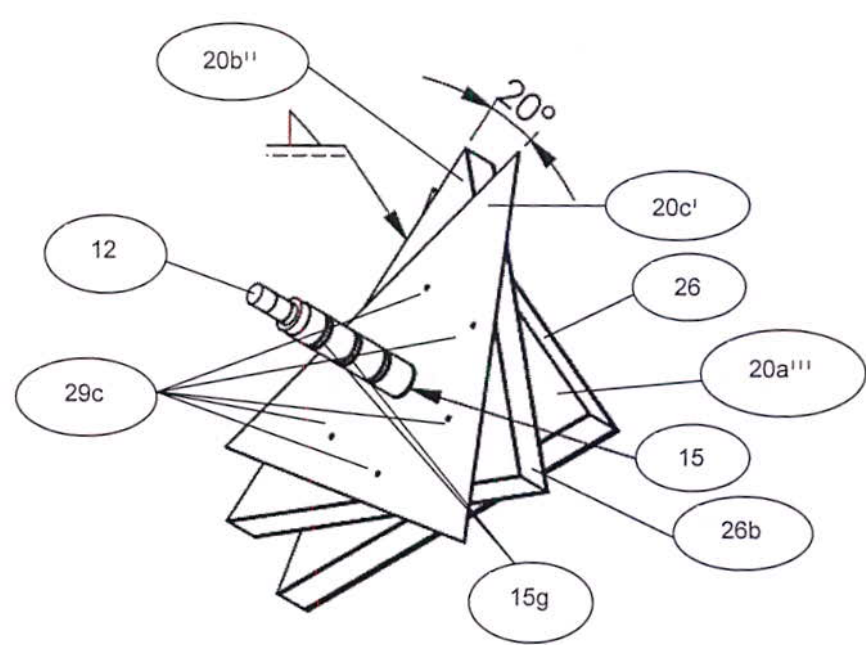


Fig. No.98

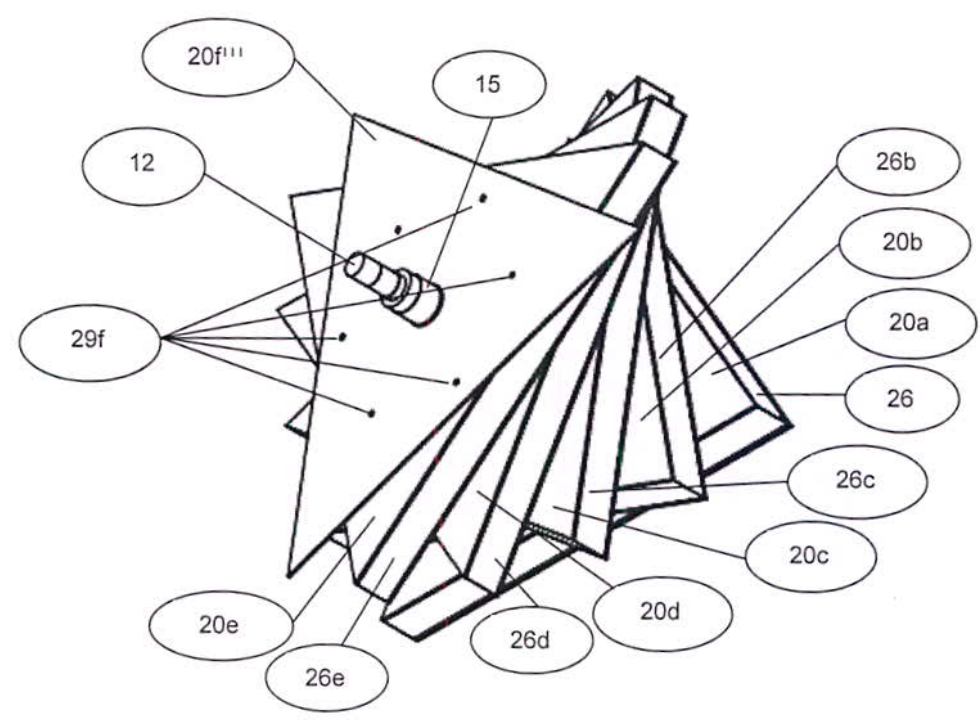


Fig. No.99

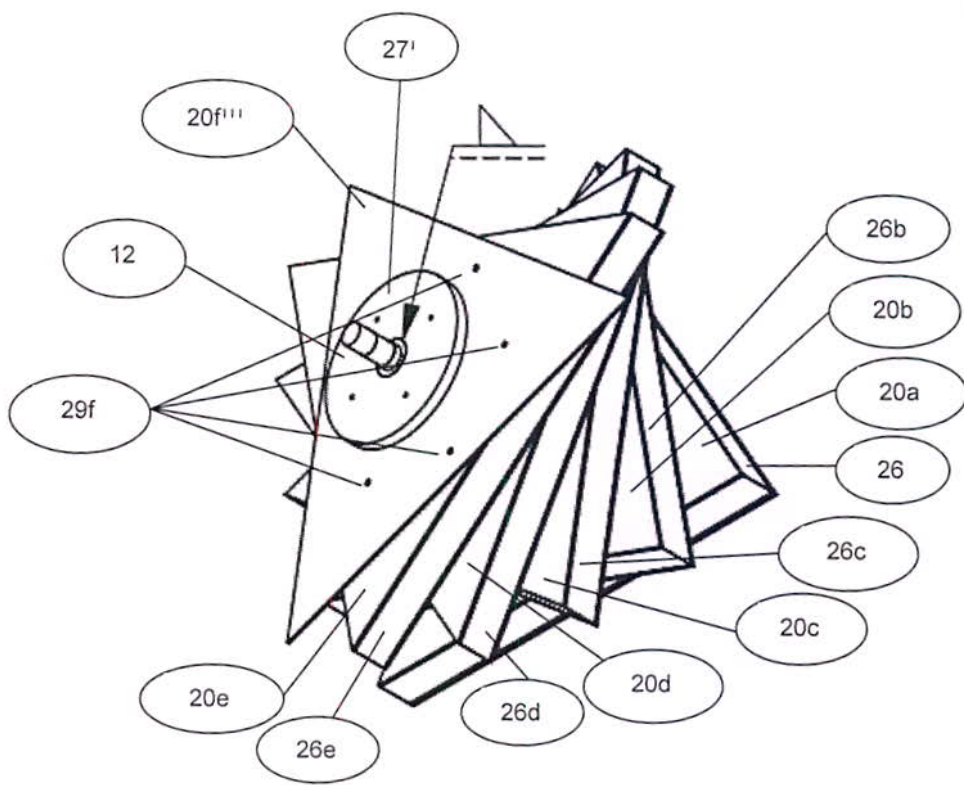


Fig. No.100

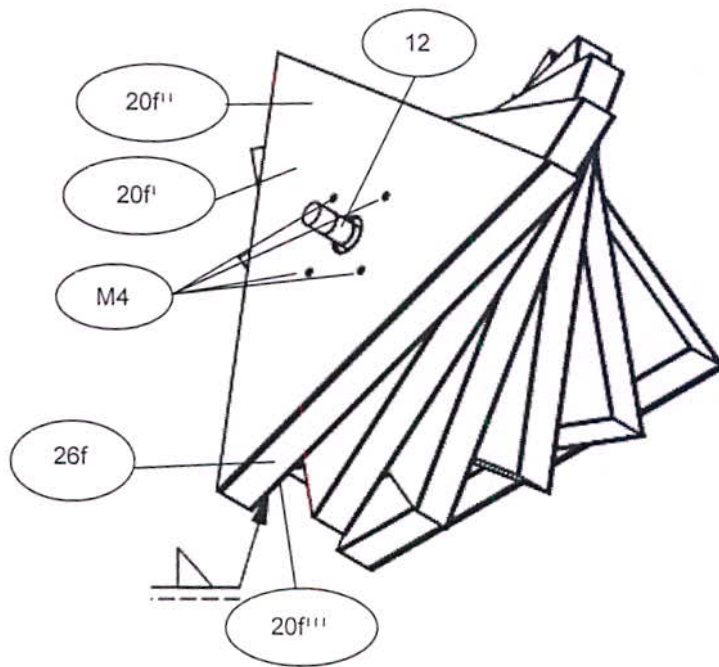


Fig. No.101

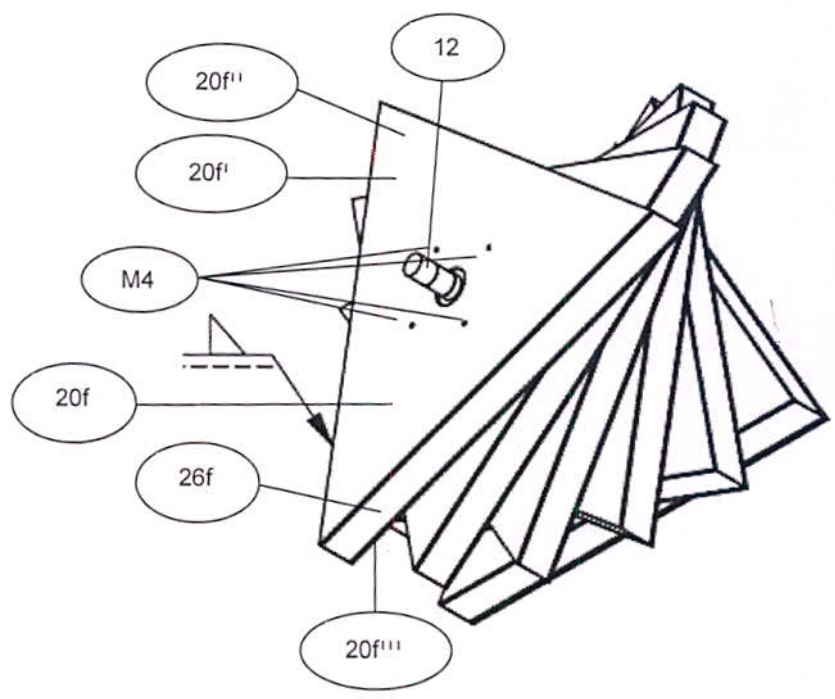


Fig. No.102

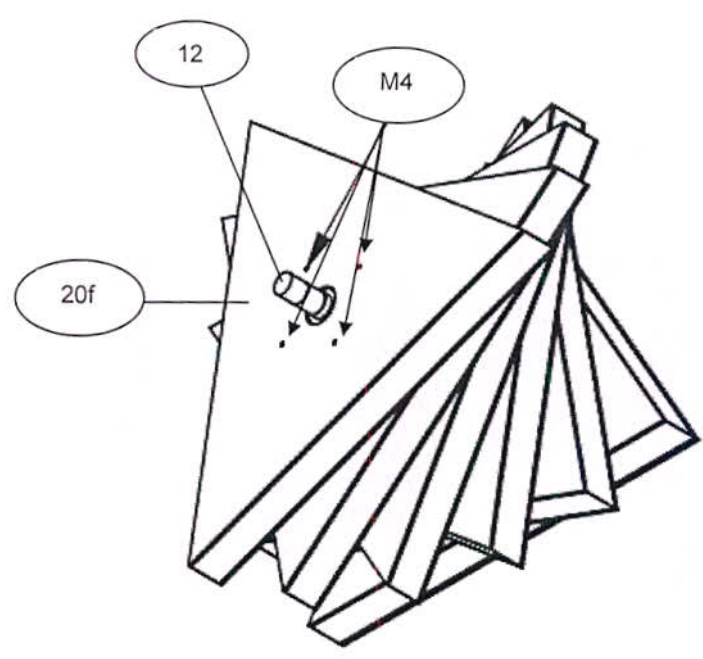


Fig. No.103

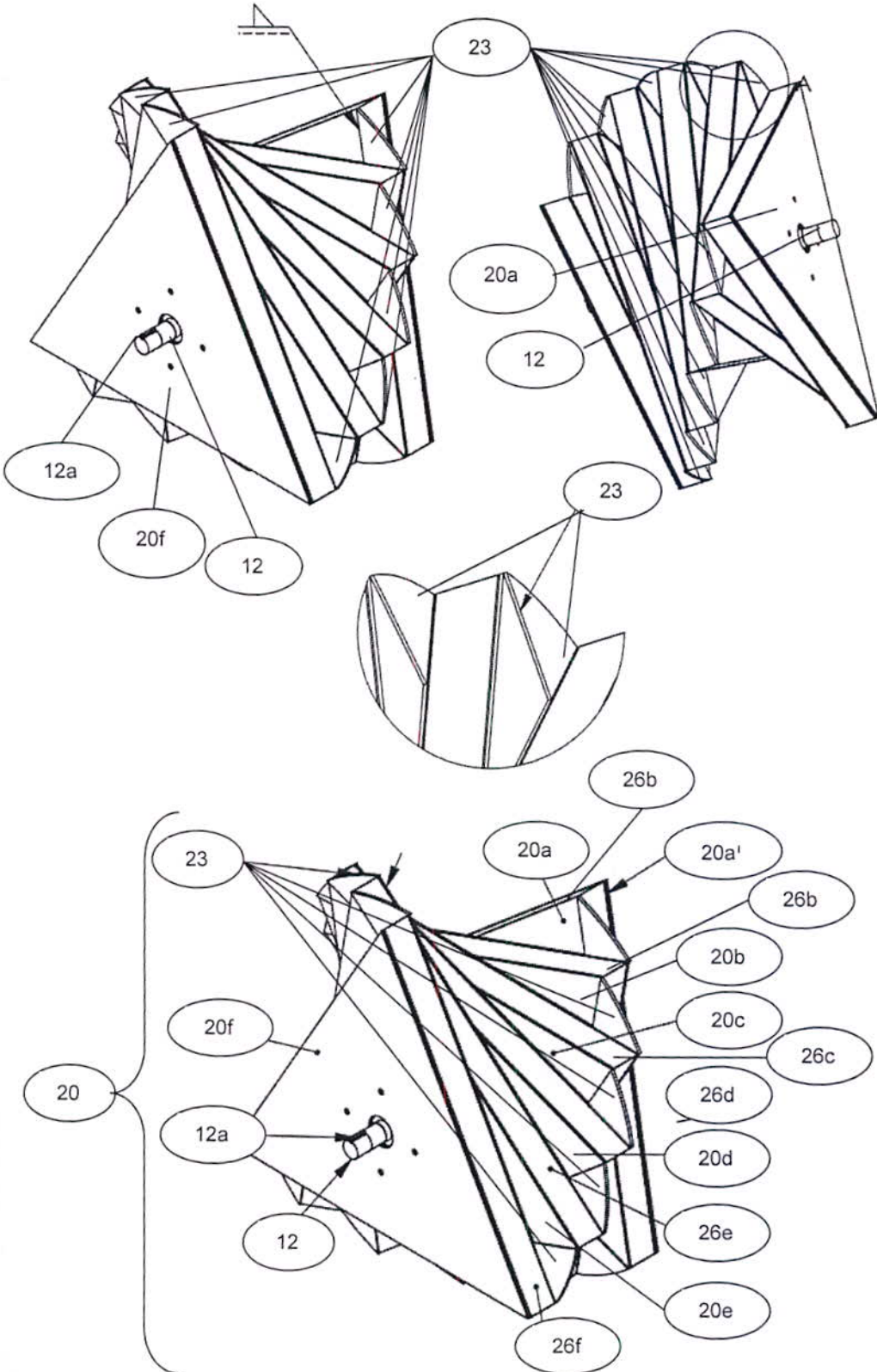


Fig. No.104

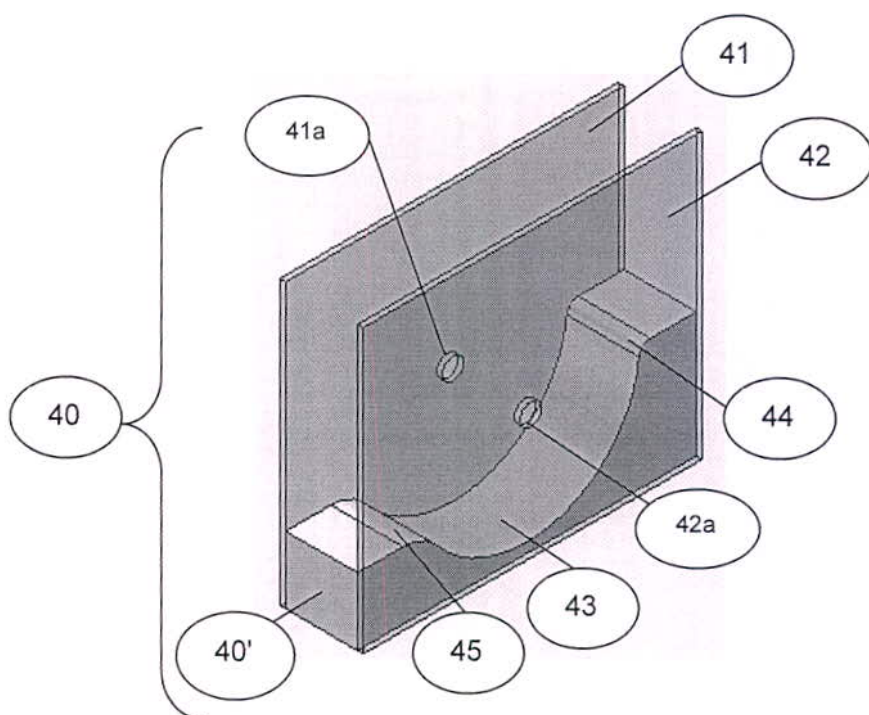
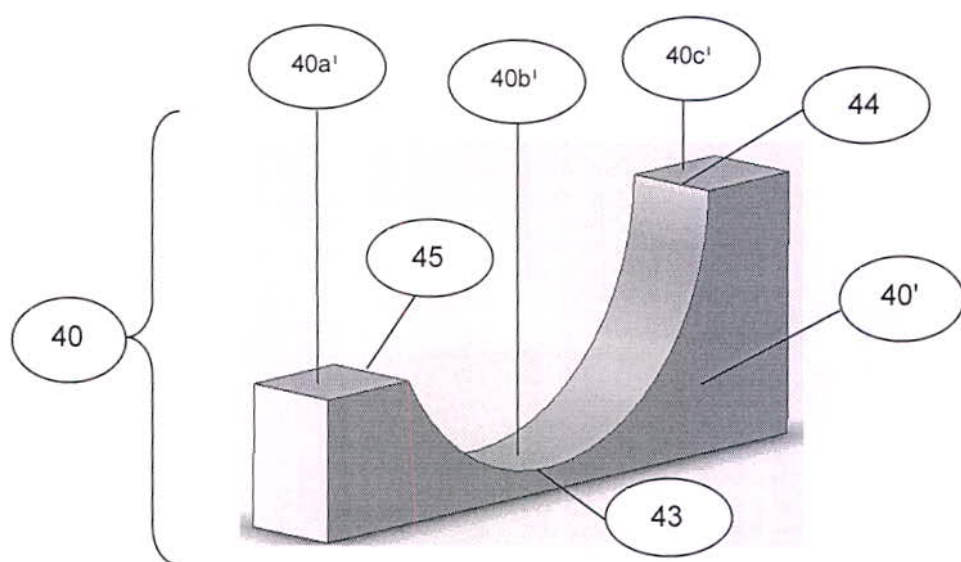


Fig. No.105

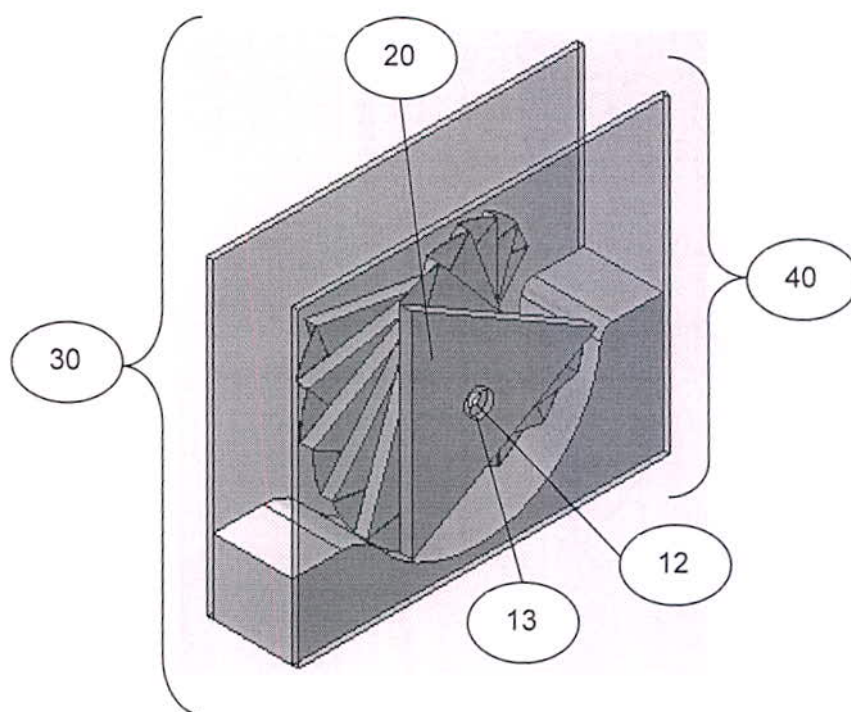


Fig. No.106

REIVINDICACIONES

1. Máquina hidráulica para bajas caídas, caracterizada porque se compone de un estator (40), un rotor (20), un eje (12), dos discos (27, 27'), un buje de eje (15) y un par de rodamientos de bola (13, 13'), en donde la maquina hidráulica (30) tiene la siguiente composición constructiva de sus elementos y su respectiva interacción, así:
 - Tiene un rotor (20) que está conformado por seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) entre sí, cuyo ángulo de desfase β entre etapas es de 20° , tiene un radio $R = 1$ metro, un ángulo de posición $\alpha = 0^\circ$ y un espesor $Z = 1$ metro; cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) del rotor (20) se compone de una serie de laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f'), cada una de estas laminas tiene tres lados o vértices iguales (22a, 22a', 22a'', 22b, 22b', 22b'', 22c, 22c', 22c'', 22d, 22d', 22d'', 22e, 22e', 22e'', 22f, 22f', 22f''), dichos vértices se interceptan formando tres puntas (21a, 21a', 21a'', 21b, 21b', 21b'', 21c, 21c', 21c'', 21d, 21d', 21d'', 21e, 21e', 21e'', 21f, 21f', 21f''), igualmente cada lamina triangular equilátera (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') cuenta con un perforación circular central (24) y perforaciones equidistantes (25a, 25a', 25b, 25b', 25c, 25c', 25d, 25d', 25e, 25e', 25f, 25f') alrededor de diámetros mas grandes guardando concentricidad con la perforación central circular (24), del mismo modo cada una de las laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') que conforman cada etapa (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) también cuentan con un marco tubular triangular equilátero (26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f) elaborado a partir de tres tubos de aluminio rectangulares (26a', 26a'', 26a''', 26b', 26b'', 26b''', 26c', 26c'', 26c''', 26d', 26d'', 26d''', 26e', 26e'', 26e''', 26f', 26f'', 26f'''), dicho marco tubular (26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f) en cada uno de sus extremos se encuentra soldados los contornos de cada una de las laminas, creando un espacio entre lamina y lamina; la posición y la ubicación de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) que hacen parte de la configuración constructiva del rotor (20) están establecidas como etapa inicial (20a), etapas intermedias en su orden (20b), (20c), (20d), (20e) y etapa final (20f), dichas etapas en su orden establecido están unidas y soldadas entre sí por unas pequeñas placas o aletas laterales (23) en forma de arcos descritos por la circunferencia en el que está configurado el rotor (20).
 - Posee un estator (40) que está conformado por una placa curva (40') y dos placas laterales (41, 42) elaboradas en acrílico la cual cuentan con un agujero central (41a, 42a), dicha placa curva (40') tiene una curvatura (43) la cual se encuentra definida por el diámetro exterior del rotor (20) y un espesor igual al espesor del rotor (20); igualmente el estator (40) también cuenta con una entrada (40a') que posee una altura mayor $h_1 = 0.4$ metros y una curvatura pequeña (44) de redondeo de 10 mm, de igual forma cuenta con una salida (40c') que posee una altura menor de $h_2 = -0.5$ metros y una curvatura grande (45) de redondeo de 40 mm.

- Cuenta con dos discos (27, 27') que tienen cuatro perforaciones (27a, 27b, 27c, 27d, 27a', 27b', 27c', 27d') ubicadas equidistantes entre sí, además cuentan con agujero pasante central (28).
- También tiene un eje (12) y un buje de eje (15), el eje (12) tiene tres ranuras (12', 12'', 12''') en sus extremos, una de ellas (12') está destinada insertar una chaveta (12a) las otras dos ranuras (12'', 12''') están ubicadas igualmente a los dos extremos del eje (12) para insertar otras dos chavetas (12a), el buje de eje (15) tiene un diámetro externo y un diámetro interior, asimismo cuenta con una ranura pasante o cuñero (15a), del mismo modo cuenta con 10 ranuras exteriores (15b, 15c, 15d, 15e, 15f) ubicadas por parejas a lo largo del todo el buje (15) y espaciadas entre sí, la cual van insertados varios anillos de caucho llamados O'rings (15g).

La maquina hidráulica (30) cuenta con un rotor (20) que tiene seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) ajustadas entre sí por unos discos (27, 27'), estas etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) y estos discos (27, 27') se encuentran montados sobre un eje de buje (15), asimismo el buje de eje (15) esta acoplado a un eje (12), el eje (12) a su vez esta acoplado en cada unos de sus extremos a unos rodamientos de bola (13, 13') que se encuentran ubicados e insertados en las placas laterales (41, 42) del estator (40) que hace parte de la maquina hidráulica para bajas caídas (30), que esta acoplada a un canal basculante pequeño (9').

2. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** la máquina hidráulica (30) tiene los siguientes parámetros geométricos establecidos $R = 1m$, $\alpha = 0^\circ$, $\beta = 20^\circ$, $Z = 1m$, $h_1 = 0.4m$, $h_2 = -0.5m$, adquiriendo con estos unos valores de un torque promedio $T_{prom} = 2585.420 \text{ Nm}$ y un diferencial de torque de $\Delta T = 9.038 \text{ Nm}$.
3. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** las laminas triangulares equiláteras (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') están elaboradas en material de aluminio con espesores de 3 mm y de 2.9 mm.
4. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** cada lamina tiene tres lados o vértices iguales (22a, 22a', 22a'', 22b, 22b', 22b'', 22c, 22c', 22c'', 22d, 22d', 22d'', 22e, 22e', 22e'', 22f, 22f', 22f'') donde cada vértice tiene una longitud (a) de 606.22 mm.

Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** los vértices cuando se interceptan forman tres puntas (21a, 21a', 21a'', 21b, 21b', 21b'', 21c, 21c', 21c'', 21d, 21d', 21d'', 21e, 21e', 21e'', 21f, 21f', 21f''), donde dichas puntas forman un diámetro (b) imaginario externo de 700mm.

5. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** cada lamina triangular equilátera (20a', 20b', 20c', 20d', 20e', 20f') cuenta con un perforación circular central (24) de diámetro (c) de 50 mm.

6. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** el marco tubular triangular (26) está elaborado a partir de tres tubos de aluminio rectangulares (26a', 26a'', 26a''', 26b', 26b'', 26b''', 26c', 26c'', 26c''', 26d', 26d'', 26d''', 26e', 26e'', 26e''', 26f', 26f'', 26f''') de longitud de 2" (50.8 mm) con ancho de 1" (25.4 mm) y con un espesor de 1.5 mm, cada tubo rectangular tiene una longitud externa (d) de 606.2 mm y una longitud interna (e) de 518,2 mm que cortados entre sí, son dispuestos para constituir un marco tubular triangular equilátero (26a, 26b, 26c, 26d, 26e, 26f) donde sus respectivas puntas forman un diámetro (f) imaginario externo de 700 mm.
7. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** los dos discos (27, 27') tienen un diámetro externo (g) de 220 mm, están elaborados en acero A36 y tienen un espesor (h) de 5/8" (15.9 mm), asimismo sus cuatro perforaciones (27a, 27b, 27c, 27d, 27a', 27b', 27c', 27d') están ubicadas equidistantes entre sí en un diámetro imaginario (i) de 140 mm, estas perforaciones tienen una profundidad de 1/2" (12.7 mm) para roscas de M4, asimismo su agujero pasante central (28) tiene un diámetro interno (j) de 48 mm.
8. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** el eje (12) está elaborado en acero AISI 1045, tiene una longitud (n) de 470 mm y un máximo diámetro (o) de 1 1/4" (31.75 mm).
9. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** el buje (15) está elaborado en acero AISI 1518, tiene una longitud (p) de 334 mm, un diámetro externo (q) de 50 mm y un diámetro interior (r) pasante de 1 1/4" (31.75 mm).
10. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** las dos placas laterales (41, 42) del estator (40) están elaboradas en acrílico con un espesor de 5mm.
11. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** la máquina hidráulica (30) tiene los siguientes parámetros geométricos establecidos experimentalmente $R = 0.1$ metros, $\alpha = 0^\circ$, $\beta = 20^\circ$, $Z = 0.06m$, $\Delta H = 0.031m$ y un caudal $Q = 1.9$ lit/seg adquiriendo con esto un valor de una velocidad angular $\omega = 79$ rpm.
12. Máquina hidráulica para bajas caídas, según las reivindicaciones No.1 y No.3, **caracterizada porque** la etapa (20a) inicial y la etapa (20f) final del rotor (20), poseen la misma configuración constructiva que consiste en dos laminas triangulares equiláteras (20a', 20a'', 20f', 20f'') donde cada lamina tiene un espesor de 3 mm y están superpuestas entre sí, cada una de ellas cuenta con cuatro perforaciones coincidentes (25a, 25f) ubicadas equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (k) de 140 mm, para alojar cuatro tornillos avellanados de 4 mm, asimismo cuenta con otra lamina triangular equilátera (20a''', 20f''') de espesor de 3 mm separada entre sí de las otras dos laminas superpuestas (20a', 20a'', 20f', 20f'') por un marco tubular (26), dicha lamina triangular (20a''', 20b''') también cuenta con seis perforaciones pasantes (29a, 29f) ubicadas equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (l) de 280 mm para tornillos de 6 mm, dicho marco tubular (26) esta soldado en los

bordes de las laminas (20a', 20a'', 20f', 20f'') y de las laminas (20a''', 20f''').

13. Máquina hidráulica para bajas caídas, según las reivindicaciones No.1 y No.3, **caracterizada porque** las etapas (20b, 20c, 20d, 20e) ubicadas en la parte central del rotor (20) poseen la misma configuración constructiva que consiste en dos laminas triangulares equiláteras (20b', 20b'', 20c', 20c'', 20d', 20d'', 20e', 20e'') donde cada lamina tiene un espesor de 2.9 mm, la cual están separadas entre sí por un marco tubular (26) y están soldadas a este, cada lamina cuenta con seis perforaciones pasantes (29b, 29c, 29d, 29e) equidistantes entre sí, alrededor de un diámetro imaginario (m) de 280 mm para tornillos de 6 mm, también cuentan con la perforación circular central (24) de diámetro (c) de 50 mm.
14. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) están establecidas en el rotor (20) de la siguiente forma: etapa inicial (20a), etapas intermedias en su orden (20b), (20c), (20d), (20e) y etapa final (20f), estas etapas en su orden establecido junto su ángulo de desfase β de 20° están unidas y soldadas entre sí por unas pequeñas placas o aletas laterales (23) en forma de arcos descritos por la circunferencia en el que está configurado el rotor (20), donde dichas placas o aletas laterales (23) están ubicadas hacia los extremos de cada una de las etapas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f).
15. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** entre el estator (40) y el rotor (20) tiene un espacio (E), asimismo el estator (40) junto con sus dos placas laterales (41, 42) y el rotor (20) tienen una tolerancia o espacio de 1 mm.
16. Máquina hidráulica para bajas caídas, según la reivindicación No.1, **caracterizada porque** el canal basculante pequeño (9') donde va insertada la máquina hidráulica para bajas caídas (30) cuenta con un tanque de capacidad en volumen de 250 Litros (0.25 m^3) y una bomba de Inmersión de potencia de 1.38 Hp, 115 Voltios, asimismo dicho canal (9') tiene una longitud $L_c = 5$ metros, un ancho $Z_c = 0.076$ metros, una profundidad $Y_c = 0.25$ metros, una pendiente máxima positiva $m_1 = 1$ en 25, una pendiente máxima negativa $m_2 = 1$ en 100 y un rango del caudal (50 – 125) Litros / minuto o ($8.33\text{E-}4$ – $20.83\text{E-}4$) m^3 / seg.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -



RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0054545

Bogotá D.C., Junio 06 de 2013 - 08:33:08

RECIBIDO DE : UNIVERSIDAD DEL VALLE NI 890.399.010

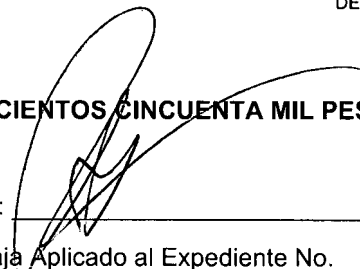
*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	413479404	29/05/2013	1.000.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	2249 DTO 50% PTC SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCIÓN	250.000.00	250.000.00
				\$250.000.00

SON: **DOSCIENTOS CINCUENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 13-138102- -00000-0000
Fecha: 2013-06-07 11:04:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 112

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -



RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0054549

Bogotá D.C., Junio 06 de 2013 - 08:34:04

RECIBIDO DE : UNIVERSIDAD DEL VALLE NI 890.399.010

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	563245351	09/05/2013	180.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
6	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	30.000.00	180.000.00
				\$180.000.00

SON: **CIENTO OCHENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-138102- -00000-0000

Fecha: 2013-06-07 11:04:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 112

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Junio 6 de 2013 - 08:34:04



Espacio reservado para el adhesivo de radicación

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
FORMULARIO DE REDUCCIÓN DE TASAS

1. Identificación del Trámite	
☒ PATENTE DE INVENCION	☐ PATENTE DE MODELO DE UTILIDAD
☐ Examen de Patentabilidad	☐ Tasas de Mantenimiento

2. BENEFICIARIO	Nombre: UNIVERSIDAD DEL VALLE Dirección: CALLE 13 No. 100 - 00 Teléfono: 315 2849325 Nacionalidad o Domicilio: CALI – COLOMBIA	IDENTIFICACIÓN
	Ciudad: CALI	☐ C.C. ☒ NIT ☐ C.E. ☐ Otro 890.399.010

En caso de ser una persona natural y carecer de medios económicos y por tanto lo aplique la reducción de tasas a la que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.

3. Anexos		
Persona Natural ☐	Persona Jurídica ☒	
UNIVERSIDAD DEL VALLE		
Nombre o denominación / Nombre ó razón social		
Tipo de empresa Micro ☐ Pequeña ☐ Mediana ☐ Otra ☐		
Documento de identificación: C.C. ☐ C.E. ☐ NIT ☒ Otro ☐ Número: 890.399.010		
Micro, pequeñas y medianas empresas ☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea. ☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004	Universidades públicas o privadas ☒ Universidad pública ☐ Universidad privada ☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación	Entidades sin ánimo de lucro ☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio ☐ Hoja de información complementaria ☐ Otros: especificar
Nacionalidad/País de constitución COLOMBIA	Dirección y domicilio del titular CALLE 13 No. 100-00, Cali	
Dirección electrónica felipefigueroac@yahoo.com.mx	No. Fax	Número telefónico 315 2849325

4. Firma	
Felipe Eduardo Figueroa Cardozo	
Nombre del Firmante	
C.C. 16940582	
	Tarjeta Profesional 140243 C.S. de la J

CONTRATO DE CESIÓN DE DERECHOS

Entre los suscritos, a saber, por una parte **IVÁN ENRIQUE RAMOS CALDERÓN**, mayor de edad y vecino de Cali (Valle), identificado con cédula de ciudadanía No. 14.989.446 expedida en Cali, quien en calidad de Rector, actúa en nombre y representación legal de la **UNIVERSIDAD DEL VALLE**, quien en adelante y para todos los efectos se denominará el **CESIONARIO**, por una parte, y por la otra **DAVID ESTEBAN ERAZO Y GUILLERMO ANDRÉS JARAMILLO PIZARRO**, mayores de edad y domiciliados en Cali (Valle), identificados como aparece al pie de sus firmas, quienes son los inventores del objeto "**MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS**" y que en adelante se denominarán los **CEDENTES**, hemos acordado celebrar el presente Contrato de Cesión total de Derechos Patrimoniales que se registrará por la Decisión Andina 486 de 2000, Acuerdo 023/03 C.S. y demás disposiciones Nacionales y Supranacionales que regulan la materia y en especial por las siguientes cláusulas. **PRIMERA. Objeto.-** Los **CEDENTES** manifiestan que de manera voluntaria y gratuita realizan la cesión total a favor del **CESIONARIO** de los derechos patrimoniales que a ellos les corresponden del desarrollo denominado "**MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS**" sobre el cual se iniciará el trámite correspondiente a la solicitud de obtención de patente de invención ante la Superintendencia de Industria y Comercio. **PARAGRAFO.-** Las partes convienen que esta cesión corresponde al **cien por ciento (100%)** del total de los derechos patrimoniales derivados o que se deriven de la explotación comercial y económica de la invención "**MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS**". **SEGUNDA. Determinación y alcance del objeto.-** Los derechos que a través de este contrato se ceden incluyen todos los derechos patrimoniales, es decir transformación, promoción, difusión, explotación comercial y divulgación de la invención, tanto en el campo Nacional como Internacional y son otorgados sin ninguna limitación en cuanto a territorio se refiere. Así mismo, esta cesión se da por todo el término de duración establecido en la legislación Nacional y Supranacional para los derechos de propiedad industrial que se obtengan a través del trámite de solicitud de patente de invención, bien sea solicitudes nacionales o por la vía del PCT, en el territorio Colombiano y en el extranjero. **TERCERA. Derechos Morales.-** La cesión de los derechos señalados en las cláusulas anteriores, no implican la cesión de los derechos morales sobre el desarrollo denominado: "**MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS**", dado que estos derechos son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables, por tanto, los mencionados derechos seguirán radicados en cabeza de los **CEDENTES**. **CUARTA. Elaboración y Responsabilidad.-** Los **CEDENTES** manifiestan que el desarrollo denominado: "**MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS**" objeto del presente contrato, es original que son sus inventores exclusivos y fue desarrollado, sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por tanto el desarrollo es de su exclusiva autoría y detentan la titularidad del mismo, la cual

ASESORIA JURIDICA

REVISADO



de Colombia
del Valle
de Cali
Veintuna

ceden en virtud del presente contrato, **PARÁGRAFO.-** En caso de presentarse cualquier tipo de reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de propiedad industrial sobre el desarrollo denominado **"MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS"** los CEDENTES

asumirán toda la responsabilidad y saldrán en defensa de los derechos aquí cedidos. Por tanto, para todos los efectos del presente acuerdo el CESIONARIO actúa como tercero de buena fe, no existiendo impedimento de cualquier naturaleza para la concesión de los derechos previstos en este contrato, respondiendo así por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir. **QUINTA. Autorizaciones.-** EL CESIONARIO se encuentra facultado para solicitar la protección de patente de invención en Colombia o en el exterior con las formalidades legales respectivas.

SEXTA. Obligaciones de las Partes.- 1. Del CESIONARIO: a) Mantener informados a los CEDENTES respecto a los trámites de solicitud y obtención de patentes de invención y de las negociaciones o cualquier clase de relación contractual que implique la obtención de utilidad económica sobre el objeto **"MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS"** b)

Reconocer y remunerar a los CEDENTES de acuerdo a lo reglado por el Estatuto de Propiedad Intelectual de la Universidad del Valle por cada acto que implique una explotación comercial directa o indirecta de la invención. c) Reconocer y dar publicidad a los derechos morales de los inventores sobre el objeto. d) Fomentar y estimular el desarrollo de investigaciones y los consecuentes procesos de protección de derechos de propiedad industrial al interior de la Entidad. 2. De los CEDENTES: a) Prestar colaboración efectiva para la redacción de las reivindicaciones de la solicitud de patente, el examen de patentabilidad y la contestación a oposiciones, en caso que se presenten. b) Responder por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.

SÉPTIMA. Divulgación y Comercialización.- EL CESIONARIO, posterior a la presentación de la respectiva solicitud de obtención de patente, se obligan a llevar a cabo todos los actos o gestiones que según su criterio tiendan a obtener la mayor promoción, difusión, explotación comercial y divulgación de la invención, tanto en el campo nacional como internacional, gestiones con las que Los CEDENTES deberán prestar su mayor colaboración cuando así sea solicitada por EL CESIONARIO, para cuyo efecto Los CEDENTES autorizan a EL CESIONARIO y/o sus representantes o concesionarios con los cuales tengan una vinculación contractual vigente para que utilicen sus nombres o demás datos en la forma en que EL CESIONARIO lo estime conveniente.

OCTAVA. Exclusividad.- Los CEDENTES manifiestan que los derechos sobre el desarrollo denominado **"MÁQUINA HIDRÁULICA DE FLOTABILIDAD PARA BAJAS CAÍDAS"**, no han sido cedidos con antelación y que sobre ellos no pesa ningún gravamen ni limitación en su uso o utilización.

NOVENA. Solución de Controversias.- Los conflictos que surjan durante la vigencia del presente contrato, se solucionaran preferiblemente mediante los mecanismos de la conciliación y transacción.

DECIMA. Cláusula Compromisoria.- Las divergencias

SECRETARIA JURIDICA

REVISADO



de Colombia
nfo del Valle
de Cali
Voluntaria

que surjan con ocasión del presente contrato y de las obligaciones derivadas del mismo, se solucionaran, si llegaren a fracasar los mecanismos antes contemplados, a través de un Tribunal de Arbitramento constituido para el efecto por la Cámara de Comercio de la ciudad de Cali, dentro de los quince (15) días hábiles siguientes a la presentación de la petición por cualquiera de las partes contratantes, y cuyos costos serán asumidos por partes iguales tanto por los CEDENTES como por EL CESIONARIO. El Tribunal estará integrado por dos (2) árbitros especialistas en el tema objeto del presente contrato y fallarán el Laudo que resulte en derecho. **DECIMA PRIMERA. Gastos.-** Los gastos que llegare a ocasionar el presente contrato correrán a cargo de EL CESIONARIO. **DECIMA SEGUNDA. Domicilio Contractual.-** Las partes contratantes estipulan como domicilio contractual la ciudad de Santiago de Cali.

En constancia de lo anterior, se firma en Cali el 13 de abril de 2011.

RESORIA JURIDICA
REVISADO

Ram
IVÁN ENRIQUE RAMOS CALDERÓN
C.C. 14.989.446
CESIONARIO

Guillermo A. Jaramillo
GUILLERMO ANDRÉS JARAMILLO PIZARRO
C.C. 16836118 *de Jaramillo*
CEDENTE

David E. Erazo Chando
DAVID ESTEBAN ERAZO
C.C. 87219947
CEDENTE



03 140305

DILIGENCIA DE PRESENTACION PERSONAL RECONOCIMIENTO **Notaría 21 Santiago de Cali**

En Santiago de Cali, el 18/04/2011 a las 08:05 a.m., el escrito que antecede fue presentado personalmente por:

GUILLERMO ANDRES JARAMILLO PIZARRO



Quien exhibió:
C.C.: No. 16836115

quien ademas declaro que su contenido es cierto y verdadero y que la firma y la huella que en el aparecen son suyas

Guillermo A. Jaramillo

El Compareciente



CJ

CARLOS ENRIQUE GUTIERREZ JARAMILLO
NOTARIO ENCARGADO

03 140304

DILIGENCIA DE PRESENTACION PERSONAL RECONOCIMIENTO **Notaría 21 Santiago de Cali**

En Santiago de Cali, el 18/04/2011 a las 08:03 a.m., el escrito que antecede fue presentado personalmente por:

DAVID ESTEBAN ERAZO OBANDO



Quien exhibió:
C.C.: No. 87219947

quien ademas declaro que su contenido es cierto y verdadero y que la firma y la huella que en el aparecen son suyas

David E. Erazo Oando

El Compareciente



CJ

CARLOS ENRIQUE GUTIERREZ JARAMILLO
NOTARIO ENCARGADO



DILIGENCIA DE AUTENTICACION

EL NOTARIO VEINTIUNO (E) DEL CIRCULO DE SANTIAGO DE CALI HACE CONSTAR

QUE LA FIRMA PUESTA EN EL ANTERIOR DOCUMENTO ES SIMILAR A LA REGISTRADA EN ESTA NOTARIA POR: JUAN EDUARDO JARAMILLO GUTIERREZ CON C.C. 14 989 446

DE CJ DE ACUERDO A LA CONFRONTACION HECHA DE ELLA SANTIAGO DE CALI 26 ABR 2011

[Signature]

NOTARIO ENCARGADO

NOTARIA VEINTIUNA
Andrea Milena Garcia V
NOTARIA ENCARGADA



Vice-Rectoría de Investigaciones

Universidad
del Valle

**SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES**

E. S. D.

IVAN ENRIQUE RAMOS CALDERON, mayor de edad y vecino de Cali (Valle), identificado con cédula de ciudadanía No. 14.989.446 expedida en Cali (Valle), quien como Rector, cargo para el fui designado según resolución No.038 del 14 de Octubre de 2011, emanada del Consejo Superior de la Universidad del Valle, actúa en nombre y representación legal de la **UNIVERSIDAD DEL VALLE**, ente universitario autónomo del orden estatal u oficial, vinculado al Ministerio de Educación Nacional, creada por la Asamblea Departamental del Valle, con Personería Jurídica aclarada por el Decreto No. 1406 de junio 21 de 1956, emanada de la Presidencia de la República, y en ejercicio de la autorización conferida por el Artículo 25, literal ñ) del Estatuto General de la Universidad, manifiesto de manera expresa que, por medio del presente escrito, confiero poder especial, amplio y suficiente para actuar al Doctor **FELIPE EDUARDO FIGUEROA CARDOZO**, identificado con la cedula de ciudadanía número 16.940.582 de Cali, abogado en ejercicio, portador de la Tarjeta Profesional No. 140.243 expedida por el Consejo Superior de la Judicatura, para que en mi nombre y representación, adelante la totalidad de la actuación administrativa concerniente a SOLICITAR, OBTENER Y CONSERVAR la patente de invención sobre el objeto **"MAQUINA HIDRAULICA PARA BAJAS CAIDAS"**.

Así mismo, manifiesto que mi apoderado queda ampliamente facultado para recibir notificaciones, desistir, sustituir, impugnar, cancelar, contestar requerimientos, solicitar examen de patentabilidad de la invención y demás facultades inherentes al mandato judicial.

En éstas condiciones y, en virtud de lo anteriormente señalado, respetuosamente solicito se sirva reconocer al Doctor FELIPE FIGUEROA C. personería para actuar.

De ustedes,

Atentamente,

Rav
IVÁN ENRIQUE RAMOS CALDERÓN
C.C. 14.989.446

Acepto.

[Signature]
FELIPE EDUARDO FIGUEROA CARDOZO
C.C 16.940.582 de Cali.
T.P. 140.243 C.S. de la J.

Universidad del Valle
Ciudad Universitaria Meléndez - A.A. 25360
Teléfono: (572) 339 3259 - 331 5172 - 321 2100 Ext. 2257
Telefax: (572) 321 2310
e-mail: vrin@univalle.edu.co
Santiago de Cali - Colombia

994
ASESORIA JURIDICA
REVISADO



	EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN ☒ Patente de Invención ☐ Patente modelo de utilidad ☐ PCT	
(21) No. De solicitud	(51) int. Cl:	
(22) Fecha de solicitud	(71) Solicitante (s) UNIVERSIDAD DEL VALLE	
(30) Prioridad	(72) Interventor (es) Guillermo Andrés Jaramillo Pizarro David Esteban Erazo Obando	
(31) No. Prioridad	(74) Apoderado (s) FELIPE EDUARDO FIGUEROA CARDOZO	
(32) Fecha		
(33) País		
(54) Título MÁQUINA HIDRÁULICA PARA BAJAS CAÍDAS		
<i>Las casillas identificadas con 85, 86 y 87 sólo aplican para PCT</i>		
(85) Fecha límite inicio Fase Nacional		
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha de presentación de la solicitud Fecha No. de solicitud PCT	(87) Publicación internacional Fecha Fecha (dd/mm/aa) No. Publicación WO	
Resumen reivindicación (es): La presente solicitud de Patente de Invención, se refiere a una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura, en donde por medio del aprovechamiento del caudal del fluido (agua) y su fuerza hidráulica que actúan en dicha maquina, proporcionan energía mecánica para producir energía eléctrica, empleando el potencial hidráulico existente en ríos y pequeñas quebradas donde sus condiciones físicas como su altura no han sido aprovechadas al máximo y que han sido limitante para satisfacer el servicio de energía eléctrica a la población que habita las zonas aledañas a dichos ríos y quebradas, asimismo proveer una maquina hidráulica para bajas caídas inferiores a los 2 metros de altura de bajo costo, eficiente y de fácil construcción que comparados frente a los principales fabricantes de maquinas hidráulicas no proveen, ni ofrecen este tipo de maquinas hidráulicas con caídas menores de 2 metros de altura. Máquina hidráulica para bajas caídas, caracterizada porque se compone de un estator (40), un rotor (20), un eje (12), dos discos (27, 27'), un buje de eje (15) y un par de rodamientos de bola (13, 13'), en donde la maquina hidráulica (30) tiene la siguiente composición constructiva de sus elementos y su respectiva interacción, así: Tiene un rotor (20) que está conformado por seis etapas desfasadas (20a, 20b, 20c, 20d, 20e, 20f) entre sí, cuyo ángulo de desfase β entre etapas es de 20° , tiene un radio $R = 1$ metro, un ángulo de posición $\alpha = 0^\circ$ y un espesor $Z = 1$ metro; Posee un estator (40) que está conformado por una placa curva (40') y dos placas laterales (41, 42) elaboradas en acrílico la cual cuentan con un agujero central (41a, 42a),		
PI02-F09 (2009-11-18)		



No. 13-138102-00000-0000

Fecha: 2013-06-07 11:04:26 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
Act. 411 PRESENTACION Folios: 112

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☐

MODELO DE UTILIDAD PCT ☐

Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☐	Indicación que se solicita una PCT
☐	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐