

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA ENSAMBLE DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN EJE LIBRE ISO
ACOPLADAS A MOTOR ELECTRICO IEC

JONATHAN ACOSTA PARRADO
SEBASTIAN BUITRAGO MORENO

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIRIA MECÁNICA
BOGOTÁ
2018

HERRAMIENTA SOFTWARE PARA ENSAMBLE DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN EJE LIBRE TIPO
NK Y NKG ACOPLADAS A MOTOR ELECTRICO

JONATHAN ACOSTA PARRADO
SEBASTIAN BUITRAGO MORENO

Propuesta de trabajo de grado
Para optar al título de Ingeniero Mecánico

Tutor
VICTOR RUIZ ROSAS
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
INGENIERIA MECÁNICA
BOGOTÁ
2018

Contenido

Contenido.....	3
Lista de tablas e ilustraciones.....	3
1. Planteamiento del problema.....	4
1.1. Estado del Arte.....	4
1.2. Justificación.....	7
2. Objetivos.....	8
2.1. Objetivo general.....	8
2.2. Objetivos Específicos.....	8
3. Marco teórico.....	8
3.1. Bomba:.....	8
3.2. Motor eléctrico:.....	9
3.3. API SolidWorks:.....	10
3.4. Macro:.....	10
4. Metodología.....	11
4.1. Fase 1.....	11
4.2. Fase 2.....	11
4.3. Fase 3.....	12
4.4. Fase 4.....	12
4.5. Documento final.....	12
5. Cronograma.....	14
6. Presupuesto y fuentes de financiación.....	15
6.1 Mano De Obra.....	15
6.2 Servicios.....	15
6.3 Costo global.....	15
7. Bibliografía.....	16

Lista de tablas e ilustraciones

Ilustración 1 Bomba Centrifuga Seccionada (Hidromac).....	9
Ilustración 2. Motor Eléctrico (WEG).....	10
Ilustración 3. Esquema de Metodología (autor).....	13

1. Planteamiento del problema

El diseño de los componentes que hacen parte del montaje de una bomba en eje libre y un motor eléctrico es un proceso en el que se requiere consultar de manera simultánea en bastantes tablas de información y realizar operaciones matemáticas, lo que hace que esta tarea se vuelva repetitiva y dispendiosa, generando errores en el proceso. Además de esto aumenta los tiempos de desarrollo y producción, para esto se propone el desarrollo de una aplicación que logre agilizar los procesos y permita consultar las tablas simultáneamente y realizar los cálculos necesarios de manera autónoma, logrando así la generación de los componentes necesarios para el montaje del conjunto bomba motor.

Las aplicaciones sobre software de diseño generan una herramienta básica para liberar tiempo en la operación de un departamento de ingeniería. Los procesos repetitivos y extensos de diseño son la base para el desarrollo de estas herramientas, logrando optimizar el tiempo de ejecución de un proyecto, la efectividad del proceso y la agilización de las operaciones, adicionalmente en las áreas comerciales puede llegar a brindar el soporte necesario para cerrar un negocio al poder mostrar, casi que de manera inmediata al cliente, el producto que va a comprar y sus especificaciones técnicas y planos de montaje, brindando solidez y confianza en el producto..

1.1. Estado del Arte

Se realizó una investigación bibliográfica a cerca de los trabajos desarrollados sobre la plataforma de desarrollo de aplicaciones en software CAD, a nivel internacional y nacional. A continuación, referencio algunos desarrollos basados en los criterios de búsqueda programas de aplicación CAD, API, VB, VBA:

A nivel internacional se encontró en la plataforma de publicaciones de la Universidad de Linkopings y la Universidad de Stuttgart.

- Universidad de Linkopings (Suecia): Se encontró un trabajo llamado PARAMETRIZACION EN SOLIDWORKS® PARA EL DISEÑO DE UN ROBOT INDUSTRIAL realizado por el Ing. Marc Saiz Sau, en este artículo de tesis, se hace referencia al

diseño de un programa con el cual sea posible diseñar un robot para aplicaciones industriales con cabeza, cuerpo y extremidades, este programa varía según las medidas de ancho y alto de su dorso, el desarrollo de este programa se realizó a raíz de creación de macros en Solidworks®, lo cual generó un código de programación, el cual permitió realizar el código final del programa por medio de Excel, el cual se enlaza a SolidWorks® por medio de VBA (Visual Basic application), según el autor, “el lenguaje utilizado por Visual Basic es el más sencillo para una persona que no tiene mucho conocimiento de programación o para una persona que se está iniciando en la programación.” (Sau, 2010)

- Universidad de Stuttgart Instituto de estructuras mecánicas (Países Bajos): Se encontró un trabajo llamado ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN BUQUE PESADO LIFT realizado por el Ing. Dockwise Shipping B.V, en este artículo de tesis se desarrolló una aplicación por medio de la plataforma API de Solid edge®, logrando parametrizar una macro generada a partir de las cargas aplicadas a la estructura del buque, para lograr el cambiar las cargas y realizar diferentes escenarios con diferentes cargas en lugares puntuales, la programación realizada a través de Visual Basic, necesitó de un lenguaje de programación avanzado, logrando realizar una aplicación que permite realizar simulaciones de elementos finitos en estado hidrostático, luego de obtener los datos de los diferentes escenarios es posible analizarlos y realizar reestructuraciones a la embarcación o definir las formas adecuadas de trabajo. (B.V, 2009)

A nivel nacional se realizó una búsqueda en la base de datos de la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Industrial de Santander (UIS), EAFIT, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, con los criterios de búsqueda programas de aplicación CAD, API, VB, VBA.

- Universidad Nacional de Colombia: En la búsqueda por medio virtual en la plataforma del repositorio de la universidad nacional con las palabras claves SOLIDWORKS y API, se encontró un proyecto de tesis llamado “MODELAMIENTO COMPUTACIONAL EN CONDICIONES DE HIPERELASTICIDAD PARA EL DISEÑO DE UNA TRANSMISIÓN ARMÓ” (ssdd, 1990) nica de uso y condiciones generales desarrollada por el Ing. Leon Becerra. Dennis, en el documento se planea el desarrollo un programa por medio de la API (interfaz de programación de aplicación) de SolidWorks, el desarrollo de esta tesis

comprende un estudio enfocado a la determinación de la influencia de parámetros geométricos relevantes en una transmisión flexondulatoria, orientada aplicaciones generales de la industria, usando la herramienta de CAD SolidWorks, por medio de esta y su interfaz de programación se generó un programa capaz de modelar, generar cambios de mejoras según el estudio de métodos finitos, ensamblar componentes y generar planos de fabricación, “todo esto se desarrolla gracias a la demanda generada por el usuario que solicita simplificación en sus procesos de diseño.”(Becerra, 2012) para el desarrollo de este programa se necesitó conocimiento avanzado de programación y gran conocimiento del lenguaje de la interfaz de VBA (Visual Basic for Applications).

- Universidad Industrial de Santander: En la búsqueda por medio virtual en la plataforma del repositorio de la Universidad Industrial de Santander con las palabras claves SOLIDWORKS y API, se encontró un proyecto de tesis llamado Herramienta software para cálculo y diseño de hélices en aviación experimental basada en la teoría de elementos aerodinámicos y manufactura experimental de hélice (Sanmiguel, 2009) desarrollada por los Ingenieros Aldana Zambrano, Cristian y Granados Sanmiguel, Sergio. En esta tesis se plantea la implementación de una herramienta de planeación, calculo y diseño de propulsores de hélice para equipos de vuelo ultralivianos, se desarrolló un programa llamado “UIS-Propeller v.1.0” el cual puede realizar tareas de procesamiento de datos donde el usuario ahorra tiempo en la interpretación de referentes como tablas, gráficos y algoritmos, el desarrollo del programa se realizó por medio de la API de SolidWorks, para al final obtener la modelación de una hélice basada en la teoría desarrollada por el Sr Fred E. Weick y el SNPF (Standart Navy Plan Form).
- EAFIT: En la búsqueda por medio virtual en la plataforma del repositorio de la EAFIT con las palabras clave de búsqueda y se encontró un artículo llamado “APLICACIONES DE LOS SISTEMAS CAD/CAM EN LA MANUFACTURA MODERNA” en este artículo el autor habla de la evolución y la importancia de los sistemas CAD/CAM en la manufactura hoy en día en todas las etapas del diseño y manufactura.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas: En la búsqueda por medio virtual en la plataforma del repositorio de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (RIUD)

con las palabras claves SOLIDWORKS y API, se encontró un proyecto de tesis llamado “HERRAMIENTA SOFTWARE PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SELLOS MECÁNICOS”(Acosta Parrado, 2015), es una herramienta basada en el cálculo de sellos para bombas centrifugas, en el cual se realiza el desarrollo de un software basado en macros de generación de componentes de SolidWorks, amarrados a un algoritmo que permite calcular cada componente de un sello mecánico y su respectiva generación como sólido y plano de fabricación.

1.2. Justificación

El diseño de montajes en bombas en eje libre se convierte un proceso repetitivo y variable de acuerdo a la necesidad de cada operación, en el caso del diseño en los componentes necesarios para el montaje se realizan con cálculos matemáticos, dados por operaciones básicas o por el cruce de información de tablas de diseño desarrolladas por estudios de ingeniería previos, estas operaciones se vuelven repetitivas. Por ejemplo una empresa que diseñe maquinas, siempre estará ligada al cálculo de componentes que son usados en el diseño de máquinas como pueden ser los ejes, el diseño de un eje que comprende desde el estudio estático de las cargas hasta el análisis de esfuerzos y deformaciones, ahora el mercado pone a disposición de los usuarios las herramientas CAD optimizando el uso de las mismas. Entonces se deben desarrollar aplicaciones para simplificar el proceso, logrando que los ingenieros, diseñadores o dibujantes puedan dedicar su tiempo a la verificación y mejora continua de los procesos bajo su cargo. Todo esto es posible con la API de SolidWorks, con el diseño de un programa que permita simplificar todo tipo de cálculos, en este caso, el programa será para el diseño y posterior entrega de los planos de fabricación, esto lograra disminuir los tiempos de fabricación, ya que con datos básicos de los equipos a montar será posible generar el montaje virtual del conjunto bomba-motor junto con los planos de fabricación de los componentes necesarios en el montaje y su prospección visual “real” en el espacio 3D .

2. Objetivos

Crear una herramienta computacional para el montaje de conjunto bomba-motor sobre Skid.

2.1. Objetivo general

Crear una herramienta computacional capaz de realizar de forma instantánea un montaje de bomba-Motor, que genere el montaje y sus respectivos planos de fabricación.

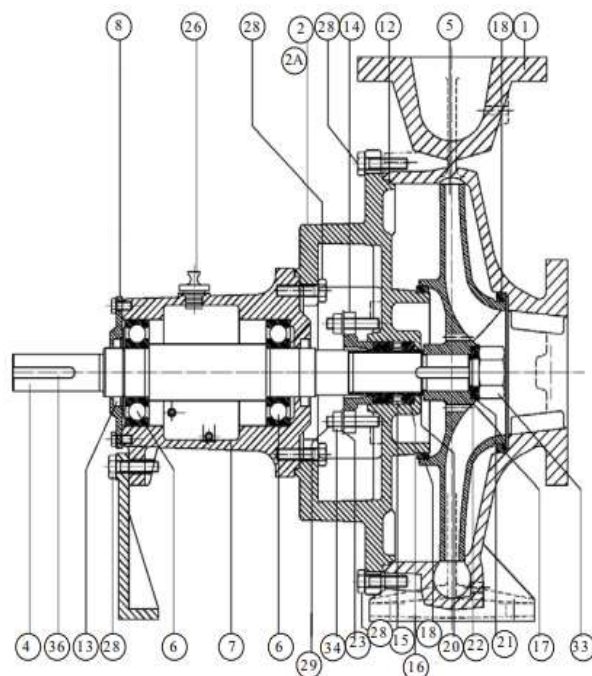
2.2. Objetivos Específicos

- Recopilar una base de datos con los sólidos de los modelos de las bombas y los motores.
- Realizar tablas de información parametrizadas que permitirán el desarrollo del programa.
- Realizar los diagramas de flujo y estructura del programa.
- Realizar pruebas del software para validar el funcionamiento del mismo.

3. Marco teórico

3.1. Bomba:

Las bombas se usan para mover líquido de un área de baja presión a una de alta, o para desplazar un fluido de un punto A y un punto B. (FLOWSERVE, 2006)



Lista de Piezas E I N

ITEM	DENOMINACION	CANT.
1	CARCAZA ESP IRAL 100	1
2	PIEZA DE UNION A55 -8.5" ESTOP	1
2A	PIEZA DE UNION A55 -8.5" SELLO	1
3	PIEZA DE AP OYO 100	1
4	EJE A55JP -STO-	1
5	RODETE 100	1
6	RODAMIENTO RADIAL DE BOLAS	2
7	SOP ORTE COJINETE A-55 x8.5"	1
8	TAP A COJINETE TIP O A55	1
9	JUNTA P LANA	1
10	JUNTA PLANA	1
11	JUNTA PLANA	1
12	EMP AQUE "O" RING	1
13	RETENEDOR	2
14	PRENSA ESTOP A 527	1
15	ANILLO DE CIERRE A55	1
16	EMP AQUETADURA	3
17	ANILLO DE DESGASTE LC	1
18	ANILLO DE DESGASTE LC,LT	1
19	ANILLO DEFLECTOR	1
20	CASQUILLO PROTECTOR A55JP	1
21	ARANDELA DE P RESION	1
22	ARANDELA DE RODETE	1
23	ARANDELA PLANA	3
24	REMACHE	2
25	GRAP AS	2
26	AIR HOLE(RESP IRADERO)	1
27	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL	3
28	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL	21
29	ESP ARRAGO	2
30	TORNILLO DE CIERRE	2
31	TORNILLO DE CIERRE	2
32	TORNILLO DE CIERRE	4
33	TUERCA HEXAGONAL	1
34	TUERCA HEXAGONAL	2
35	ANILLO DE SEGURIDAD -SIEGEL-	1
36	CHAVETA DE ACOP LE	1
37	CHAVETA DE RODETE	1
38	PLACA	1

Ilustración 1 Bomba Centrífuga Seccionada (Hidromac)

Bombas NK Grundfos: Las NK y NB son bombas para múltiples usos, adecuadas para una variedad de aplicaciones que requieran un suministro seguro y económico. Las bombas NB y NK se usan en cinco campos principales de aplicación(Grundfos):

- suministro de agua
- Aumento de presión en sistemas industriales
- trasiego industrial de líquidos

3.2. Motor eléctrico:

El motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un estator y un rotor.(Jefimenko, 1973)



Ilustración 2. Motor Eléctrico (WEG)

3.3. API SolidWorks:

(API) de SolidWorks es una interfaz de programación COM para el software SolidWorks. La API contiene cientos de funciones que pueden invocarse desde Visual Basic (VB), Visual Basic for Applications (VBA), VB.NET, C++, C#, C o archivos de macros de SolidWorks. Estas funciones proporcionan al programador acceso directo a las funcionalidades de SolidWorks".(SolidWorks, 2011)

3.4. Macro:

Una macro es una serie de procedimientos o funciones agrupados en un módulo VBA (Visual Basic para aplicaciones) que se almacena para poder ejecutarse cuando se invoque a dicha macro. Con macros VBA podemos crear nuevas funciones para nuestras hojas Excel y algún otro software, personalizar estilos y formatos, crear programas para la resolución de cálculos complejos y automatizar tareas.(Cavsi)

4. Metodología

El proceso de diseño de la aplicación se divide en tres grandes fases, como se muestra en el esquema 1, a continuación, se describen las fases con más detalles.

4.1. Fase 1.

Se realizará un levantamiento de los planos ensólidos de los equipos a montar, bombas, motores y acoples de transmisión, con esta información se crean carpetas según su tipo y referencia, estas referencias son las que el diseñador o ingeniero que tenga contacto con el software podrá seleccionar y generar el modelo de montaje bomba-motor.

4.2. Fase 2

Para el desarrollo de la herramienta software se deben generar bases de datos de cada tipo de elemento que interviene en el montaje, en estas bases de datos se deberán incluir datos básicos de los equipos, en el caso de las bombas Grundfos NK en eje libre de la serie NK 32- NK 65 deberá estar:

- Diámetro del eje de la bomba.
- Distancia al centro del eje con respecto a la base.
- Ancho del cuñero.
- Nombre de la referencia (FRAME).
- Diámetro original del impulsor de la bomba.
- Distancia entre centros de la base de montaje.
- Largo total del equipo.
- Ancho total del equipo.

Para los motores eléctricos WEG IEC se deberán tener los siguientes datos:

- Diámetro del eje
- Altura al centro del eje con respecto a la base
- Referencia del motor (FRAME).
- Ancho total del motor
- Largo total del motor

- Potencia del motor.

Para los acoples de transmisión de potencia Rex Omega ELASTOMERO se deben tener los siguientes datos:

- Rangos de potencia soportada.
- Diámetro mayor
- Largo

4.3. Fase 3

El desarrollo del algoritmo en VBA (Visual Basic para aplicaciones) para cruzar las bases de datos de donde se podrá calcular autónomamente la selección del acople a usar, las dimensiones de mecanizado de los acoples con su diámetro de ejes y ancho de cuñero, con este algoritmo también se determinaran las rutas de apertura de los componentes y ensamble de los mismo, así mismo de aquí se determinaran las dimensiones de los componentes no normalizados, tales como dados de altura para bomba o motor, acoples y skid.

4.4. Fase 4

Se generará la interfaz final en la cual será posible la selección de los equipos, bomba y motor a montar, la potencia de los equipos y se procederá con el montaje en el escenario 3D y su generación de planos; Se realizará pruebas y análisis de datos arrojados mientras la herramienta funciona y se le indican los parámetros de entrega para ver qué resultados arrojan, bien sea de la generación de los planes

4.5. Documento final

Como fase final se desarrollará el documento final, alimentado por todas y cada una de las fases anteriores dentro de los lineamientos establecidos por el estatuto estudiantil y los requerimientos para la entrega y posterior correcciones.

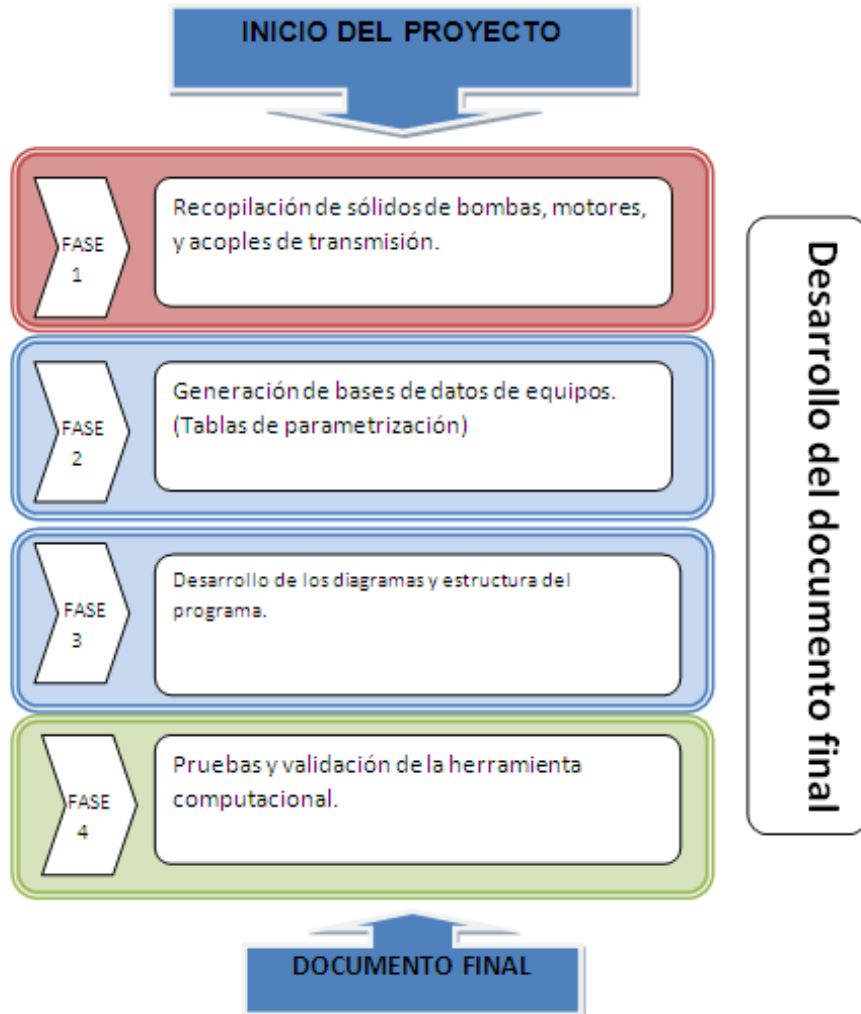


Ilustración 3. Esquema de Metodología (autor)

5. Cronograma

		SEMANAS														
FASE	ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Levantamiento de la información (Solidos: bombas, motores y acoples) de modelos a usar.	■														
	Organizar la información por carpeta para crear la librería a usar en el programa.		■													
2	Elaboración de fichas técnicas de cada elemento que interviene en un montaje bomba centrífuga y motor IEC		■													
	Clasificación de elementos (Modelo bombas, motores y acoples)			■												
3	Recopilar información sobre algoritmos VBA en SolidWorks para acoplamientos				■											
	Definir información sobre materiales no normalizados (dimensiones y especificaciones técnicas) en el acople bomba centrífuga eje libre-Motor IEC		■	■												
	Desarrollo del algoritmo en VBA (Visual Basic para aplicaciones) para cruzar las bases de datos y fichas técnicas creadas					■	■	■	■							
	Pruebas y comparaciones de los resultados obtenidos en el algoritmo VBA									■						
4	Creación de la interfaz para el algoritmo VBA en al que se selecciona modelo de bomba y motor a ensamblar dentro de la preferencia en el usuario final									■	■	■				
5	Pruebas de la herramienta software completa (algoritmo VBA e interfaz) dentro de SolidWorks												■	■		
	Análisis de los resultados esperados y de acuerdo a los objetivos planteados													■	■	
6	Elaboración informe final, corresponde a actividades de construcción del documento de tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, siguiendo las normas requeridas													■	■	■

6. Presupuesto y fuentes de financiación

6.1 Mano De Obra

ITEM	UNIDAD	# HORAS	VALOR	FINANCIADOR	SUB-TOTAL
INVESTIGADOR	1h	300	\$ 20.000	RECURSOS PROPIOS	\$ 6.000.000
ASESOR	1h	20	\$ 30.000	UNIVERSIDAD	\$ 600.000

6.2 Servicios

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	SUBTOTAL	FINANCIADOR
INTERNET	\$ 1.000	\$ 80	\$ 80.000	RECUR. PROPIOS
REPROGRAFIA	\$ 50	\$ 200	\$ 100.000	RECUR. PROPIOS
LICENCIA SolidWorks	-	-	\$	RECUR. PROPIOS
MATERIALES DE COMPUTO	-	-	\$	RECUR. PROPIOS

Total costos mano de obra: \$ 6'600.000

Total costo de servicios: \$ 1'080.000

6.3 Costo global

Costo total: \$ 7'600.000

10% costo total \$ 108.000

Costo global \$7'708.000.

7. Bibliografía

B.V, D. S. (2009). *International Center For numerical Methods in Engineering*. Recuperado el 19 de 11 de 2014, de

<http://www.cimne.com/cvdata/cntr2/spc31/dtos/img/mdia/thesis/mohanasundaram-thesis.pdf>

Becerra, I. D. (2012). *Repositorio Institucional UN*. Recuperado el 16 de 11 de 2014, de

<http://www.bdigital.unal.edu.co/9028/1/299879.20121.pdf>

Cavsi. (s.f.). *Capsi*.

FLOWSERVE. (2006). *Descubriendo los misterios de bombas y sellos mecánicos*. Texas, EE.UU:

Aprendizaje Flowserve.

Jefimenko, O. D. (1973). *Electrostatic Motor's*. Star City, West Virginia: Electret Scientific Company.

Sanmiguel, C. A. (2009). *Repositorio UIS*. Recuperado el 16 de 11 de 2014, de

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5869/2/131446.pdf>

Sau, M. S. (2010). *Parametrización en SolidWorks para el diseño de un robot industrial*.

Recuperado el 17 de 11 de 2014, de Linkopings Universitet: [http://liu.diva-](http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:325965/FULLTEXT01)

[portal.org/smash/get/diva2:325965/FULLTEXT01](http://liu.diva-portal.org/smash/get/diva2:325965/FULLTEXT01)

SolidWorks. (2011). *Help SolidWorks*. Recuperado el 18 de 11 de 2014, de

http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/sldworks/LegacyHelp/Sldworks/Fundamentals/SolidWorks_API.htm