



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

“Ahorro de energía y agua en sistemas de bombeo  
-Caso de estudio hoteles PYMES-”

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTA:

**EDGAR IVÁN DRAGUSTINOVIS RUIZ**

DIRECTOR DE TESIS:

**DR. RODOLFO ALBERTO HERRERA TOLEDO**

México, D.F. Febrero, 2014





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**“LA SIMPLICIDAD ES LA  
MÁXIMA SOFISTIFICACIÓN”**

---

**Leonardo Da Vinci (1452-1519)**

**“THE IMPORTANT THING IS  
THIS:**

**TO BE ABLE AT ANY  
MOMENT TO SACRIFICE  
WHAT WE ARE FOR WHAT  
WE COULD BECOME.”**

---

**Charles Fréderick Dubois (1804-1867)**

**“시작이 반이다.” (Empezar es la mitad)**

---

**Proverbio coreano**

# AGRADECIMIENTOS

---

A todas las personas que han permanecido a mi lado en las buenas y en las malas, a aquellas que con sus palabras y acciones me han motivado a seguir adelante permitiéndome ser una mejor persona, a todos ustedes gracias infinitas por ser una parte de mi vida.

**A mis padres:** a mí padre Antonio Dragustinovis Rangel (QEPD), a ti mi padre muchas gracias por el tiempo compartido, por las enseñanzas transmitidas, por tus experiencias, tus historias, por los valores, el cariño y el amor que me otorgaste desde el primer día, por tu confianza, paciencia y por el valor que me infundiste para ser siempre una persona diferente, por enseñarme el valor de la palabra, a ser humilde ante todo y buscar siempre crecer como persona.

A mis madres, a Rosa M. Ruiz Silva, gracias por todo lo que hizo por mí, por hacerse cargo sin tener responsabilidad alguna, por haberme dado educación y cariño y sobre todo por enseñarme que todos tenemos derecho a cambiar.

A María Esther Dragustinovis Ruiz, gracias infinitas por enseñarme unas de las lecciones más importantes en mí vida: el valor del trabajo y la confianza de la familia, pero sobre todo y a pesar de todo gracias por estar ahí, la admiro por lo que ha logrado en usted y en mí, gracias.

**A mis hermanos:** Antonio y Nichole, mis hermanos, amigos, compañeros, cómplices de mi vida y aventuras no puedo imaginar mi vida sin ustedes, los quiero infinito, los amo y admiro, gracias por su apoyo incondicional.

**A mis tíos:** Julio, Martha y Bladimir gracias por el tiempo compartido y por el conocimiento transmitido, por el apoyo, la orientación y sobre todo gracias por haber estado ahí, de ustedes me llevo grandes cosas para mí vida.

**A mi tío:** Baltazar Guerrero Quintanar, tío gracias por ser el apoyo desde siempre y por compartir esas historias que solo usted y mi padre vivieron, le agradezco mucho tío.

**A mi tutor:** Rodolfo Herrera Toledo, te agradezco de manera infinita tu paciencia, tu apoyo, tus opiniones, tu confianza, tu tiempo y dedicación, de ti me llevo la voluntad para realizar mis objetivos y siempre buscar nuevas metas, también la paciencia para ver más allá de lo común, eres una persona a la cual admiro tanto por tu capacidad como por tu integridad. Gracias.

***A mis amigos:*** Iván Tiro ( capi) ,miguel S.N.( Mike), Roberto Rodríguez Marian, Rene Barral B., Fabián H. Andraca,, Alejandro Hernández ( Murphy) , Salvador Rodríguez P., Vicente Matías, Pedro Cruz López, Moisés Arratia, David Ulises Martínez Medel, Iohan Agustín López Ochoa (QEPD), Miguel Briseño León(QEPD), Leonardo Baltierra, Ángel Álvarez j.( Jimmy), Oscar Inti Ramos, Oscar Escobar, Jesús Espinoza (shuy),Emilio Ruiz Esparza, Cesar Arballo, Lucia Muñoz C., Diana Castro, Mario Anaya, Sandra Rodea, Juan Barrera C., Arturo Anaya, Caro Rodea, Ivonne Franco, Jesús Santos, Liz Sandoval, José Miguel Aldrete Eguiluz ( chepo), Sara Moctezuma, Julio Cesar G. Labra, Nelly Medina, Steph Sánchez ( Fanny)...

A todos ustedes y a todos los que no he mencionado, a los que ahora están y a los que ya no se encuentran conmigo ,saben que los quiero y admiro, mi vida es lo que es por ustedes, gracias por formar parte de ella.

***Agradecimientos especiales a:***

산혜선생님,김기락형, 신보라누나, 신유라, 전현주, 찬영문:

좋은 분들을 만나게 돼서 무척 기뻐요, 여러분이 최고예요.

많이 감사합니다.

# ÍNDICE

---

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. CONSUMOS DE ENERGÍA EN EL SECTOR HOTELERO PYME</b>	
<b>1.1 Descripción del sector turismo.</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Aportación del sector turismo y los sistemas consumidores de energía en hoteles Pymes.</b>	<b>6</b>
<b>1.3 El sector hotelero: parámetros para análisis de sistemas energéticos.</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Oportunidades de ahorro de energía en el sector hotelero.</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO 2. SISTEMAS DE BOMBEO</b>	
<b>2.1 Tipos de bombas</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Sistemas de bombeo</b>	<b>20</b>
<b>2.3 Beneficios de los sistemas de bombeo en el sector hotelero</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 3. PARÁMETROS DE SISTEMAS DE BOMBEO EN HOTELES</b>	
<b>3.1 Descripción de sistemas de bombeo en un hotel</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Obtención de parámetros</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Selección de parámetros</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO 4. ALGORITMO</b>	
<b>4.1 Desarrollo del algoritmo.</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 5. CASOS DE ESTUDIO</b>	
<b>5.1 Caso de estudio</b>	<b>44</b>
<b>RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>55</b>

<b>UNIDADES</b>	<b>58</b>
<b>REFERENCIAS ELECTRÓNICAS</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>A1 Bombas hidráulicas</b>	<b>63</b>
<b>A2 Sistemas de bombeo</b>	<b>66</b>
<b>A3 Determinación de la bomba ideal</b>	<b>76</b>
<b>A4 Caso de estudio 2</b>	<b>77</b>
<b>A5 Caso de estudio 3</b>	<b>78</b>

# OBJETIVO

---

Comprender la importancia de los sistemas de bombeo en los hoteles pymes y promover el ahorro de energía y agua a través del correcto desempeño de éstos sistemas en nuestro caso de estudio, los hoteles pymes.

# INTRODUCCIÓN

---

México actualmente es un país en vías de desarrollo, su fuerte crecimiento en las últimas décadas le ha permitido consolidarse en varias ramas de su economía mayormente en turismo y fortalecerse como uno de los 10 destinos mayormente preferidos en el mundo.

Dentro de los atractivos destinos turísticos que se pueden disfrutar a lo largo del territorio mexicano encuentras: ciudades coloniales, zonas arqueológicas, pueblos mágicos, ecoturismo e increíbles playas paradisíacas; claro sin pasar por alto la pluralidad de ingredientes y sabores de la increíble gastronomía mexicana únicas en el mundo, todo esto dentro una infraestructura turística de clase mundial y vanguardista que invaden a México con una riqueza cultural increíble, y una cultura heredada con tradiciones arraigadas desde hace cientos de años, una cultura ahora mexicana. Debido a esta semejante abundancia cultural México es un país que permite tanto al turismo nacional como al extranjero invertir sus divisas en nuestra nación, por ello el turismo se ha consolidado en México como un soporte fundamental para su economía. El sector hotelero Mexicano aportan al PIB nacional aproximadamente el 9% anual de este último (ver más adelante), de ésta manera el turismo en México cada año proporcionan empleos de manera directa e indirecta, beneficiando a miles de familias mexicanas a través del correcto desempeño de la actividad turismo.

Los hoteles de México juegan un papel fundamental en el desarrollo de nuestra nación, ya que sin ellos la economía mexicana se vería tremendamente afectada, y la actividad turismo se llevaría a cabo de una manera totalmente diferente a como la conocemos hoy. Estos hoteles proporcionan niveles de confort mayormente altos al comúnmente vivido por los turistas cotidianamente, como alberca, y spa entre otros por citar un ejemplo, lo anterior se lleva a cabo gracias a los diversos sistemas que conforman las

instalaciones del hotel, sistemas que han permitido desarrollar diversos métodos de predicción y corrección en la evolución de esta industria.

Entre estos sistemas encontramos a los pocos atendidos y muy importantes sistemas de bombeo que son parte crucial de este trabajo y que han sido cruciales y fundamentales en los hoteles y de los muchísimos hogares en México, gracias a ellos se han logrado niveles de confort inimaginables, que hace unas décadas eran solo concebibles en papel. El correcto y apropiado estudio de los sistemas de bombeo puede permitir beneficios colosales en los hoteles del sector turismo, se pueden incurrir tanto beneficios económicos como en ventajas hoteleras en esta era llena de comodidades. Pero ¿cómo hacer de esto un estudio apropiado? Después de indagar y profundizar en los diversos factores que influyen día a día las funciones de los hoteles y dentro de ellos a todos los sistemas que permiten su desarrollo, dimos como punto de partida con los parámetros de diseño, cuya información ha permitido desarrollar una propuesta energética-económica en beneficio del hotelero y la sociedad, cada uno de estos factores han sido estudiado con determinación para poder crear correctamente una simulación real aproximada del comportamiento de los sistemas de bombeo, con el objetivo de apegar a la norma de CONAGUA los consumos hechos por estas instalaciones y poder crear una conciencia energética en el hotelero y si es posible en los turistas.

Durante la elaboración de éste trabajo, las dificultades para su culminación fueron más que bastas, ligar de manera conjunta la energía eléctrica consumida con el recurso agua no fue una tarea sencilla, tomó meses de investigación y depuración de datos que creí necesarios, gracias a esto la distinción de aquellos que en verdad son fundamentales en la unión de estas dos ramas de la energía, y que resultaron ser de manera positiva más funcionales que el resto, pues con ellos logré finalizar de manera definitiva con la ayuda de un programa de paquetería el algoritmo funcional para el ahorro de energía y agua en los hoteles PYMES.

La recopilación de información produjo ciertos inconvenientes en la programación de este trabajo, desafortunadamente muchos de los datos fundamentales que necesitamos no aparecen en las encuestas oficiales proporcionadas por los levantamientos realizados por la institución Proyectos de Ahorro de Energía (PAE), pues se han ido renovando con el tiempo y en los casos de estudios tomados para este trabajo, aún no se contaba con estas aclaraciones sino hasta después de esta propuesta. Sin embargo, los resultados obtenidos han sido satisfactorios y bastante aproximados a las comparaciones hechas para los sistemas de bombeo en el sector hotelero, dando una perspectiva diferente a

los sistemas energéticos durante un diagnóstico, ayudando a prevenir el derroche de energía inconsciente que se ha venido haciendo desde hace tiempo.

Este trabajo solo detalla la unión entre el gasto de energía y el consumo de agua, proporcionando una perspectiva económica sobre los sistemas de bombeo, las normas CONAGUA y los hoteles en México, ya que se podrían hacer cambios en un futuro cercano que mejoren este trabajo, esperando que éste sea la base para que futuras generaciones puedan mejorar y brindar consciencia energética.

# CAPITULO 1. CONSUMOS DE ENERGÍA DEL SECTOR HOTELERO PYME|

---

El sector turismo contribuye al desarrollo económico del país proporcionando una gran cantidad de empleos directos e indirectos, pero también contribuye a la paz entre naciones y a la comprensión entre ellas por medio del intercambio cultural-turístico. Del mismo modo, se promociona los derechos humanos y las libertades con las que cuenta toda persona como: religión, lengua, procedencia, sin distinción de raza, etc. Por dichas razones el sector turismo consolida un ambiente atractivo para los visitantes tanto mexicanos como extranjeros.

El turismo es uno de los rubros más importantes para México, aporta aproximadamente entre el 8% y 9% del PIB del país<sup>1</sup>, el cual es generado en su mayoría por Pequeñas y medianas empresas (PYMES). Por lo tanto un sector que contribuye de forma importante al PIB, este sector, está en la búsqueda de disminuir el costo de sus recursos indispensables, como son el agua y los energéticos, por lo que este trabajo busca precisamente contribuir con esto último a través de proponer cómo se puede abatir el consumo de energía así como el gasto de un recurso que actualmente tiene una problemática mundial como el agua, a través del análisis energético.

En México existen normas que corresponden al consumo, regulación del agua y de la eficiencia energética<sup>2</sup>, a través de instituciones como CONAGUA y CONUEE respectivamente. Buscando acciones para controlar y/o resolver la problemática actual que vive el país: *el desperdicio y poco aprovechamiento del agua y la energía*. Por medio de instituciones como CONACYT y SECTUR, a través de proyectos como *uso eficiente de energía y sustentabilidad energética* y de acuerdo a los diversos diagnósticos energéticos realizados en hoteles PYMES en todo el país por el PAE de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Se ha podido identificar los parámetros influyentes en la atracción del turismo y el consumo de estos recursos por parte de los

---

<sup>1</sup> [www.observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12\\_breve\\_diagnostico\\_del\\_sector\\_turismo\\_stps.pdf](http://www.observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12_breve_diagnostico_del_sector_turismo_stps.pdf)

<sup>2</sup> *Eficiencia energética: Se refiere al uso correcto de la energía y su aprovechamiento y no necesariamente al ahorro de energía.*

hoteles. Gracias a esto distinguimos a los sistemas energéticos que requieren atención especial en su uso y cuidado, así como aquellos que han sido descuidados y olvidados (sistemas de bombeo) sin concederles la importancia adecuada dentro de estos diagnósticos y que están repercutiendo de manera económica y ambiental al sector hotelero. Lo anterior ha sido incluido en éste trabajo con la finalidad de poderle promover al hotelero el uso eficiente de la energía y el agua y el posible ahorro de energía al que se puede inquirir mediante éste trabajo, y así mismo, poderle ofrecer una oportunidad de mejorar sus instalaciones y hacerse responsable de su organización convirtiéndose en una empresa de vanguardia digna del reconocimiento nacional y extranjero.

### **1.1 Descripción del sector turismo.**

México es un país privilegiado y envidiable por su situación geográfica, hoy en día es el destino turístico más visitado en América después de Estados Unidos y uno de los más concurridos a nivel mundial<sup>3</sup>.

México es un país relativamente joven<sup>4</sup> que se hunde en una cultura de miles de años, llena de antiguas tradiciones con riquezas y biodiversidades singulares en el mundo.

México cuenta con una diversidad increíble de flora y fauna, así como una gran variedad de climas: cálidos, secos y húmedos, de los cuales, presenciamos grandes variedades de desiertos, selvas, montañas, planicies, lagos, ríos, bosques y lagunas por todo el largo y ancho territorio mexicano. También sus diversas y maravillosas playas en sus costas por el Este en el Golfo de México sobre el océano atlántico y en el Pacífico sobre su frontera al Oeste<sup>5</sup>.

En México el turismo atrae anualmente millones de visitantes tanto nacionales como internacionales, y que alberga principalmente en sus playas y zonas arqueológicas. Aporta un ingreso de miles de millones de dólares al PIB de la economía nacional, los cuales son aprovechados en infraestructura y proyectos de acción turística. Esto permite un crecimiento constante que representa a corto o largo plazo un pilar importante para la economía mexicana.

---

<sup>3</sup> World Tourism Organization Network, <http://statistics.unwto.org/en>.

<sup>4</sup> [www.sectur.gob.mx/PDF/productos\\_turisticos/VG.pdf](http://www.sectur.gob.mx/PDF/productos_turisticos/VG.pdf)

<sup>5</sup> [www.sectur.gob.mx/](http://www.sectur.gob.mx/)

Esta predilección permite la búsqueda de nuevas formas de inversión destinadas al crecimiento del mercado del sector turismo pues no solo los hoteles de gran y menor tamaño están involucrados, también se ven relacionados de manera fundamental los servicios de abastecimiento y transporte, todo lo anterior permite la generación de nuevos empleos, dando sostén a la economía de miles de familias mexicanas.

Ya que el turismo depende de diversas empresas implícitas en el uso final de energía de esta actividad, los hoteles son candidatos potenciales para el ahorro de energía. Se presentan en ellos una gran oportunidad de crecimiento y progreso mediante la aplicación de diversas disciplinas involucradas, principalmente la ingeniería entre otras, disciplinas que con el fin de mantener y ayudar al desarrollo de México y vivir una economía estable, brindan la oportunidad de mejorar la calidad del sector turismo.

## **1.2 Aportación del sector turismo y los sistemas consumidores de energía en hoteles pymes.**

De acuerdo a la Organización Mundial del Turismo (WTO) a través de la Secretaría del trabajo y previsión social (STPS), México hoy por hoy se sitúa dentro de los 10 destinos turísticos mas visitados a nivel internacional, y es el segundo país de América más visitado tan solo después de Estados Unidos<sup>6</sup>. Actualmente compite en el ranking mundial con países como Malasia, Alemania, Turquía, Reino Unido, Italia, España, China, Estados Unidos y Francia siendo este último el que encabeza la lista.

México se encontraba en el lugar 7 en el 2005, pero desafortunadamente los conflictos internos que azotan al país (guerrillas, inseguridad, fraude, revueltas, etc.) impactaron negativamente en el turismo y han logrado que México descendiera 3 lugares, aún así, estos acontecimientos no imposibilitaron el crecimiento y la expansión de México en éste rubro, manteniéndose en el puesto 10 desde ese entonces.

Afortunadamente para México pertenecer a esta cuenta de países más visitados a nivel mundial lo beneficia increíblemente, pues gracias a estas visitas (Tabla 1.1) los servicios que desarrollan de manera plena el turismo se benefician extraordinariamente con la aportación de los visitantes foráneos.

---

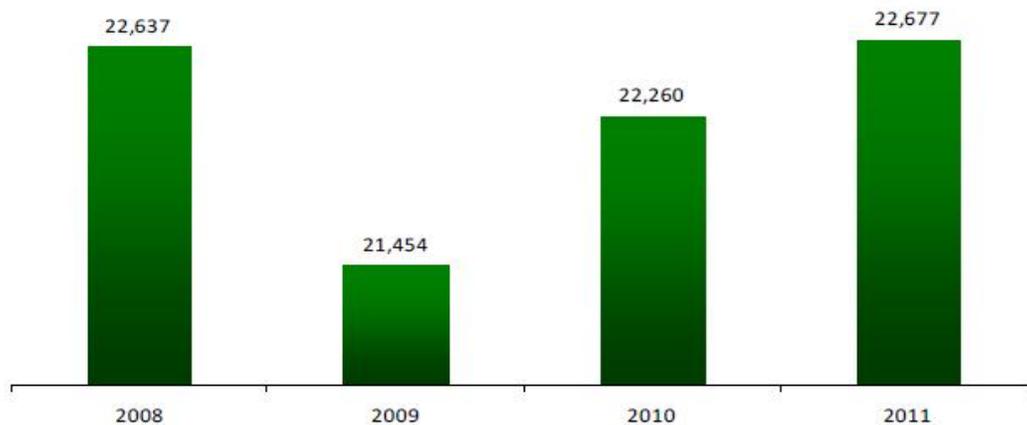
<sup>6</sup> [www.observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12\\_breve\\_diagnostico\\_del\\_sector\\_turismo\\_stps.pdf](http://www.observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12_breve_diagnostico_del_sector_turismo_stps.pdf)

El sistema integral de información de mercados turísticos (SIIMT) <sup>7</sup> registró en el 2011 una cifra de 167.3 millones de turistas nacionales tan solo 3.9 % más que en el 2010, así mismo, también en el año 2011 se han incrementado las cifras pues se recibieron aproximadamente a 22.7 millones de turistas internacionales, crecimiento significativo desde el 2008 (fig1.1).

Lo anterior quiere decir que gracias a la llegada de estos visitantes y a las divisas que ingresan, el PIB nacional se favorece en gran medida, coloca a México por la entrada de divisas que se generan en el lugar 23 del conteo del ranking mundial de divisas según la WTO<sup>8</sup>, ya que tan solo éste rubro aportó un ingreso aproximado a los 13,300 millones de dólares en el 2008, el cual se vio reducido a 11,800 millones de dólares en el 2011 por la situación antes descrita, pero aún así consolida una base fuerte para el desarrollo y el crecimiento de México.

Este comportamiento de desaceleración en 2009 es debido al inicio de la crisis que se vive desde el año 2008, hubo una pérdida enorme de empleos dentro del país<sup>9</sup> y más importante que esto, fue el año de la gripe aviar, la influenza<sup>10</sup>, debido al miedo infundido por la epidemia dentro del país el turismo internacional tomó sus precauciones de salud evitando nuestro país como un lugar para vacacionar como se observa a continuación.

*Fig. 1.1 Llegadas turísticas internacionales 2008-2011 (en miles)*



*Fuente: Banco de México Reporte anual de flujos turísticos, -*

<sup>7</sup> [www.siiimt.com/wb2](http://www.siiimt.com/wb2)

<sup>8</sup> [http://www.siiimt.com/work/sites/siiimt/resources/LocalContent/1119/23/PDF\\_RankingOMT\\_2010\\_Ene12.pdf](http://www.siiimt.com/work/sites/siiimt/resources/LocalContent/1119/23/PDF_RankingOMT_2010_Ene12.pdf)  
[http://mkt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/unwtohighlights11sphr\\_1.pdf](http://mkt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/unwtohighlights11sphr_1.pdf)

<sup>9</sup> Aumenta desempleo en México durante enero del 2009: inegi\_ Rodrigo Martínez

<sup>10</sup> México: la economía antes y después de la influenza, Facultad de Economía UNAM, 2009  
<http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/11angelygabriel.pdf>

En la siguiente Tabla 1.1 también podemos observar en el ranking del año 2011 la cantidad de turismo internacional por nación que ingresa a nuestro país, de acuerdo al sistema integral de operaciones migratorias (SIOM 2012) podemos ver con atención cómo este suceso en el 2009 afectó el ingreso del turismo internacional en nuestro país, pues en la estadística debido a la crisis el dato pasa totalmente desapercibida, sin embargo podemos ver la recuperación impresionante que se llevó a cabo a partir del 2010, que ayudó de nueva cuenta a mejorar la economía del país y a mantenerse dentro del ranking mundial[6].

*Tabla 1.1 llegadas internacionales a México*

ANUAL DEL 2008-2011						ANUAL 2012 ENERO-AGOSTO	
Ranking2011	2008 anual	2010 anual	2011 anual	Var. 11/08	Var. 11/10	2012 Ene-Ago	Var 12/11
Total general	9,398,780	9,937,416	10,143,220	7.9%	2.1%	7,471,981	6.1%
<u>1.Estados Unidos</u>	5,810,019	5,907,533	5,728,166	-1.4%	-3.0%	4,183,512	2.8%
<u>2.Canadá</u>	1,135,001	1,460,418	1,563,150	37.7%	7.0%	1,119,137	1.0%
<u>3.Reino unido</u>	311,113	295,831	330,072	6.1%	111.6%	235,651	6.5%
<u>4. España</u>	284,512	287,163	279,531	-1.8%	-2.7%	194,110	2.5%
<u>5. Argentina</u>	126,130	170,467	200,694	59.1%	17.7%	177,327	27.3%
<u>6. Brasil</u>	76,491	117,658	196,267	156.6%	66.8%	171,745	51.1%
<u>7. Francia</u>	208,284	170,250	186,780	-10.3%	9.7%	140,466	7.8%
<u>8. Alemania</u>	158,050	163,266	165,136	4.5%	1.1%	111,049	4.5%
<u>9.Italia</u>	167,415	133,292	150,691	-10%	13.1%	109,622	3.9%
<u>10. Colombia</u>	67,378	102,177	125,882	86.8%	23.2%	102,163	26.1%
<u>11. Venezuela</u>	82,453	84,868	88,806	7.77%	4.6%	77,690	45.6%
<u>12. Chile</u>	59,634	67,661	76,382	28.1%	12.9%	59,395	11.4%
<u>13. Japón</u>	69,716	66,164	72,338	3.8%	9.3%	52,500	18.7%
<u>14. Perú</u>	29,955	50,676	69,373	131.6%	36.9%	56,532	29.0%

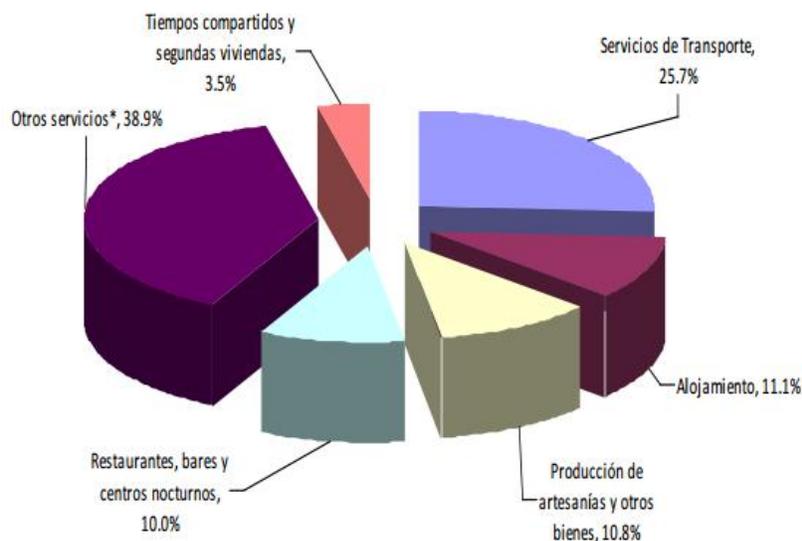
*Fuente: Ranking de llegadas áreas internacionales a México- SIOM*

Los beneficios económicos otorgados por el sector turismo se atribuyen entre tantas cosas al VABT (valor agregado bruto turístico) que es el encargado de llevar plenamente la actividad del turismo en México.

El VABT esta conformado por el conjunto de diversos sistemas de transporte, restaurantes, Hoteles y Moteles, también tiempos compartidos y otras viviendas, artesanías, servicios de lavandería y abastecimiento de alimentos, etcétera (Fig.1.2).

El VABT representa la fortaleza del sector turismo pues tan solo a través de él se reúnen aproximadamente 1, 473,556.7 millones de pesos anuales<sup>11</sup> atribuidos a los consumos realizados por los turistas nacionales y extranjeros. Gracias a esto la economía del país se mantiene saludable y México se mantiene como un lugar en donde el turismo se desempeña de la manera más apropiada en beneficio del viajero.

*Fig. 1.2 Valor Agregado Bruto Turístico 2009.*



*Fuente: Cuenta satélite del turismo en México 2005-2009, WTO.*

Ahora, a pesar de que existen diversos prestadores de servicios que juntos complementan al VABT y al turismo en México, es necesario enfatizar en los servicios de alojamiento, los **hoteles**, condicionalmente sin su presencia los demás servicios se verían afectados considerablemente pues sin alojamiento difícilmente serían requeridos.

Los hoteles funcionan primordialmente con 2 servicios, el agua y la energía, ambos son necesarios y cada uno alimenta a ciertos sistemas que permiten funcionar al hotel de la

<sup>11</sup>[http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12\\_breve\\_diagnostico\\_del\\_sector\\_turismo\\_stps.pdf](http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12_breve_diagnostico_del_sector_turismo_stps.pdf)

forma más apropiada. Los sistemas son aquellos conjuntos de equipos indispensables y mayormente consumidores de energía que brindan los servicios básicos, de confort y hasta lujo para los huéspedes durante sus estancias.

Los sistemas evaluados durante el proyecto *CONACYT SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA CON # 1182266* dentro de los diagnósticos energéticos realizados en México para los hoteles PYMES son:

- Acometida eléctrica.
- Sistemas de calentamiento térmicos.
- Sistemas de bombeo y motores.
- Sistemas pasivos.
- Aire acondicionado.

Éstos sistemas llevan a cabo las funciones primarias de cualquier hotel, a través de ellos es posible proporcionar los servicios de alimentos, limpieza, lavandería e higiene en general tanto de los huéspedes como del lugar. Son indispensables para el desarrollo de la actividad turismo. Por lo tanto toda estructura sea habitación, restaurante, lavandería etcétera, que se alimente de energía eléctrica y cuente con el servicio de agua, contendrá forzosamente a estos sistemas de forma parcial o totalmente.

El uso de los sistemas involucra ciertos parámetros en su desempeño para su adecuado funcionamiento. Los factores pueden ser desde diseño, geográficos y hasta cultural-social, y el uso de éstos ya sea medido o desmedido conlleva a un consumo energía eléctrica y de capital económico, que se ve reflejado en la facturaciones correspondientes.

### **1.3 El sector hotelero: parámetros para análisis de sistemas energéticos.**

El turismo es el 3er rubro del país que más aporta además de las remesas de los emigrantes y petróleo, esta actividad recauda aproximadamente el 8.5 % del PIB total de la economía mexicana<sup>1213</sup>, es decir, genera empleos de manera directa e indirecta favoreciendo a miles de familias mexicana. Tan solo en el año 2009 se crearon 2,454,372 ocupaciones remuneradas de los cuales el alojamiento proporcionó 173, 024

---

<sup>12</sup>[http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12\\_breve\\_diagnostico\\_del\\_sector\\_turismo\\_stps.pdf](http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12_breve_diagnostico_del_sector_turismo_stps.pdf)

<sup>13</sup> [www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/pibbol.pdf](http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/pibbol.pdf)

de estos, que es el 7 % del conjunto del VATB, ya que las remuneraciones medias anuales fueron de \$83, 125 por persona ocupada en el 2009 (tabla 1.2).

*Tabla 1.2. Aportación del sector turismo a través del valor agregado bruto turístico*

Número de ocupaciones remuneradas en el sector turismo		
Concepto	2009	Variación anual (%) 2008-2009
Total del país	35,457,261	-3.5
Total turístico	2,454,372	0.1
Bienes	255,979	-7.9
Artesanías	208,027	-8.3
Otros bienes	47,952	-5.9
Servicios	2,198,393	1.2
Alojamiento	173,024	-7.0
Tiempos compartidos	18,743	34.2
Segundas viviendas	35,358	4.5
Transporte	440,513	-2.6
Restaurantes, bares y centros nocturnos	901,800	1.3
Otros servicios	628,955	5.4

*Fuente: SCNM. Cuenta Satélite de Turismo de México, 2005-2009*

Como es de esperarse el hecho de que esta actividad genere tal cantidad monetaria al PIB nacional, indica también que el consumo de recursos es más elevado en éste rubro. Éste consumo se debe al gasto que realizan las diferentes empresas que conforman el VABT para sostener el desarrollo de esta actividad, por lo que distinguiremos de aquí en adelante a aquellos cuya aparición forman la causa de éste consumo.

Anteriormente se mencionó que el turismo se conforma por varias empresas del VABT y la importancia de la hotelería hoy en día, pues se podría considerar el corazón del turismo en México. Así mismo notamos como su aportación económica beneficia con una gran cantidad de empleos remunerados durante el transcurso del año, por ende los consumos realizados para su desempeño son mayores que en cualquier otro rubro.

El desarrollo de esta actividad conlleva principalmente 2 parámetros:

- *Ocupación.*
- *La cantidad de recursos utilizados en los servicios (agua y energía).*

Definiremos en este trabajo como “*Ocupación*” a la gente que recibe el hotel durante el año, esta depende de sus visitantes durante la época del año, de la posición geográfica del hotel y del clima que lo acompaña, el flujo de visitantes que recibe depende fuertemente de ésta última.

El recurso “*Agua*”, en ésta era llena de lujos y confort la vida exige un alto grado de higiene, las tendencias cambian y cada vez son más exigentes los estándares de calidad y limpieza en los hoteles y otras instalaciones, por esto aquel hotel que carece del agua difícilmente logra sobrevivir en estos tiempos, ya que hasta el día de hoy el agua es indispensable para el desarrollo de la vida.

La “*Energía eléctrica*”, en ésta era moderna su uso y aparición en casi todo lo que acompaña el hombre de manera cotidiana directa e indirecta hacen de la energía eléctrica un sostén importante para el desarrollo de la vida, aunque no es “indispensable” es tan importante como si lo fuera. El confort y los lujos que actualmente exigimos para mejorar las condiciones de vida humana, involucran entrañablemente el uso y desarrollo de la energía eléctrica, por lo tanto dentro de un hotel es indispensable contar con ella ya que tanto como su operación como lujos y garantías de comodidad dependen de la energía eléctrica.

Estos parámetros esenciales para el hotel son muy pocas veces estables, es decir, el consumo y usos de estos recursos varían durante el año, esto se debe a que el turismo es una actividad fluctuante y a que en el caso de México existen temporadas vacacionales durante el año que afectan positiva y negativamente los ingresos de los hoteles tanto de personas como de capital económico. Sabiendo esto, nos permitimos indagar en los sistemas energéticos que envuelven a éstos parámetros para conducir al uso correcto de los recursos que tenemos y las oportunidades de ahorro de energía y agua para postergar el desarrollo de la vida actual y de los ecosistemas.

#### **1.4 Oportunidades de ahorro de energía en el sector hotelero.**

Hemos hablado sobre la importancia del cuidado de los recursos de energía y agua en los hoteles, sobre como las temporadas vacacionales influyen en la atracción del turismo y por lo tanto sobre el gasto de los insumos. También mencionamos la importancia de los sistemas de confort necesarios sobre las condiciones de vida que exigimos hoy en día, y que para lograr lo anterior se necesita el empleo de la energía eléctrica mayormente como se verá más adelante en el capítulo 2 y 3 de éste trabajo.

Actualmente todos o la mayoría de los cuartos de hotel cuentan con televisores, secadoras de cabello, iluminación interior, microondas, refrigeradores, lavadoras, aire acondicionado, etcétera, todos los dispositivos que permiten mejorar las condiciones de vida en un hotel requieran energía eléctrica para funcionar. De la misma manera el agua caliente, las albercas, la lavandería, las secadoras de ropa, los restaurantes, las estufas o cocinetas, requieren de energía térmica en su funcionamiento y al igual que la energía eléctrica debemos cuidar su consumo, pues su descuido conlleva a costos elevados en las facturaciones correspondientes, además de un impacto ambiental desconsiderado, que perjudica no solo a la sociedad sino también al medio ambiente.

La mayoría de los dispositivos y servicios anteriores implican al “agua” en su labor de proporcionar confort, por lo tanto el simple hecho de tener un dispendio en la energía eléctrica y térmica vincula al mal uso del agua, que repercute también de manera ambiental y económica. A pesar de que ya existen diversos métodos y protocolos para el cuidado del agua y la energía, por motivos como falta de cultura, desinterés y malas costumbres que azotan en nuestro país, estas prácticas no se han llevado a cabo del todo, es por esto que los hoteles PYMES son fuertes candidatos para promover la eficiencia energética y el ahorro de energía.

Se pretende con éste trabajo, lograr como una práctica cotidiana las medidas de ahorro de energía para evitar el derroche de energía eléctrica y de agua (a través de los sistemas de bombeo que son el caso de estudio de éste trabajo), se intenta aprovechar al máximo los recursos con los que contamos y lograr junto con el hotelero convertir a su empresa en una agrupación competitiva y de vanguardia que se preocupa por el desempeño de su instalación y el cuidado de sus recursos para el futuro de la sociedad y del hábitat que lo envuelve.

## CAPITULO 2. SISTEMAS DE BOMBEO

---

En el capítulo anterior mencionamos como el sector turismo es fuertemente influenciado por las actividades del turismo y por diversos factores que afectan su desempeño, también mencionamos como implícitamente la falta de información y las malas costumbres pueden provocar un consumo elevado y desmedido de los recursos agua y energía, por lo tanto los sistemas consumidores de energía del hotel realizan actividad intensa e innecesaria debido a la demanda inconsciente exigida en éstos días.

Es decir, dentro de las instalaciones se requiere del uso y abastecimiento del agua. En el sector hotelero, notamos que este consumo está definido por ciertos factores que se determinan a partir de la manera que empleamos los recursos y que también está en función de la cantidad de personas que se encuentran hospedadas en el hotel.

Sin embargo éste trabajo se centra en la parte que vincula la energía eléctrica con el consumo de agua a través de *los sistemas de bombeo*, el cual como veremos permite abastecer y distribuir el agua dentro de las instalaciones y que también relacionan de manera entrañable a la energía eléctrica con la facturación de agua. Por lo tanto es necesario abordar en este capítulo el equipo que es el corazón de los sistemas de bombeo y su funcionamiento, es decir *las bombas*.

*Los equipos de bombeo* son un sistema indispensable para el desempeño del hotel, su presencia hace una gran diferencia entre las estancias de confort y estancias carentes de comodidad, salubridad e higiene. Gracias a los quipos de bombeo es posible evaluar y promover oportunidades que permitan las medidas de ahorro de energía.

Integrando la eficiencia energética a este sistema es posible determinar la relación existente entre el gasto de agua y la energía. Pero más que un sistema para evaluar, los equipos de bombeo son absolutamente necesarios en cualquier instalación, estos muestran lo significativo que es para los todos disponer en cualquier momento del agua para cubrir nuestras necesidades básicas de higiene.

Dentro del campo de la hotelería existen diversos tipos de bombas que trabajan con el fluido agua, pero enfocaremos este trabajo al uso y comportamiento de las bombas

centrífugas. Estas bombas permiten junto con diversos accesorios conformar a los sistemas de bombeo quienes se encargan de distribuir en todas las instalaciones al recurso agua, también proporcionar sistemas contra incendio, actividades recreativas acuáticas, etcétera, todo aquello que favorezca al hotel y tenga relación con la seguridad, higiene y confort del huésped y del hotel.

## 2.1 Tipos de bombas

Una vez dicho lo anterior definiremos al corazón de los sistemas de bombeo y su funcionamiento ya que por ellos recibe su nombre:

Un equipo de bombeo o una bomba es una máquina transformadora de energía, es decir, se le administra energía eléctrica y a través de un motor eléctrico y mecanismos la transforma en energía mecánica, esta a su vez imprime ésta energía al fluido incompresible con el que está trabajando (generalmente agua) en forma de velocidad o presión para transformarla en energía hidráulica<sup>14</sup>.

El fluido incompresible puede ser un líquido puro o una mezcla de líquidos y sólidos dependiendo el uso del fluido. En la infinidad de aplicaciones que se pueden lograr con los fluidos de trabajo el objetivo de las bombas recae en conferirles energía para garantizar su labor de operación. Básicamente esta transmisión de energía se puede resumir en una mezcla de tres variables fundamentales para su estudio (presión, posición y velocidad), las cuales se comportan con los principios de la mecánica y dinámica de fluidos mayormente atribuidos por el físico holandés Daniel Bernoulli (1700-1782). En pocas palabras un equipo de bombeo es utilizado conferirle energía a un fluido para desplazarlo de un lugar de menor altitud a otro de mayor altitud o desplazarlo desde una posición inicial a una final (como es el caso de los hoteles y muchísimos hogares en México).

La aplicación en la industria de los equipos de bombeo es muy amplia, existen diferentes necesidades a cubrir de las cuales se puede incluir soluciones a través de los sistemas de bombeo. Por ello los sistemas de bombeo no contienen equipos ni funciones

---

14

[http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/\\_publicaciones/pdfs\\_libros/PDF\\_Sistema\\_sdeBombeo2.pdf](http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/_publicaciones/pdfs_libros/PDF_Sistema_sdeBombeo2.pdf)

únicas, ni de un solo tipo o universales ante la solvencia de los problemas para los que fueron diseñados, es decir, existen diferentes equipos de bombeo según su función, fluido de trabajo, dimensionamiento, etcétera. Para cada problema se ha diseñado un equipo de bombeo que pueda satisfacer su necesidad, por ello, se distinguen en una variedad de equipos que de acuerdo a su principio de acción define la utilidad y finalidad de su uso (Fig. 2.1)

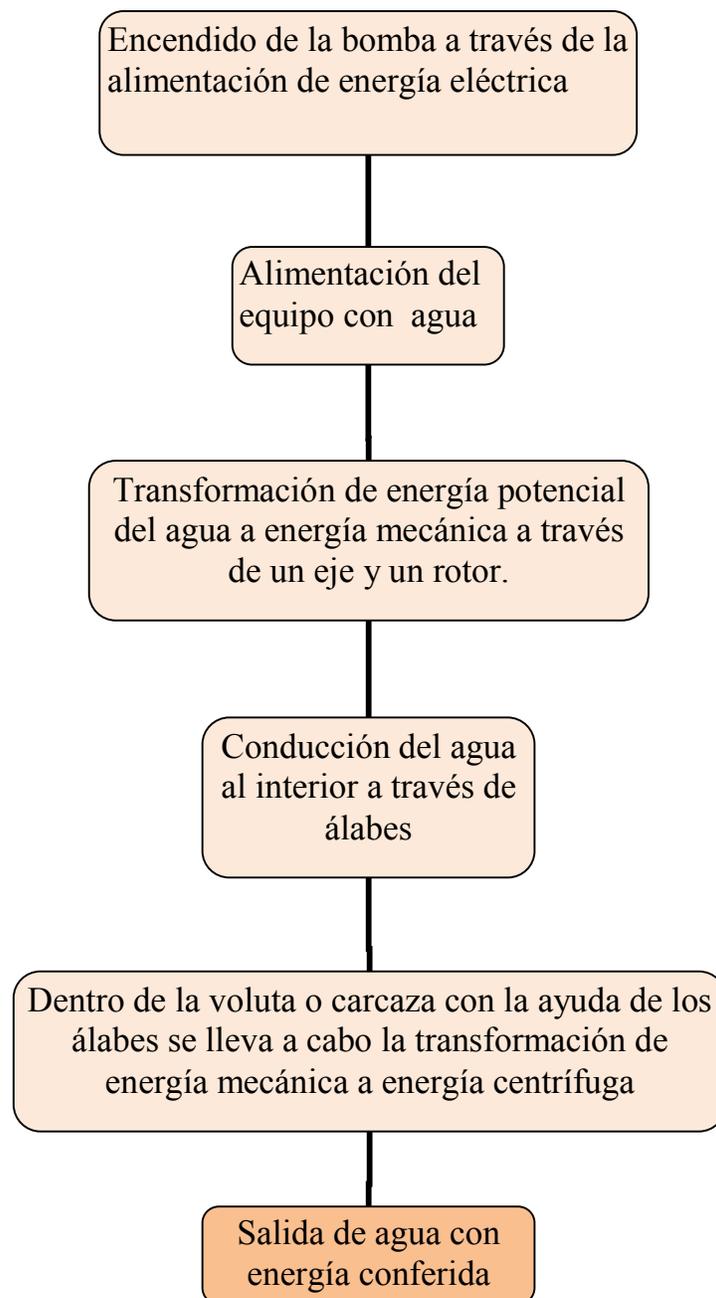
Fig. 2.1 Clasificación tipos de bombas hidráulicas.



Fuente: Universidad Carlos III de Madrid (anexo 1).

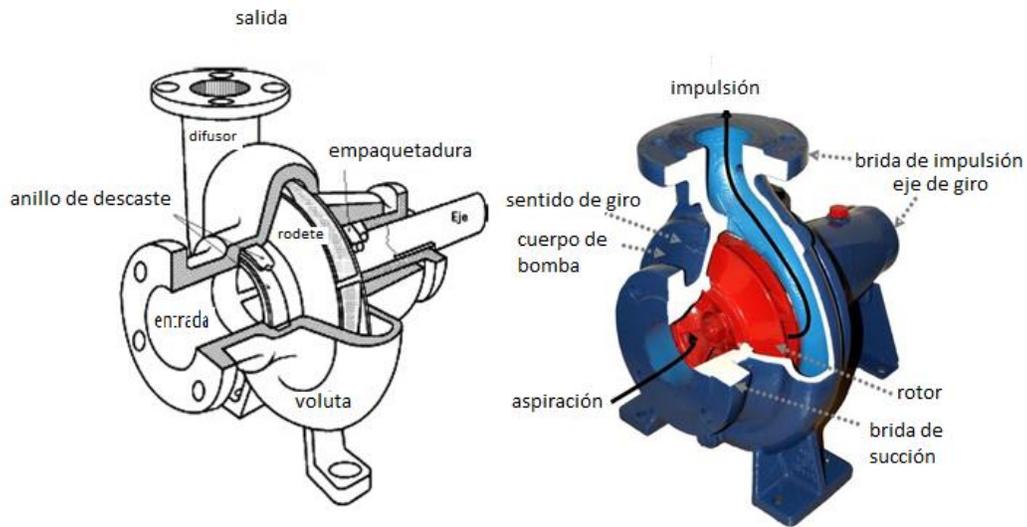
Como se muestra en la Figura 2.1, los equipos de bombeo que existen en la actualidad son bastos y diversos, pero en éste trabajo hablaremos y enfatizaremos en los equipos de bombeo radiales (roto dinámicas o bombas centrífugas), que de acuerdo a los estudios realizados dentro de PAE y a las observaciones hechas durante los diversos diagnósticos energéticos a lo largo del proyecto: **"uso eficiente de energía y aprovechamiento de las fuentes renovables en las pymes del sector turístico-fondo sectorial CONACYT SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGETICA CON # 1182266"**. Se han encontrado en los hoteles como común denominador a las bombas centrífugas, dichos equipos de bombeo son los más utilizados por su sencillo principio de operación, mantenimiento y bajo costo en comparación con las otras, por ello enfocaremos este trabajo en el estudio de su comportamiento en los hoteles PYMES.

Una vez dicho lo anterior podemos decir libremente que todas las bombas centrífugas son rotativas y de tipo hidráulica, y su funcionamiento general es el siguiente:



Una bomba centrífuga se alimenta de un motor eléctrico que a través de un eje y un rotor la transforma en energía mecánica, esta energía mecánica se transmite al fluido que entra por el centro del rodete que conecta al fluido con el equipo de bombeo, este dispone de unos álabes para conducir el fluido y por procedencia de una fuerza centrífuga implementada por la geometría de los álabes es impulsado al exterior, ahí es albergada por un instante en la carcasa o voluta de la bomba que debido a su forma conduce posteriormente al fluido hacia las tuberías de salida para alimentar al sistema o al siguiente equipo de bombeo dependiendo de la configuración que se desee (Fig. 2.2).

*.Fig. 2.2 Funcionamiento de bomba centrífuga.*



*Fuente: Diccionario técnico ingenieril <sup>15</sup>*

En pocas palabras una bomba es utilizada para aumentar la energía del fluido y para desplazarla de un lugar de menos altitud a otro de mayor altitud ( como es el caso de los hoteles y de muchos hogares en México) Las aplicaciones de las bombas centrífugas son tan bastas que se utilizan en diversos campos de la industria según sea la necesidad de la empresa, por lo tanto, existen dentro de las mismas bombas rotativas una abundante variedad de equipos de bombeo según el campo de aplicación, tal como se describe a continuación:

Las Bombas Centrífugas se pueden clasificar de diferentes maneras:

<sup>15</sup>[http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/Technical\\_vocabulary\\_Spanish\(C10\).php?psps\\_page=3](http://www.sapiensman.com/ESDictionary/C/Technical_vocabulary_Spanish(C10).php?psps_page=3)

- Por la dirección del flujo en: **Radial, Axial y Mixto.**
- Por la posición del eje de rotación o flecha en: **Horizontales, Verticales e Inclinados.**
- Por el diseño de la coraza (forma) en: **Voluta y las de Turbina.**
- Por el diseño mecánico en: **Axialmente Bipartidas y las Radialmente Bipartidas.**
- Y por la forma de succión en: **Sencilla y Doble.**

Se ha diseñado para cada necesidad un equipo de bombeo que pueda solventar de manera eficiente el problema para el cual fue diseñado, cada bomba tiene una aplicación específica en la industria.

Las bombas centrífugas además de solventar esa problemática particular, destacan en uso sobre una pluralidad de industrias que por su facilidad de uso y aplicación son las más utilizadas; algunas de las industrias que más destacan en el uso de bombas centrífugas son<sup>16</sup>:

- **Industria alimenticia:** Saborizantes, aceites, grasas, pasta de tomate, cremas, vegetales trozados, mermeladas, mayonesa, chocolate, levadura y demás.
- **Industria de cosméticos:** Cremas y lociones, tintes y alcoholes, aceites, entre otras.
- **Industria farmacéutica:** Pastas, jarabes, extractos, emulsiones. Bebidas: leche, cerveza, aguardientes, concentrados de fruta, jugos y más.
- **Y el Sector hotelero,** que por supuesto maneja al recurso agua de manera considerable en variadas configuraciones de longitud y altura a través de los miles de hoteles que se alojan dentro del país, con el fin de proporcionar la mejor calidad en servicio e higiene a sus clientes y además es caso de estudio fundamental en este trabajo.

Su aplicación y fluido de trabajo difiere mucho según sea la necesidad de la industria, en las diferentes edificaciones en las que las encontramos a los equipos de bombeo centrífugos siempre los veremos acompañados por accesorios que en conjunto facilitan la distribución del fluido hacia donde esté definido, puede ser una casa, un hotel, un

---

<sup>16</sup> <http://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-de-las-bombas-centrifugas-26787.htm>

almacén, etc. Estos compañeros de los sistemas de bombeo son igual de importantes por lo que les dedicaremos un espacio en el siguiente subtema para comprender al conjunto un poco mejor.

## **2.2 Componentes del sistema de bombeo.**

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten almacenar temporalmente a los fluidos y los transportan a través de tuberías, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos<sup>17</sup> (Figura 2.3).

En general para que se acople una bomba al sistema de tuberías debió haber existido con anterioridad la necesidad que va a satisfacerse, es necesario bajo el estudio preciso identificar las características del sistema para poder cumplir adecuadamente los requerimientos del proceso que se va a realizar.

Cada industria, instalación, hogar, sector, etcétera, requieren necesidades específicas para operar correctamente, por esto, es importante adecuar cada uno de estos requerimientos a lo que exactamente se está solicitando a través del sistema de bombeo.

Para que estos requerimientos del sistema de bombeo en cuestión se conciban se debe tener en cuenta principalmente los siguientes aspectos de diseño:

- Caudal requerido.
- Cabezal requerido (éste aspecto está fuertemente influenciado por las características del sistema).
- Fluido a bombear.
- Temperatura del fluido.

Estas variables aunque son particularmente las más importantes para el diseño de un sistema de bombeo, se correlacionan con el sistema de bombeo a través de la mecánica de fluidos que conlleva a un estudio más detallado y minucioso que el de solamente considerarlas y que no es prioridad de éste trabajo

---

<sup>17</sup>

[http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/\\_publicaciones/Libros/LibroSistemasdeBombeo/index.php?page=0](http://www.unioviado.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion/_publicaciones/Libros/LibroSistemasdeBombeo/index.php?page=0)

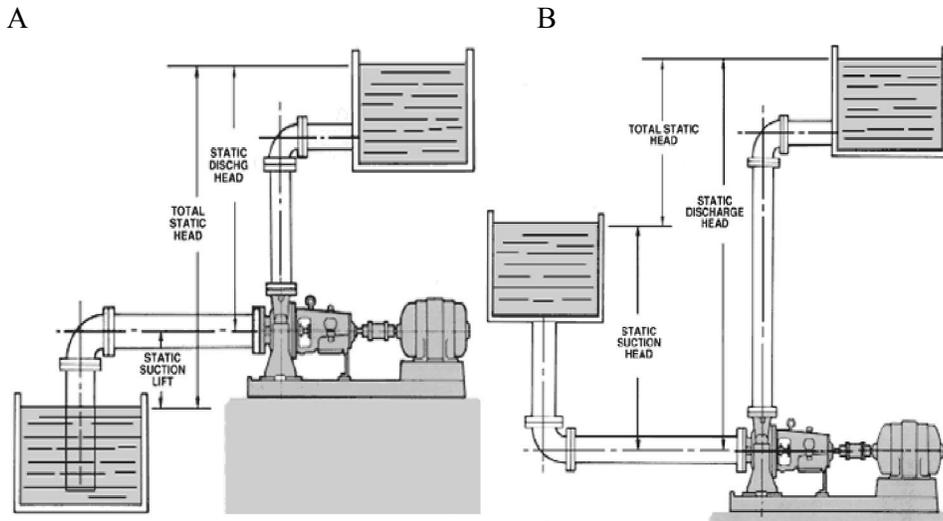
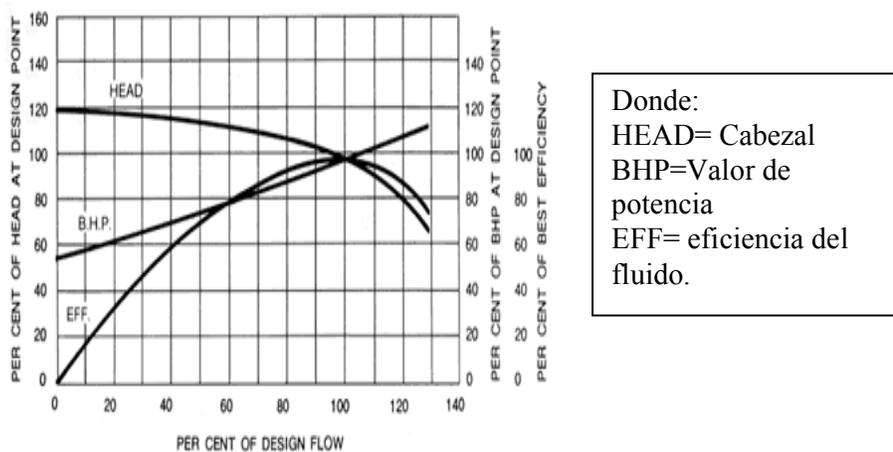


Figura 2.3 Ilustración de sistema de bombeo simple.

A-Bomba por encima de succión B-Bomba por debajo de succión<sup>18</sup>

Para realizar la adecuada selección de una bomba para el sistema de bombeo se toman en cuenta los análisis correspondientes a través de las cartas que proveen los fabricantes, las curvas características, la eficiencia, la potencia, y el cabezal contra el caudal (Figura 2.4). Mismas en las que se intenta sacar el mayor rendimiento del equipo en donde todas estas coincidan para aumentar la eficiencia del trabajo que se esta realizando.

Figura 2.4 Selección de la bomba

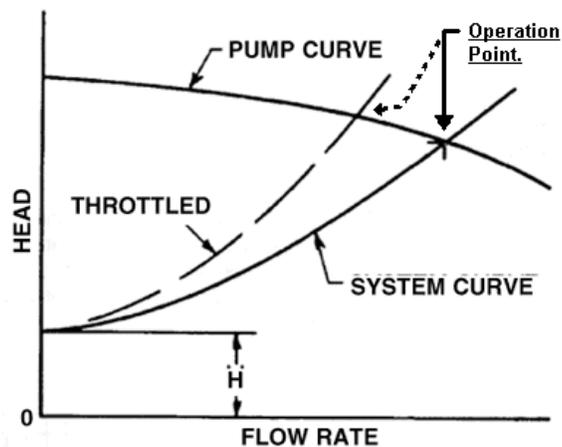


<sup>18</sup> <http://www.monografias.com/trabajos36/bombas-centrifugas/bombas-centrifugas2.shtml#sistema>

El objetivo de que los fabricantes hayan realizado pruebas con sus equipos y hayan proporcionado las cartas de comportamiento es simple y sencillamente para ofrecerle al usuario comprador el punto en donde el equipo que adquirido se mantiene trabajando en las óptimas condiciones de diseño.

Los fabricantes después de realizar muchas pruebas, estudios, análisis y cálculos (anexo 2), obtienen como se acaba de mencionar, el rango de operación óptimo para las bombas centrífugas, cuyo único fin es que al momento de su instalación se opere en ese rango o lo más próximo a éste, para garantizar la mayor eficiencia en el diseño y su funcionamiento (Figura 2.5), sólo de esta manera se logran cumplir los requerimientos necesarios para el correcto desempeño de los sistemas de bombeo y aprovechar así la eficiencia energética de diseño estos sistemas.

Figura. 2.5 selección de bomba adecuada por punto de operación.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos36/bombas-centrifugas/bombas-centrifugas2.shtml#sistema>

Los equipos de bombeo en conjunto con el arreglo de tuberías, permiten distribuir de manera eficiente y el agua dentro o fuera de la edificación y de esa manera procuran benéficamente la seguridad, la higiene, el confort y el lujo de aquellos que habitan el lugar.

### 2.3 Beneficios de los sistemas de bombeo en el sector hotelero.

En La actualidad la industria hotelera ha crecido considerablemente, la tecnología, los avances en la civilización y el incremento en las búsquedas del confort humano han

permitido incursionar en los ámbitos de la hotelería innovando y sorprendiendo a todos con estructuras en hoteles de tamaños colosales, como lo es el “Mayan Palace- rivera Maya “cuya infraestructura se compone por 21 edificios y más de 136 hectáreas, por citar un ejemplo.

Así como estas cadenas hoteleras mantienen infraestructuras enormes, se debe tener en cuenta que existe un sistema de bombeo que se encarga de satisfacer la demanda de agua del conjunto hotelero, pues es fácil intuir que alimentar a 21 edificios de manera continua y conjunta con el servicio de agua y agregados, a través de kilómetros de tuberías no es tarea sencilla.

De manera similar los hoteles PYMES requieren de un sistema de bombeo que satisfaga sus necesidades y aunque tengan superficies menores a las del ejemplo anterior, no se desprecia ni un poco su estructura que también es digna de admiración, pues en gran parte de los hoteles PYMES los sistemas de bombeo toman en cuenta todo lo que requiera el recurso agua, es decir, las albercas, los restaurantes, el sistemas contra incendio, el aire acondicionado (algunos tipos), sistemas de riego y los servicios básicos del cuarto. Éstos conforman la mayor parte de las necesidades que los hoteles en su mayoría deberían satisfacer.

Hoy en día es imposible encontrar un hotel que no cuente con un sistema de bombeo integrado, las exigencias en los hoteles aumentan conforme pasa el tiempo y cada vez más se debe estar a la vanguardia para garantizar mayor atracción en el turismo por ende aquellos que no gustan de éstos son terriblemente perjudicados económicamente debido a la poca atracción turística que podrían tener

Para entender mejor lo anterior citaremos el siguiente ejemplo:

Supongamos que nos encontramos en un lugar caluroso donde a las 11 am rondan los 40 ° C en verano como Mexicali en B.C. o Mazatlán en Sinaloa, si el hotel no cuenta con la estructura necesaria para brindar confort adecuado para sus huéspedes difícilmente será atractivo para el turista debido al calor impetuoso que azota en esas ciudades.

Los sistemas de bombeo permiten el desarrollo de diversas actividades recreativas con las que se cuentan en los hoteles hoy en día y que forzosamente incluyen al agua, estas implican un mayor atractivo para el turista y por lo tanto se produce un mayor ingreso de huéspedes y de capital económico para el hotelero, y que también al mismo tiempo se lleva a cabo un consumo mayor de estos recursos.

Para poder llevar a cabo de las actividades anteriores es importante realizar un dimensionamiento adecuado de los sistemas de bombeo ya sea durante la planeación de la construcción del hotel o durante las remodelaciones que correspondan a estos arreglos. Es necesario tener una selección adecuada del equipo para el sistema de bombeo, el tamaño total de la infraestructura, en cuantas áreas de alimentación de agua se divide, accesorios necesarios que requieren de agua para su funcionamiento, el clima predominante de la región, etc. Los aspectos de diseño definirán las necesidades del hotel para su funcionamiento (ver capítulo 3) y revelarán la proyección que tiene o tendrá el hotel con el paso del tiempo, es por ello que debemos prestar total atención tanto a los equipos de bombeo como a los parámetros de diseño que los preceden para poder aproximar el desempeño de estos equipos de una manera más real y se puedan promover las medidas de ahorro de energía y agua que es el principal objetivo de éste proyecto.

# CAPITULO 3. PARÁMETROS DE SISTEMAS DE BOMBEO EN HOTELES

---

La obtención de parámetros ha facilitado el estudio y la aproximación de resultados al comportamiento de los sistemas de bombeo, ahora para entender mejor que es un parámetro y porque nos estamos refiriendo a ellos con gran importancia, los definiremos a continuación y mencionaremos durante el desarrollo este capítulo su forma de obtención y el porqué de su selección.

Los parámetros de diseño son el punto de partida de las variables que se han considerado y estudiado para el desarrollo de este proyecto, que después de varios análisis se han logrado definir y resumir, ya que parte del análisis pretende obtener de este estudio es tratar de realizar un pre diagnóstico de los sistemas de bombeo con la limitante de no poseer el usuario del equipo y/o conocimiento necesario para realizar una medición directa de eficiencia de las bombas.

Con este preámbulo, es relevante entonces tratar de concretar la información con la mayor cantidad de datos que nos permitan obtener el resultado deseado de los estudios de bombeo.

Los parámetros de diseño proporcionan una perspectiva más amplia del tema en cuestión, permiten entender más a fondo la verdadera intención de la elaboración de éste trabajo, el esfuerzo invertido en la selección de variables y tener clara la visión del proyecto, para así lograr la culminación de los objetivos propuestos para la elaboración este programa.

Cuando se pretende elaborar un programa, *hoja de cálculo*, aplicación etc., uno de los principales problemas a los que nos enfrentamos es tratar de englobar la mayor cantidad de parámetros tratando que el modelo sea lo más apegado a la realidad, sabemos que en ingeniería, cada parámetro adicional representa una mayor dificultad lo que radica en un

mayor esfuerzo y tiempo en la realización del mismo, por lo tanto son indispensables las consideraciones que nos disminuyan el número de variables a manejar y entonces así sea posible englobar información que permita desarrollar una propuesta adecuada como la que se pretende presentar en este trabajo, brindando una herramienta que sea útil y fundamental en el desarrollo de sistemas de bombeo y pueda porque no ser extrapolada en futuros trabajos a sistemas de bombeo que no necesariamente sean hoteles PYMES y con ellos se pretende simular el correcto desempeño de los sistemas de bombeo, proporcionar el uso de la eficiencia energética y si es posible medidas para el ahorro de energía y agua.

### **3.1 Descripción de sistemas de bombeo en un hotel**

Cuando hablamos de vacacionar nos referimos generalmente a salir de la rutina, viajar a otro destino ajeno al nuestro y disfrutar del tiempo con calidad de vida, sin embargo, hay distintas maneras de lograr este objetivo.

Dentro de la república mexicana se encuentran establecidas grandes, medianas y pequeñas cadenas hoteleras, también encontramos complejos hoteleros individuales, de acuerdo a la calidad del servicio que brinden se les asigna una categoría, una estrella otorgada por la organización de calidad mexicana certificada (CALMECAC) que bajo normas aprobadas previamente por el gobierno del país, realizan certificaciones y auditorias que determinan la calidad del servicio ofrecido a sus huéspedes.

A pesar de que existen en México hoteles con altos estándares de calidad hasta con 6 estrellas, el turismo en su gran mayoría tanto nacional como extranjero se hospeda dentro de los hoteles con menor exclusividad en nuestro país, es decir, en los hoteles PYMES cuya certificación de calidad es no mayor a 3 estrellas.

Las empresas Pymes constituyen la columna vertebral de la economía nacional <sup>19</sup>, esto significa que la gran mayoría de los hoteles en México pertenecen a esta categoría y debido a ello delimitaremos el alcance de esta propuesta solamente a los hoteles PYMES, con un máximo de 12 pisos y 3 estrellas, ya que cualquier otro con un mayor número de pisos ya no está considerado en el programa de la pequeñas y medianas empresas.

---

<sup>19</sup> <http://www.promexico.gob.mx/negocios-internacionales/pymes-eslabon-fundamental-para-el-crecimiento-en-mexico.html>

Es importante definir el número de niveles que tiene el hotel y también por cuantos edificios está conformado, pues de acuerdo a la experiencia de la participación que hemos tenido en este proyecto existe la posibilidad de que el complejo hotelero este formado por más de un edificio, y por supuesto cada uno de ellos necesita su propia alimentación de agua.

A lo largo del proyecto notamos que una parte de los hoteles han tenido expansión con el paso de los años, es decir, han aumentado su infraestructura a más de un complejo o han hecho modificaciones a su infraestructura ,pero muchos de ellos no lo han hecho con las precauciones e indicaciones adecuadas y debido a ellos sus instalaciones a pesar de estar en buenas condiciones en el exterior, en su interior en cuanto al mantenimiento se refiere deja mucho que desear en lo relativo a los hoteles PYMES.

Por ello, nos vimos en la necesidad de identificar aquellas variables que se involucran directamente con los sistemas de bombeo en los hoteles PYMES, y que se enlistan a continuación:

- Selección de unidades representativas en los cuartos de hotel y asignación de valores.
- Número de cuartos y Número de pisos
- Selección del equipo de bombeo adecuado
- Factor de vida útil
- Factor de mantenimiento
- Factor de rebobinado
- Normas **CONAGUA**.
  - NOM-008-CNA-1998, Regaderas empleadas en el aseo corporal- Especificaciones y métodos de prueba.
  - NOM.009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario, - Especificaciones y métodos de prueba.
  - NOM-010-CNA-2000, Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro- Especificaciones y métodos de prueba.
- Ocupación del hotel
- Selección de accesorios para el hotel
  - Alberca
  - Cocina y Restaurante

- Cuarto de lavado
- Tarifas de agua y electricidad de CONAGUA Y CFE respectivamente.
- Medidas de ahorro (Recomendaciones).

Es gracias al esfuerzo invertido en el análisis de cada una de las variables y a su distinción entre las muchas otras que las acompañaban, pudimos definir a los parámetros de diseño que afectan directamente el rendimiento de los sistemas de bombeo y la economía tanto energética como monetaria del hotel PYME.

### **3.2 Obtención de parámetros**

La obtención de los parámetros para ésta propuesta se ha realizado de distintas maneras, es decir, se ha obtenido de diferentes fuentes de información y con diferentes métodos.

Varios de los parámetros seleccionados durante el proceso de diseño se consideraron directamente de los datos de placa, obtenidos de los equipos de bombeo o fichas técnicas de los proveedores. Por otra parte otros se obtuvieron de manera indirecta, es decir, bajo la revisión y estudio de diferentes documentos e investigaciones realizadas por empresas dedicadas a la construcción de los equipos de bombeo y a empresas cuya misión es la de preservar bajo medidas de mantenimiento preventivas y correctivas a estos equipos, después de esto se pudo distinguir a aquellas variables tan importantes que influyen de manera trascendental en el desempeño de los sistemas de bombeo para finalmente obtener los parámetros cuya observación nos permitió determinar su importancia y colaboración en el desempeño de estos sistemas. Por otra parte algunos de los parámetros seleccionados se obtuvieron a través de su apreciación y de su consideración debido al impacto trascendental en el comportamiento y funcionamiento de los sistemas de bombeo, por lo que en ellos la observación fue el principal medio para su selección.

### **3.3 Selección de parámetros**

Para la selección de los parámetros de diseño se utilizaron solo aquellos parámetros representativos del sistema, es decir, aquellos cuya presencia influye de manera trascendental en el desempeño de los equipos de bombeo.

Como en cualquier otra rama del conocimiento existen siempre “n” cantidad de variables a considerar para profundizar en el tema y los sistemas de bombeo no son la excepción, pero la profundización de los mismos nos puede llevar a un estudio demasiado extenso y cuyo fin y objetivo no son los de éste trabajo, por ello se eligieron aquellos parámetros cuya aparición engloba a uno o más factores que se relacionan con el desempeño del equipo para facilitar así su diagnóstico.

A continuación se enlistan los parámetros de diseño seleccionados para la elaboración de éste programa.

Hotel	Sistema	Normatividad
H1 • Selección de unidades representativas en los cuartos de hotel y asignación de valores.	S1 • Selección del equipo de bombeo adecuado	Normas <b>CONAGUA</b> . NC1 • NOM-008-CNA-1998, Regaderas empleadas en el aseo corporal-Especificaciones y métodos de prueba.
H2 • Número de cuartos y Número de pisos	S2 • Factor de vida útil	NC2 • NOM.009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario, -Especificaciones y métodos de prueba.
H3 • Ocupación del hotel	S3 • Factor de mantenimiento	
H4 • Selección de accesorios para el hotel ○ Alberca ○ Cocina y Restaurante ○ Cuarto de lavado	S4 • Factor de rebobinado	NC3 • NOM-010-CNA-2000, Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro-Especificaciones y métodos de prueba.
<b>Ambientales</b>		
A1 • Medidas de ahorro (Recomendaciones).		
<b>Tarifas</b>		
T1 • CONAGUA • CFE		

Después de discernir entre las muchas variables con las que encontramos para los sistemas de bombeo, se logró englobar de manera general los factores más

representativos en los sistemas de bombeo y el funcionamiento de sus equipos de bombeo.

Para entender mejor la selección de estas variables a continuación se explica de manera general y superficial los motivos por los cuales fueron seleccionados estos parámetros como principales para el caso de estudio éste trabajo.

### **H1. Selección de unidades representativas en los cuartos de hotel y asignación de valores.**

Para este parámetro se utilizaron aquellas variables que me permitieran modelar el comportamiento de gasto de agua de un cuarto de hotel en general, por lo tanto distinguir estas variables fue sencillo. A cada uno de las unidades (regadera, toilette, etc) se les ha agregado un valor que permitirá en conjunto de otros parámetros seleccionar el equipo de bombeo necesario para su alimentación (Figura 3.1). Estos valores y técnica de selección de equipo de bombeo han sido inspirados del estudio hecho por la empresa Hidrostral<sup>20</sup> para sistemas de bombeo y cuya aparición ha facilitado de manera fortuita el completo desarrollo de mi trabajo.

### **H2. Número de cuartos y Número de pisos**

Los cuartos y número de pisos influyen en el consumo de energía eléctrica y agua, ya que depende de la estructura que pueda lograr el hotel ya sea grande o chica y de la ocupación (se hablará más adelante sobre éste parámetro) que se pueda lograr a lo largo del mes durante cada año (Figura 3.1)

### **H3. Ocupación del hotel.**

Como se mencionó anteriormente el gasto del hotel depende varios factores pero principalmente de la ocupación y el tamaño de la infraestructura del hotel.

La ocupación del hotel define que tantas personas se están alojando durante el mes y el potencial máximo y mínimo que está utilizando el hotel en sus instalaciones para poder

---

<sup>20</sup> [http://www.hidrostral-peru.com/images\\_turbinas/folleto-equipos-bombeo-casas.pdf](http://www.hidrostral-peru.com/images_turbinas/folleto-equipos-bombeo-casas.pdf)

atenderlos; los gastos más fuertes en el hotel se llevan a cabo cuando la ocupación se encuentra en su máximo valor, por lo tanto la percepción económica es mayor durante ese periodo (Figura 3.3).

#### H4. Selección de accesorios para el hotel.

Con el fin de adecuar éste programa, y hacer corridas únicas y propias de cada hotel pyme que lo requiera, se han añadido a esta causa accesorios que pueden cambiar el rumbo del hotel de manera tan drástica según lo desee el dueño.

Éstos accesorios influyen en los costos de facturación de agua y energía eléctrica debido al uso extra regular de los sistemas de bombeo, por ello, seleccionar a aquellos hoteles que cuentan con estos permite caracterizar y modelar el comportamiento de los sistemas de bombeo.

Para entender mejor lo anterior observemos el siguiente ejemplo:

Supongamos que tenemos una estructura de 1 complejo, 12 cuartos y 2 niveles.

Lo primero que debemos realizar es registrar estos datos dentro del algoritmo realizado en la hoja de cálculo para obtener los valores totales que acumula el hotel en cuestión, para este ejemplo el total fueron 108 valores (los valores y las unidades están ya predeterminadas)<sup>21</sup>.

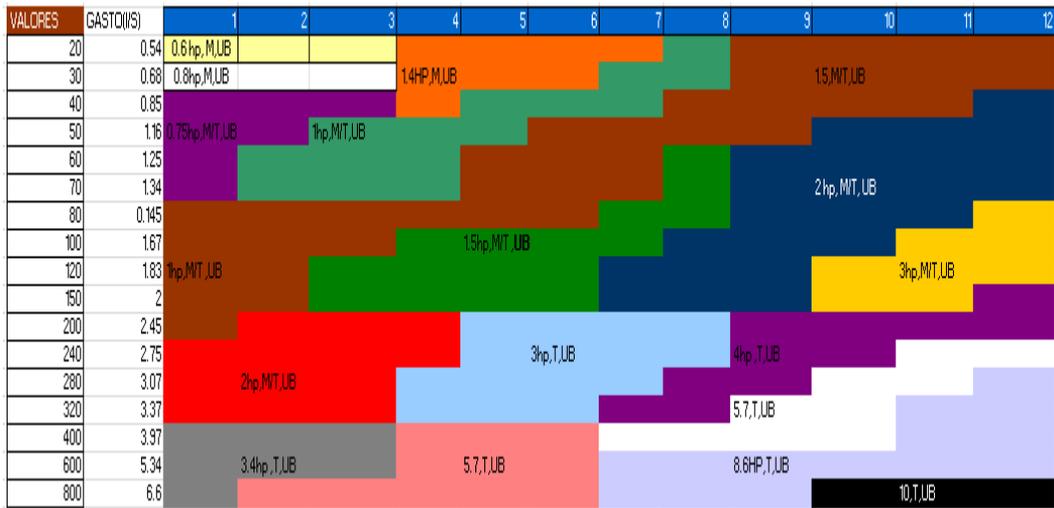
Figura 3.1 Obtención de valores y unidades del hotel

UNIDAD	VARIABLES	VALORES	VALORES
	LAVAMANOS	1	20
	LAVAMOS DE COCINA	2	30
	TINA	2	40
	REGADERA(DUCHA)	2	50
	INODORO	3	60
	BAÑO COMPLETO CON INODORO	6	70
	MEDIO BAÑO POCO USADO	3	80
			100
			120
	NUMERO DE PISOS	2	150
			200
	NUMERO DE CUARTOS	12	240
	VALORES POR CUARTO	9	280
	VALORES TOTALES POR EDIFICIO	108	320
			400
	BUSCAR EN LA TABLA EL VALOR DE LA BOMBA	1 HP	600
		735 W	800

<sup>21</sup> Hidrostral, peru

Posterior a esto utilizamos el valor total de valores que nos da la hoja de cálculo para poderlo interpretar en la siguiente tabla de valores (Fig. 3.2), en donde a través de estudios predeterminados podemos obtener de acuerdo a las dimensiones del hotel y a la cantidad de valores la potencia de la bomba que se adecua a la necesidad del hotel [21].

Figura 3.2 cálculo de la bomba ideal.



En el caso del ejemplo citado obtuvimos un total de 108 valores, ahora buscaremos el valor aproximado en los rangos de valores y de acuerdo a las características físicas del hotel determinaremos la bomba adecuada que puede suplir esas características. Que para este ejemplo resulta ser de 1 hp (ver tabla completa en anexo 3 )

Figura. 3.3 Ejemplo: Porcentaje de ocupación de un hotel.

HOTEL DOÑA URRACA	
ocupación máxima de personas 100%	
	95 100%
minima ocupacion	0.65
maxima ocupacion	0.82

PORCENTAJE DE OCUPACION DEL HOTEL /MES						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
ocupacion personas	0.65	0.75	0.72	0.74	0.657	0.68
	62.40	72.00	69.12	71.04	63.07	65.28
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
ocupacion personas	0.72	0.75	0.74	0.82	0.72	0.72
	69.12	72.00	71.04	78.72	69.12	69.12

### **S1. Selección del equipo de bombeo adecuado**

La selección del equipo de bombeo conlleva, como su nombre lo indica, una selección del equipo más adecuado para la instalación y no como erróneamente se hace, en donde se escoge el mejor equipo de bombeo y no necesariamente el más adecuado (Figura 3.2).

A través de la selección de los cuartos y pisos que ocupa el hotel podemos obtener el valor de la potencia de la bomba que puede solventar la estructura que se está considerando. Cuando la instalación tiene un equipo que esta sobrado en capacidad está consumiendo energía que no está utilizando por lo tanto el consumo es mayor y menos aprovechado, y viceversa cuando el equipo no cumple la demanda requerida el consumo aumenta ya que el equipo esta a su máxima capacidad por más tiempo.

### **S2. Factor de vida útil**

La vida útil de la bomba como su nombre lo indica, es el tiempo de vida en que un equipo de bombeo debe operar con la mayor eficiencia sin afectar el rendimiento del equipo de bombeo. A un equipo que tiene vida útil excedida le corresponde una pérdida importante en el porcentaje de eficiencia según su uso y antigüedad, es decir, no rinde de la misma manera una bomba nueva que una de hace 10 años, por lo tanto si el equipo tiene más de 10 años lo recomendable es evaluar si se requiere cambio o es viable seguir manteniendo ese equipo ya que el consumo aumenta conforme la eficiencia disminuye (Figura 3.3).

### **S3. Factor de mantenimiento**

El mantenimiento es el factor más importante en los equipos de bombeo, es necesario por lo menos darlo una vez al año ya que la mayoría de los problemas que se provocan son debido al mal empleo de éste o en su defecto a su ausencia. Para poder mantener en óptimas condiciones el equipo es necesario darle periódicamente el mantenimiento adecuado (predictivo, preventivo, correctivo), el buen empleo de éste reduce la posibilidad de pérdida de eficiencia logrando evitar daños mayores como: golpes de presión, posible cavitación, erosión, fugas en las tuberías, vibraciones, fractura de brida y/o voluta (Figura 3.2).

#### S4. Factor de rebobinado

El rebobinado reduce la eficiencia del sistema de manera considerable, aproximadamente entre el 40 y el 50%, es natural que al hacer un rebobinado ésta no quede y rinda de la misma manera de acuerdo a las especificaciones del fabricante, hoy en día difícilmente se llevan a mantenimiento a los lugares especializados o licenciados por el fabricante, la calidad del equipo después del rebobinado disminuye, no es recomendado hacerlo ya que es preferible por costos finales y rendimiento del equipo conseguir un equipo nuevo (Figura 3.4) .

Fig. 3.4 Factores de rendimiento

RENDIMIENTO DE LA BOMBA					
	nueva		Bien	Regular	mal
EFICIENCIA	0.85		0.792239058	0.511831251	0.461607962
	%				
Nnom	85	0.85			
			%	decimal	
FM	SI	1/6meses	0	0	
	NO	1/>6meses	5	0.05	
		nunca	10	0.1	
FR	NO	nunca	0	0	
	SI	#veces			
		1	25	0.25	
		mas de 1=n	2	0.3	
FVU	SI	<10 años	(10-15,)%		
		cuantos años	0	0.018899	
	NO	10-15 años			
		15-20 años			
		cuantos años	12	0.154871	x^2
			16	0.137987	
	ideal	real aprox. Nueva	Bien	regular	mal estado
consumo KW	0.735	0.864705882	0.927750271	1.436020171	1.592260232

## **NC. Norma CONAGUA**

- NOM-008-CNA-1998, Regaderas Empleadas en el aseo corporal- especificaciones y métodos de prueba
- NOM-009-CNA-2001, Inodoros para uso sanitario-Especificaciones y métodos de prueba
- NOM-010-CNA-2000, Válvula de admisión y válvula de descarga para tanque de inodoro. Especificaciones y métodos de prueba.

Las normas de CONAGUA se implementaron en este proyecto como medida de comparación de valores ideales y permitidos que debe tener cada accesorio perteneciente a los consumos de agua en los cuartos de hotel, el hecho de estar apegado a la norma permite visualizar que tanto se está invirtiendo de más en la facturación de agua y por lo tanto se puede apreciar el beneficio en el cual se puede inquirir tanto económico como ecológico.

### **T1. Tarifas.**

Las tarifas de agua y luz, de acuerdo a CONAGUA y a CFE en \$KW/h y \$/m<sup>3</sup> para luz y agua respectivamente se manejan de acuerdo a planes elaborados y gestionados por cada institución, en donde cada entidad de la república cuenta con un precio distinto para éstos recursos, por lo tanto los costos generados por el hotel se ven afectados por éstas tarifas según su ubicación.

El conjunto de estos parámetros me ha permitido diseñar un programa que realiza predicciones del comportamiento del sistema de bombeo semejante al comportamiento real de estos equipos.

Decidí hacerlo de ésta manera ya que la falta de información detallada y específica sobre el tema me impedían darle un enfoque a esta propuesta, pero al conocer el uso general de los equipos de bombeo y la regularización de las normas CONAGUA me permití realizar promedios y aproximaciones bastante justas sobre los consumos reales por persona en éste tipo de locales

Como se mencionó anteriormente, estos parámetros se comentan superficialmente con el objetivo de dar a conocer la intención de esta propuesta que se irá acentuando cada vez más en el desarrollo del algoritmo, los resultados y conclusiones finales obtenidos en los siguientes capítulos.

### **A1. Medidas de ahorro (Recomendaciones).**

Las medidas de ahorro o recomendaciones nos permiten informar al hotelero el gasto excedente de agua y energía que está realizando a través de gráficas que revelan el consumo excedente de manera amigable y de fácil comprensión. Del mismo modo se le proporcionan de acuerdo al gasto de agua y energía una pequeña recomendación para que pueda estar propenso al cambio de costumbre y al ahorro de capital económico, según lo revele el programa desarrollado en éste trabajo.

Estos parámetros han sido seleccionados de manera estratégica para el desarrollo de este trabajo, se han relacionado entre si la información correspondiente al estudio de los sistemas de bombeo y las normatividades correspondientes para el correcto uso de los recursos utilizados.

El objetivo principal de mi trabajo es mostrar una alternativa al uso de los sistemas de bombeo en los hoteles PYME y promocionar la eficiencia energética y el posible ahorro de energía y de agua a través de un programa desarrollado con las intenciones anteriores, por lo tanto, elaborar un algoritmo descriptivo y detallado de su funcionamiento esta fuera de los objetivos planteados, gracias a esto he podido desarrollar esta propuesta de manera plena y completa.

# CAPITULO 4. ALGORITMO

---

Un algoritmo es un conjunto de instrucciones y reglas preestablecidas que permiten realizar alguna actividad en pasos sucesivos y consienta realizar esta actividad a “x” persona sin tener dudas o problemas de qué es lo que debe hacer.

Estos algoritmos se representan de dos maneras:

1. **De forma prescrita**, como puede ser un manual de algún aparato electrónico o de normas, o tal vez en comandos si fuese el caso de las ciencias de comunicación.
2. **De manera ilustrada**, como son los diagramas de bloques que bajo las definiciones de las ciencias de programación cada figura da un significado o indica una operación por realizar y dentro de ella se menciona la acción a efectuar o alguna observación.

Dado que los objetivos de este trabajo son proporcionar una herramienta que permita modelar el comportamiento de los sistemas de bombeo en hoteles PYMES, y además lograr una correcta eficiencia energética y posible ahorro de energía y capital económico como beneficio para el hotelero y el medio ambiente, la descripción detallada del algoritmo en lenguaje de programación no es prioridad en éste trabajo, por lo que he realizado una descripción general por medio de diagramas de bloques para justificar la comprensión y el desarrollo de este trabajo, ya que la PROGRAMACIÓN específica y puntualizada aún está en desarrollo y que en éstos momentos se llevó a cabo por el CCADET a través del programa “uso eficiente de energía y aprovechamiento de las fuentes renovables en las pymes del sector turístico-fondo sectorial **CONACYT SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGETICA CON # 1182266**” y para mostrarlo en éstos momentos en una página web para el uso de los diagnósticos para los usuarios hoteleros. A ésta página web se anexaron los sistemas restantes pertinentes a los diagnósticos energéticos en México de acuerdo al PAE en hoteles PYMES, para poder así realizar un diagnóstico energético en línea del hotel PYME y ayudar al hotelero a mantener en sus instalaciones en el estado más ideal posible.

Como se mencionó anteriormente en el Cap. 3 subtema 3.1, los algoritmos se pueden representar de diferentes maneras, se pueden llevar a cabo con una programación compleja o se pueden realizar a través de hojas de cálculo como es el caso de ésta propuesta. La razón por la cual se ha implementado en hoja de cálculo es porque no es prioridad proyectar con lenguaje de programación los resultados obtenidos

Una vez dicho lo anterior me permito mostrar en el siguiente subtema (4.1) el algoritmo pertinente a éste trabajo a través de diagramas de bloques.

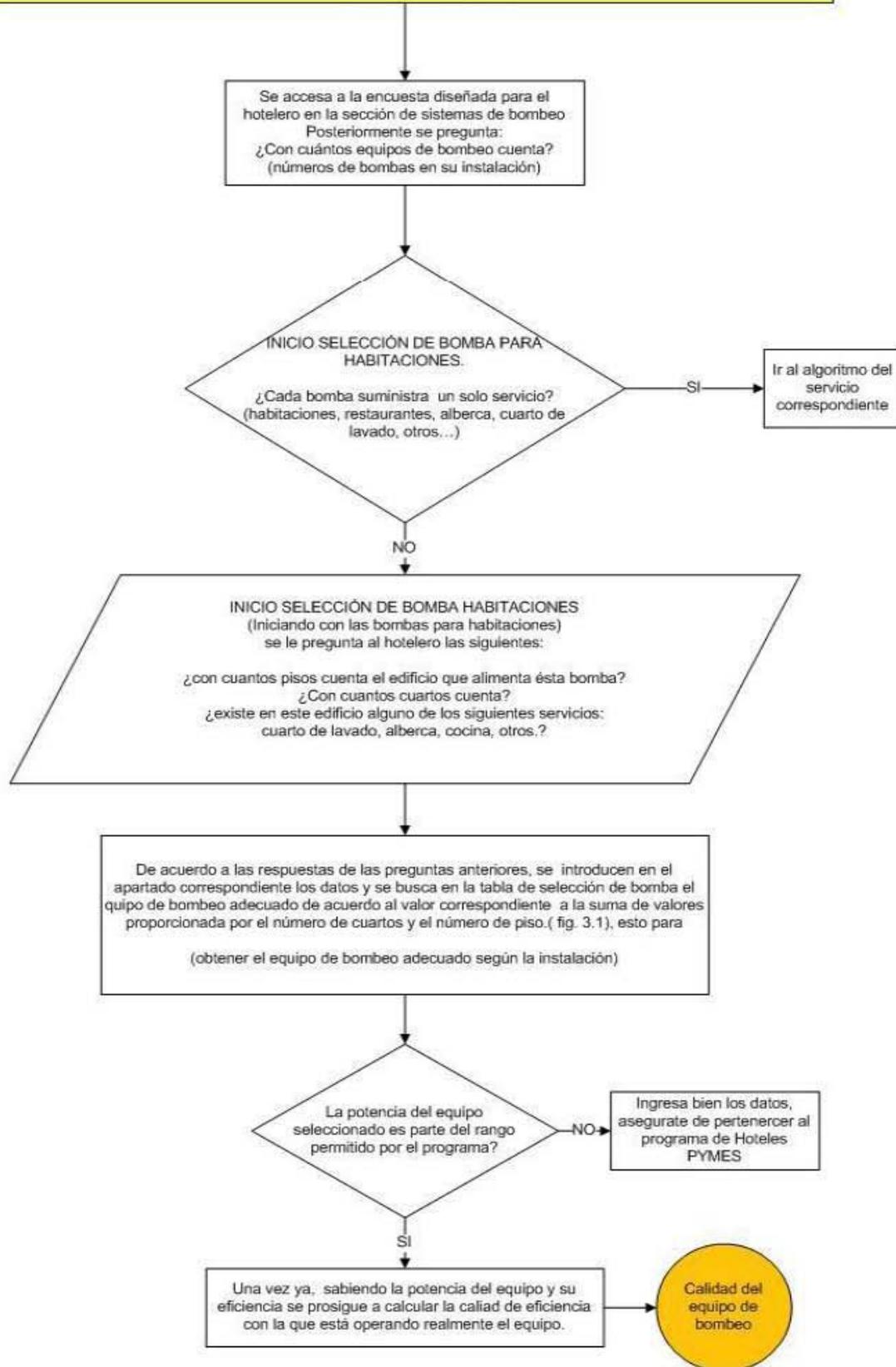
#### **4.1 Desarrollo del algoritmo de manera ilustrada.**

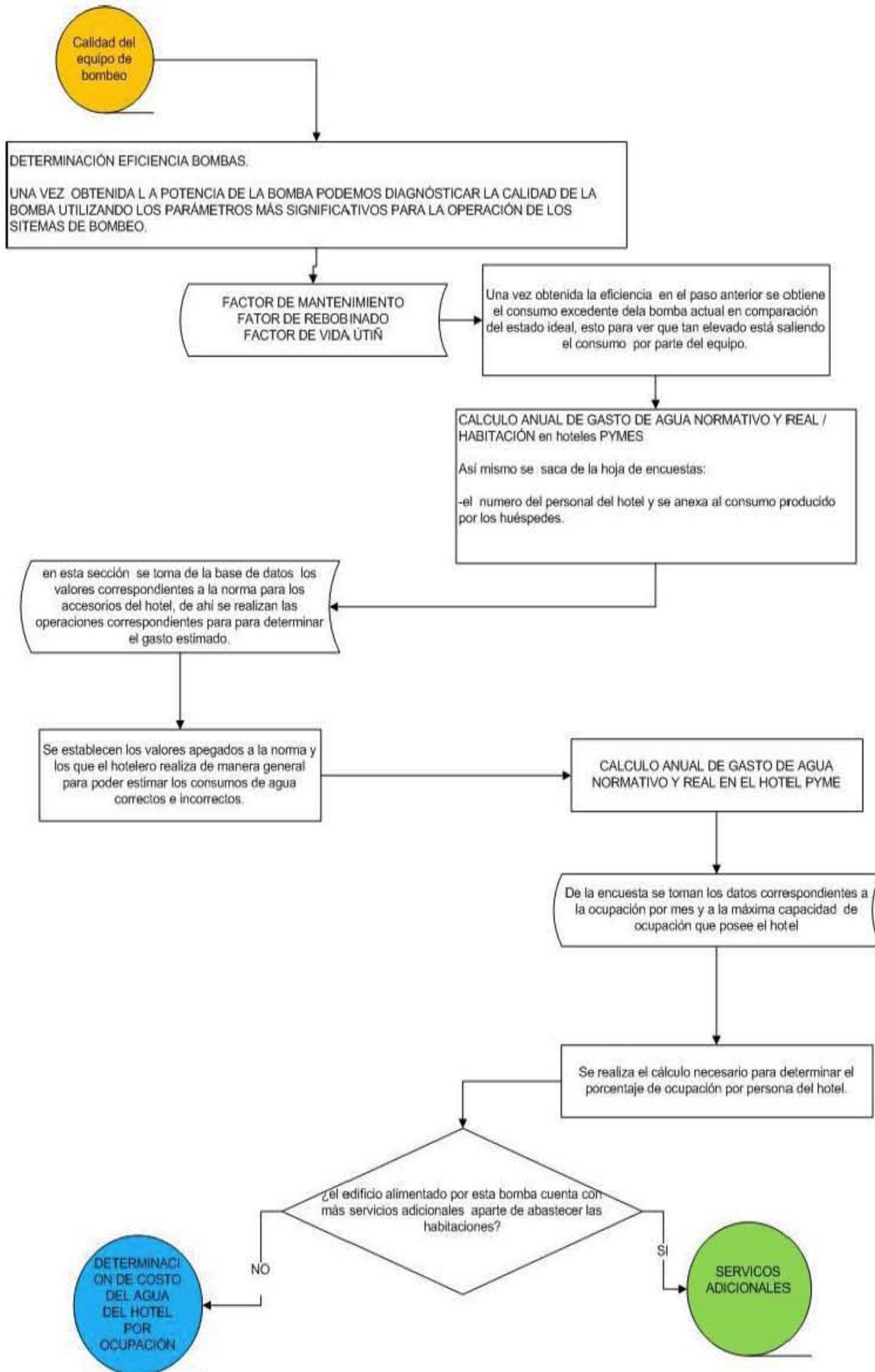
Como se ha mencionado con anterioridad, no es el objetivo primordial de éste trabajo realizar una descripción detallada del algoritmo en programación avanzada, y reiterando que la finalidad de esta propuesta es promover el ahorro de energía y agua, se muestra a continuación el algoritmo de manera simple y general en diagramas de bloques con la finalidad de facilitar la comprensión y representar el panorama general del programa destinado a los sistemas de bombeo.

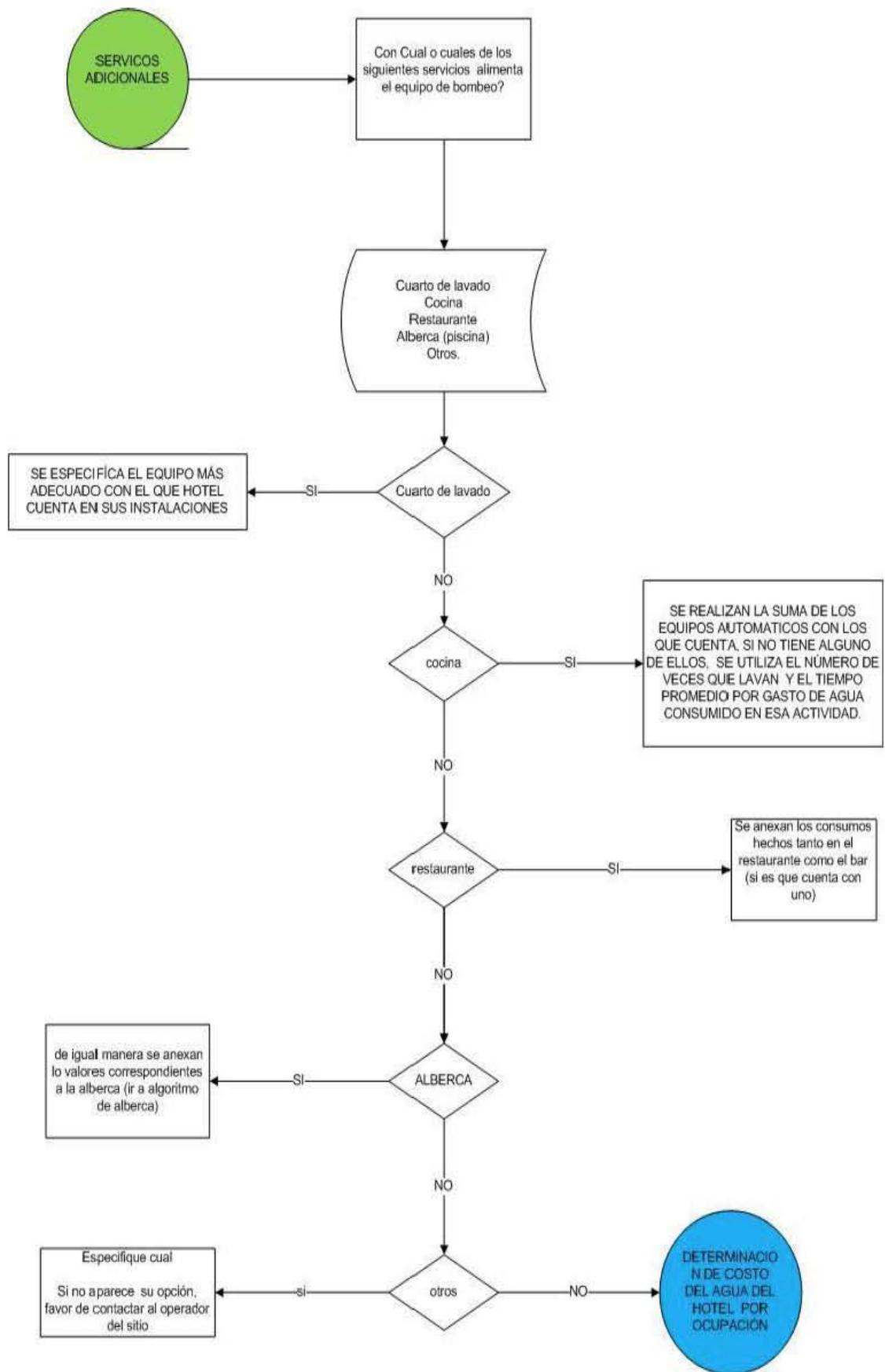
La elaboración de este programa por medio de una hoja de cálculo nos ha permitido mejorar y observar el funcionamiento de los sistemas de bombeo en los hoteles PYMES así como en las medidas propuestas para el correcto uso de la eficiencia energética, el ahorro de energía y agua.

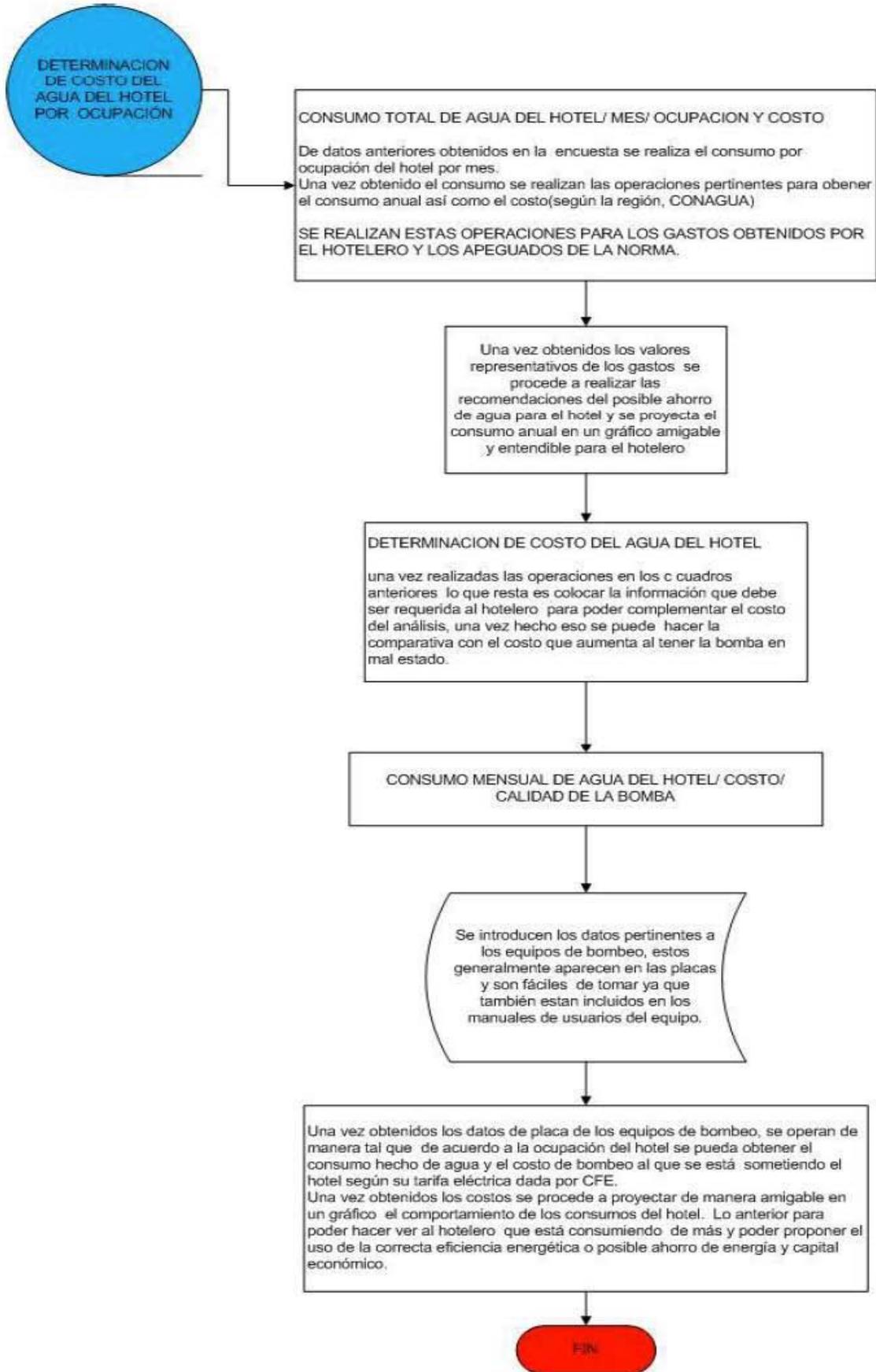
Se han logrado resultados satisfactorios en su modelado y gracias a esto el panorama sobre este sistema puede mejorar dentro de los diagnósticos energéticos.

# AHORRO DE ENERGÍA Y AGUA EN LOS SISTEMAS DE BOMBEO DE HOTELES PYMES









## 5. CASOS DE ESTUDIO

---

De acuerdo a los diagnósticos y a las encuestas realizadas por el PAE de la FI\_UNAM se ha proporcionado información correspondiente para los diagnósticos energéticos llevados a cabo por la institución a lo largo del programa ***“uso eficiente de energía y aprovechamiento de las fuentes renovables en las pymes del sector turístico-fondo sectorial CONACYT SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGETICA CON # 1182266”***, sin embargo, no se había propuesto un apartado exclusivo para los sistemas de bombeo hasta el nacimiento de esta propuesta, por lo tanto, la información energética correspondiente al uso de los sistemas de bombeo no se encuentra disponible para éste caso de estudio ni el de los otros ya que se encuentra incompleta o inexistente, debido a esto, se ha decidido realizar promedios de las tarifas brindadas por CFE y CONAGUA, también suposiciones basadas en los posibles horarios típicos en los que son mayormente utilizados los sistemas de bombeo en los hoteles, para poder así proponer una proyección económica-energética adecuada.

Los casos de estudio mostrados posteriormente han sido adaptados a las necesidades de este programa y se han estipulado escenarios lo suficientemente apegados a la realidad para poder concatenar las ideas y lograr la culminación de este programa. Aun con tantas adversidades en la recopilación de información y la concertación teórica y práctica de este trabajo, se ha obtenido un poco de ingenio y se ha logrado concretarlo con esfuerzo, ayuda, y sobre todo trabajo en equipo.

Este programa se ha desarrollado dentro de la institución PAE de la FI\_UNAM y CONACYT y está destinado para el cálculo del ahorro de energía y agua en los hoteles pymes, por lo que la ilustración detallada de éste trabajo se ha limitado a mostrar solamente los resultados del programa debido a la exclusividad que poseen ahora estas instituciones, en efecto de lo anterior, a continuación se muestran los casos de estudio para los hoteles seleccionados con sus respectivas características, que cada uno en su individualidad y en su conjunto han permitido otorgarle veracidad a este programa debido a su aproximación en los consumos y proyecciones económicas-energética.

## 5.1 Caso de estudio

Para la justificación de este proyecto hemos realizado en total las corridas de 3 casos de estudio, de los cuales solo se mostrará a detalle el siguiente caso de estudio, los dos restantes se pueden observar directamente en los anexos A4 y A5, ya que sería repetitivo mostrar por triplicado el procedimiento completo del proyecto.

El hotel Doña Urraca se encuentra ubicado en la avenida 5 de mayo #117 en el centro Queretano, cuenta con habitaciones tipo suite, master suite y hotel además de restaurante, bar, cava, servicios de estacionamiento, alberca y spa.

De acuerdo a la CONAGUA en el año 2012 el precio de la tarifa sanitaria (SAN) fue de 1.76\$/m<sup>3</sup> (ver tabla 5.1), se está utilizando solamente esta tarifa y excluyendo a las tarifas de alcantarillado (ALC) y agua potable (AP) ya que para los sistemas de bombeo en estas regiones estos consumos no se utilizan, tampoco para este programa ni sus cálculos respectivos.

Tabla 5.1 Costo de agua por CONAGUA

SISTEMA NACIONAL DE TARIFAS								
Consulta de tarifas								
Año	Estado	Muni- cipio	Clasif. usuario	Consumo (m <sup>3</sup> )	Tarifa AP/m <sup>3</sup>	T. ALC/ m <sup>3</sup>	T. SAN/ m <sup>3</sup>	T. total / m <sup>3</sup>
2012	Qro.	Centro	Hotelero	30	5.51	0.28	1.76	7.55

Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/Tarifas/Consultas.aspx>

El hotel doña Urraca tiene contratada una tarifa HM que de acuerdo a CFE para el año 2012 se comportó de la siguiente manera como se muestra en las tablas 5.2 y 5.3:

### Regiones Central, Noreste, Norte, Peninsular y Sur

Del primer domingo de abril al sábado anterior al último de octubre.

Tabla 5.2 Clasificación de la tarifa HM por CFE 2012

DÍA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
Lunes a viernes	0.00-6.00	6.00-20.00, 22.00-24.00	20.00-22.00
Sábado	0.00-7.00	7.00-24.00	
Domingo y festivo	0.00-19.00	19.00-24.00	
Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril			
DIA DE LA SEMANA	BASE	INTERMEDIO	PUNTA
Lunes a viernes	0.00-6.00	6.00-18.00 22.00-24.00	18.00-22.00
Sábado	0.00-8.00	8.00-19.00 21.00-24.00	19.00-21.00
Domingo y festivo	0.00-18.00	18.00-24.00	

Fuente: [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp)

Tabla 5.3 Costo de la energía en durante el año 2012

		CENTRAL						
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Demanda facturable	\$KW	176.41	177.7	178.23	178.80	178.10	178.58	178.88
Energía de punta	\$KW/h	2.1046	2.1212	2.1274	2.0566	2.0327	2.0455	2.0469
Energía intermedia	\$KW/h	1.3000	1.3130	1.346	1.2144	1.1893	1.0219	1.2013
Energía de base	\$KW/h	1.0866	1.0975	1.0988	1.0151	0.9941	1.0046	1.0041

Continuación tabla 5.1

CENTRAL							
		Agosto	Septiembre	Octubre	Nov.	Dic.	promedio
Demanda facturable	\$KW	179.65	180.58	178.67	177.96	177.85	178.4508333
Energía de punta	\$KW/h	2.0885	2.0960	2.0369	2.0043	2.0636	2.068683333
Energía intermedia	\$KW/h	1.2482	1.2503	1.1890	1.1533	1.2283	1.22125
Energía de base	\$KW/h	1.0433	1.0451	0.9641	0.9641	1.0268	1.034554545

Fuente: [http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp)

Una vez definidos los costos de la energía eléctrica y después de haber ubicado la tarifa con la que se está trabajando podemos mostrar a continuación el procedimiento y la aplicación del algoritmo para nuestro caso de estudio ( ver tabla 5.4).

Tabla 5.4 Ingreso de datos iniciales para el inicio del algoritmo

HOTEL DOÑA URRACA 2012			
<b>UBICACIÓN</b>		QUERETARO	
<b>TARIFA CFE</b>		HM	
<b>TARIFA CONAGUA</b>		Tarifa sanitaria_1.76 (\$/m3)	
<b>NÚMERO DE BOMBAS</b>		3	
<b>CONTACTO</b>		<a href="http://www.donaurraca.com.mx/principal.asp">http://www.donaurraca.com.mx/principal.asp</a>	
Variables Doña Urraca			
<b>Número de pisos</b>	2	<b>Apegado a las normas CONAGUA</b>	No
<b>Número de cuartos</b>	12	<b>Tipo de tarifa CFE</b>	HM
<b>Valores totales / cuarto</b>	108	<b>Tarifa CONAGUA</b>	\$1.76/m3
<b>Personal en labor</b>	10		

Podemos observar como en las Tabla 5.4 se obtienen los datos energéticos del hotel y se definen las variables más importantes como mencionamos en capítulos anteriores para dar pie a la selección del equipo de bombeo con el que debería contar el hotel.

Una vez identificados los parámetros anteriores a través del algoritmo ingresamos los valores en cada una de las bombas con las que cuente el hotel e identificaremos cual es el uso que se le ha atribuido (ver tabla 5.5), identificaremos también los factores de rendimiento que poseen [ver Cap. 3] y estimaremos el consumo agua realizado por el hotel.

*Tabla 5.5 factores de rendimiento en las bombas utilizadas*

<b>BOMBA 1</b>	
<b>Eficiencia de la bomba</b>	74%
<b>Estado de la bomba</b>	Regular
<b>Complejo que alimenta</b>	Edificio( 133L/min)
<b>BOMBA 2</b>	
<b>Eficiencia de la bomba</b>	48%
<b>Estado de la bomba</b>	Mal
<b>Complejo que alimenta</b>	Edificio (133L/min)
<b>BOMBA 3</b>	
<b>Eficiencia de la bomba</b>	51%
<b>Estado de la bomba</b>	Regular
<b>Complejo que alimenta</b>	Alberca( 133L/min)

\*Nota. Los complejos “edificio”, conllevan implícitamente restaurantera, lavandería y/o cocina, los demás complejos son individuales, pero debido a la escasez de información proporcionada se han englobado para facilitar su operación.

En efecto de lo anterior obtenemos para el hotel “Doña Urraca” los siguientes resultados, que ya han sido englobados y simplificados en su totalidad (bombas, ocupación, huéspedes, personal laboral, etc.). La tabla 5.6 refleja el consumo total de agua realizado por el hotel por mes durante el año, el primer valor que aparece de color azul muestra el costo por metro cúbico realizado por año y el siguiente los litros por día por persona que se consumen, de igual manera se ven las mismas variables de color rojo.

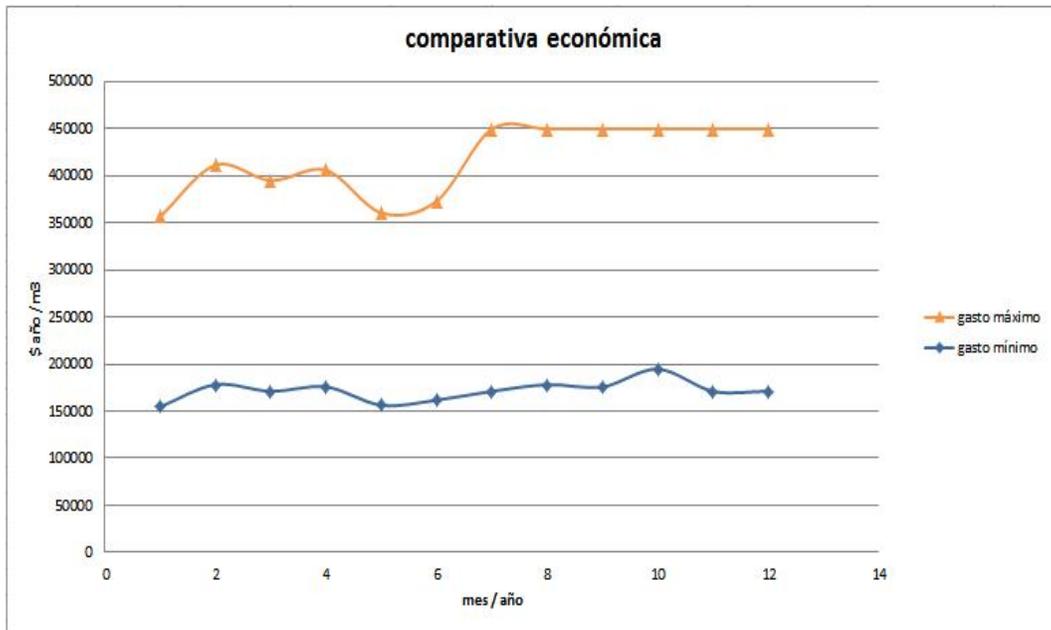
La diferencia entre colores representa el consumo ideal propuesto por las normas de CONAGUA y el consumo real realizado por el hotel, con los colores AZUL y ROJO respectivamente.

Tabla 5.6 Consumo total de agua en el hotel

CONSUMO TOTAL DE AGUA DEL HOTEL/ MES/ OCUPACION Y COSTO						
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
l/s	3.311332937	3.810355159	3.660648492	3.760452937	3.346264492	3.461039603
m3/año	104426.1955	120163.3603	115442.2108	118589.6438	105527.797	109147.3449
\$año/m3	183,790.10	211,487.51	203,178.29	208,717.77	185,728.92	192,099.33
m3/mes	8702.182957	10013.61336	9620.184237	9882.470317	8793.983085	9095.612077
m3/día	280.7155793	323.0197857	310.3285238	318.7893651	283.6768737	293.4068412
l/día/pers	183.54	183.55	183.55	183.55	183.54	183.54
l/MES-s	7.286444048	8.397021825	8.063848492	8.285964048	7.364184492	7.619617381
M3/DIA	623.70048					
m3/año	229,785.30	264808.4803	254301.526	261306.1622	232236.9221	240292.2537
\$año/m3	404,422.13	466,062.93	447,570.69	459,898.85	408,736.98	422,914.37
m3/mes	19148.77496	22067.37336	21191.79384	21775.51352	19353.07685	20024.35448
m3/día	617.702418	711.8507535	683.6062528	702.4359199	624.2928015	645.9469186
l/día/pers	408.56	408.57	408.56	408.57	408.56	408.56
	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	3.66	3.81	3.76	4.16	3.66	3.66
	115,442.21	120,163.36	118,589.64	131,179.38	115,442.21	115,442.21
	203,178.29	211,487.51	208,717.77	230,875.70	203,178.29	203,178.29
	9620.184237	10013.61336	9882.470317	10931.61464	9620.184237	9620.184237
	310.3285238	323.0197857	318.7893651	352.6327302	310.3285238	310.3285238
	183.55	183.55	183.55	183.55	183.55	183.55
	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17	9.17
	289,324.71	289,324.71	289,324.71	289,324.71	289,324.71	289,324.71
	509,211.48	509,211.48	509,211.48	509,211.48	509,211.48	509,211.48
	24110.39224	24110.39224	24110.39224	24110.39224	24110.39224	24110.39224
	777.7545883	777.7545883	777.7545883	777.7545883	777.7545883	777.7545883
	465.32	446.71	452.74	408.57	465.32	465.32

Se han separado a los consumos para obtener una mejor apreciación y poder observar como los sistemas de bombeo son candidatos potenciales para aplicar medidas de ahorro de energía, esto se puede ver claramente en la Gráfica 5.1.

Gráfica 5.1, comparativa económica anual de los consumos de agua realizados apegados y desapegados a las normas de CONAGUA



Como se aprecia en la gráfica anterior los consumos realizados por el hotel se están elevando al doble del consumo recomendado por CONAGUA, esto quiere decir que, el simple hecho de no reconocer en sus instalaciones las recomendaciones y las normas preestablecidas por esta institución le provoca al hotelero una facturación poco más del doble del consumo que está realizando, sin mencionar que el costo por bombeo también se incrementa debido a sus factores de rendimiento y a descuidos como el de estar desapegado a la norma.

El hecho de que se esté consumiendo el doble de la cantidad de agua que se debería consumir revela también se está realizando un consumo duplicado de energía en los sistemas de bombeo, el cual se ve reflejado en la facturación de energía eléctrica, esto sin mencionar que el equipo podría no estar en las mejores condiciones por ausencia de mantenimiento según lo revelen los factores de rendimiento del equipo de bombeo, esto último podría incrementar aún más la facturación eléctrica, produciendo un mal uso de la energía eléctrica y mala eficiencia energética. Esto se puede apreciar mejor en la tabla 5.7 que se muestra a continuación.

Tabla 5.7 Consumo de agua y costo de bombeo de acuerdo a los factores de rendimiento del equipo de bombeo.

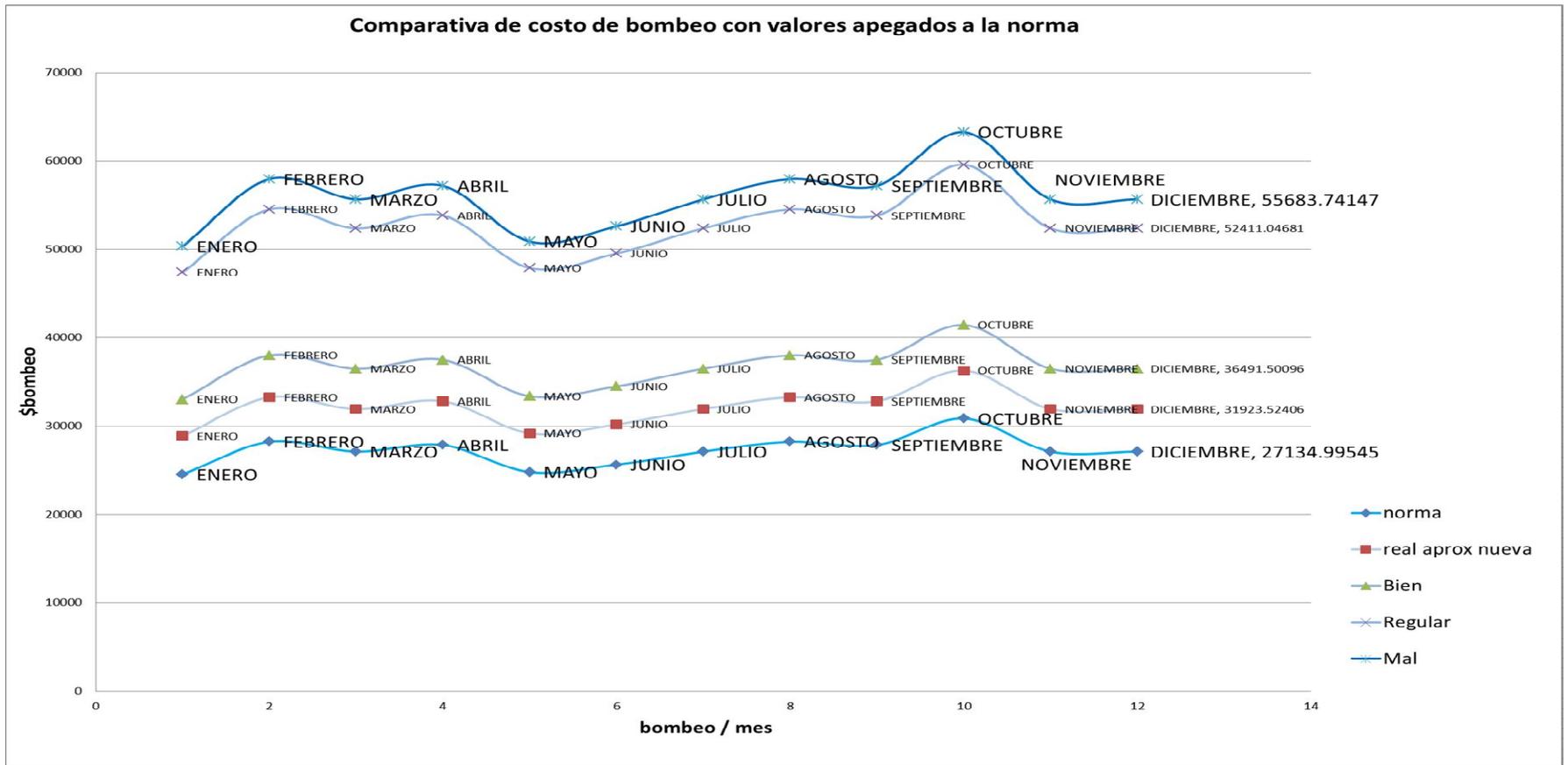
			CONSUMO MENSUAL DE AGUA DEL HOTEL/ COSTO/ CALIDAD DE LA BOMBA					
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
consumo mín de agua hotel	Saño/m3		183,790.10	211,487.51	203,178.29	208,717.77	185,728.92	192,099.33
ESTADO DE LA BOMBA			\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes
potencia de la bomba ideal	Kw	0.735	24545.65205	28244.71405	27134.99545	27874.80785	24804.58639	25655.37065
real aproximada nueva	Kw	0.864705882	28877.23771	33229.07536	31923.52406	32793.89159	29181.86635	30182.78901
Bien	Kw	0.988437726	33009.31769	37983.86522	36491.50096	37486.41047	33357.53602	34501.68195
Regular	Kw	1.419647166	47409.74883	54554.46024	52411.04681	53839.98909	47909.87862	49553.16225
Mal	Kw	1.508293968	50370.14823	57960.99571	55683.74147	57201.91097	50901.50755	52647.40247
gasto flujo de la bomba	m3/min	0.133						
costo	\$/KWh	1.45						
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	\$/ ANUAL		
203,178.29	211,487.51	208,717.77	230,875.70	203,178.29	203,178.29	2,445,617.79		
\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/año		
27134.99545	28244.71405	27874.80785	30834.05745	27134.99545	27134.99545	326618.6922		
31923.52406	33229.07536	32793.89159	36275.36171	31923.52406	31923.52406	384257.2849		
36491.50096	37983.86522	37486.41047	41466.04849	36491.50096	36491.50096	439241.1394		
52411.04681	54554.46024	53839.98909	59555.75822	52411.04681	52411.04681	630861.6338		
55683.74147	57960.99571	57201.91097	63274.58896	55683.74147	55683.74147	670254.4264		
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
consumo máx de agua hotel	Saño/m3		404,422	466,063	447,571	459,899	408,737	422,914
			\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes
	0.735		54011.63934	62243.93016	59774.24291	61420.70107	54587.8997	56481.32659
	0.864705882		63543.10511	73228.15312	70322.63872	72259.64832	64221.05847	66448.61951
	0.988437726		72635.56732	83706.46094	80385.19285	82599.37158	73410.52987	75956.8354
	1.419647166		104323.0894	120223.6994	115453.5164	118633.6384	105436.1321	109093.2724
	1.508293968		110837.3195	127730.8087	122662.762	126041.4598	112019.8638	115905.3663
JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	\$/ ANUAL		
509,211	509,211	509,211	509,211	509,211	509,211	5,664,874.84		
\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/mes	\$bombeo/año		
68006.53372	68006.53372	68006.53372	68006.53372	68006.53372	68006.53372	756,558.94		
80007.68674	80007.68674	80007.68674	80007.68674	80007.68674	80007.68674	890069.3437		
91456.08648	91456.08648	91456.08648	91456.08648	91456.08648	91456.08648	1017430.477		
131354.1264	131354.1264	131354.1264	131354.1264	131354.1264	131354.1264	1461288.107		
139556.2512	139556.2512	139556.2512	139556.2512	139556.2512	139556.2512	1552535.0873		

De acuerdo al software realizado, las imágenes anteriores muestran el costo de bombeo de acuerdo al consumo de agua realizado por el hotel, y la gama de colores que se muestran van señalando en azul los valores aceptables que se aproximan a la norma y los colores en rojo que son valores ya despegados de la norma y que denotan consumos por más del doble del que deberían.

Las tabla 5.8 muestran de una manera más sencilla la cantidad excedida del costo de bombeo en unidades para mejorar su comprensión.

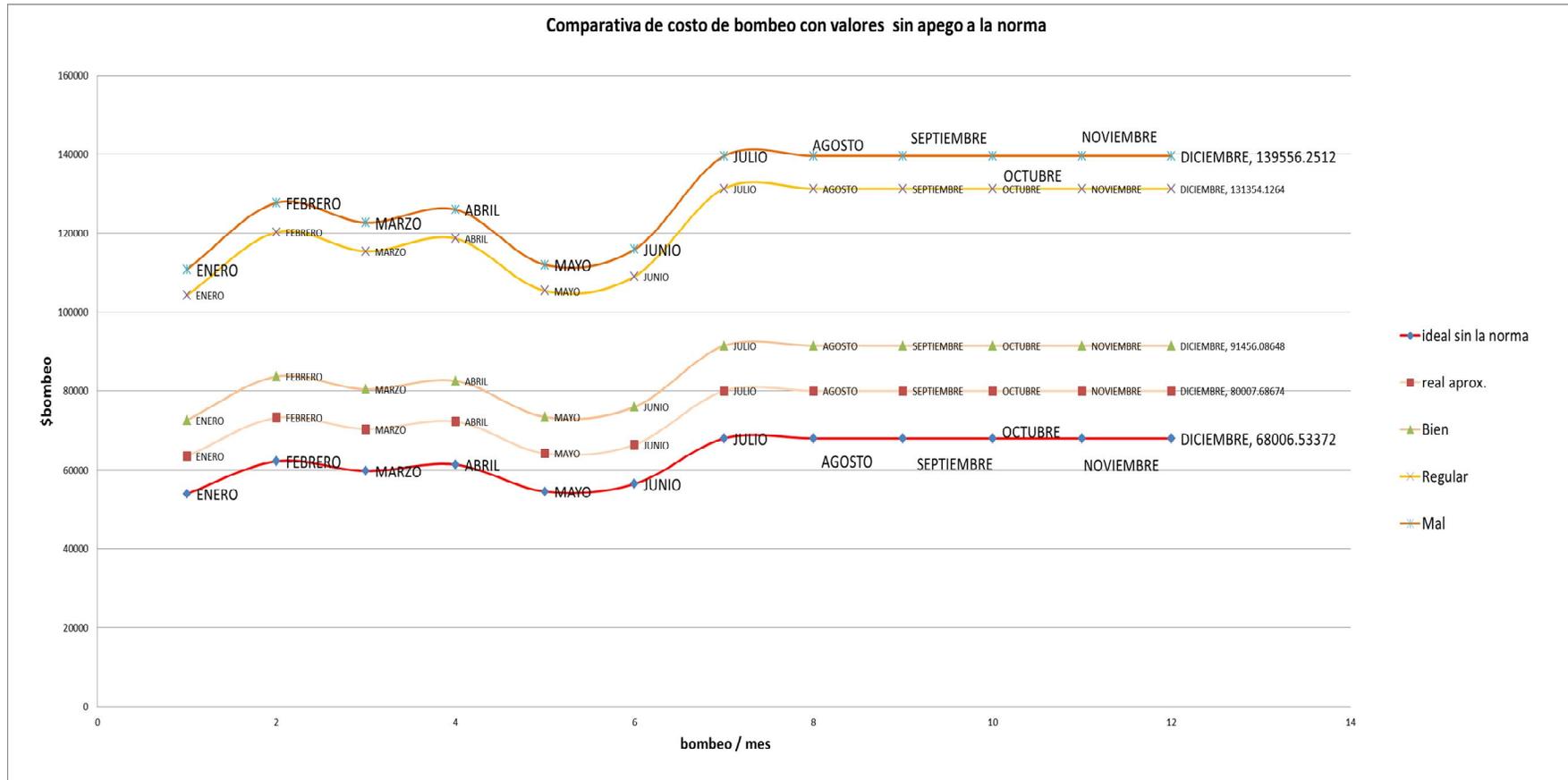


Grafica 5.2 Costo de bombeo vs Apego a la norma CONAGUA



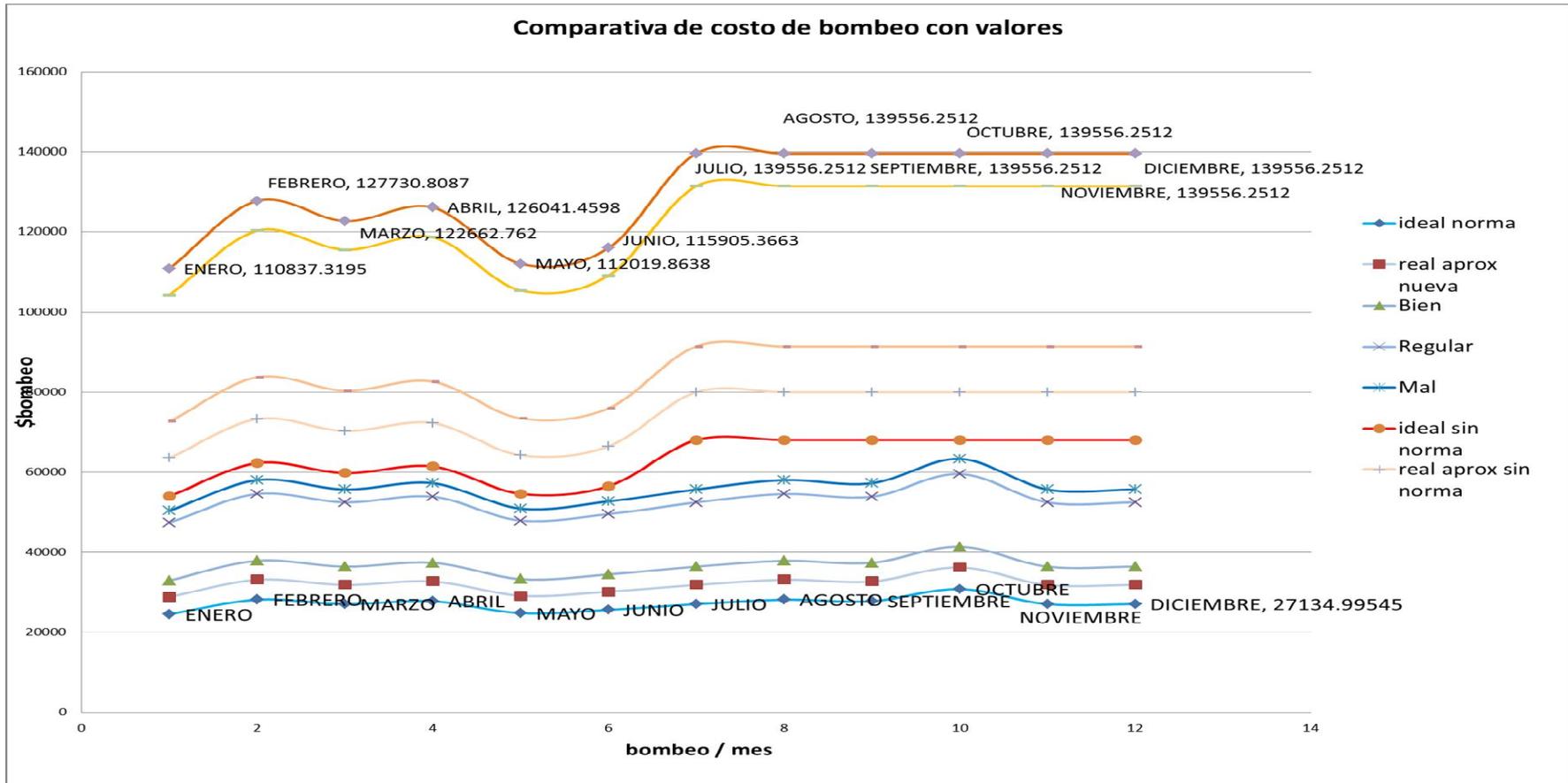
Como se puede apreciar en la imagen, los costos de bombeo se ven directamente afectados por las normas de CONAGUA, se muestra cómo los factores de rendimiento en cada caso del equipo de bombeo incrementan el valor sugerido por las Normas.

Gráfica 5.3 Costo de bombeo vs Sin apego a la norma de CONAGUA



De igual manera y al igual que en la imagen anterior, ahora se muestran los consumos realizados sin contemplar a las normas de CONAGUA, podemos notar como en automático se disparan los valores a más del doble del consumo sugerido por la norma

Gráfica 5.4 Costo de bombeo por mes.



En esta gráfica podemos observar como ya los factores mencionados a lo largo de este proyecto toman fuerza y vitalidad al momento de su proyección. La gama de colores del más claro al más oscuro, de inferior a superior, muestran claramente el propósito de éste trabajo.

# RESULTADOS Y CONCLUSIONES

---

México es un país que se encuentra en vías de desarrollo, su riqueza cultural, infraestructura y su historia le permiten colocarse entre destinos turísticos más destacados en el mundo, y que hoy en día pertenece a la cuenta del ranking mundial, esperando que la acción turística del país lo coloque cada vez en una posición mayormente beneficiada.

Los atractivos turísticos del país, sus playas, zonas arqueológicas, su cultura y diversas personalidades, hacen que México sea cada vez más un país atractivo para los turistas, esto beneficia enormemente al sector turismo del país y proporciona empleos y ayudando a sostener de manera importante la economía del país. Dentro de los subsectores beneficiados del turismo se encuentra el sector hotelero, el cual permite desarrollar la atracción turística de una manera formal y adecuada a través de servicios de alojamiento, restaurantería, lujos, etc., promoviendo al mismo tiempo la diversidad cultural de nuestro país a los turistas tanto nacionales como extranjeros.

El sector hotelero proporciona todos los servicios anteriormente mencionados en esta tesis a través de los sistemas de bombeo, que hoy en día son los sistemas que permiten desenvolver de manera plena, segura e higiénica el turismo en nuestro país a través de los hoteles de las pymes y de las grandes cadenas hoteleras.

A pesar de que se necesitan cálculos específicos para la obtención de estos sistemas, muchos de los hoteles que existen hoy en día han modernizado su estructura con el paso del tiempo sin modernizar sus sistemas energéticos, esto provoca que en éstos día la estructura esté excedida en necesidades, causando un gasto mayor tanto energético como hídrico.

Para solucionar lo anterior se deben de hacer ajustes en su dimensionamiento y ajustar la demanda actual al sistema anterior o en su defecto reemplazarlos por uno que cumpla sus necesidades; esto se lleva a cabo por medio de los parámetro de diseño que se implementan a cada uno de los sistemas de bombeo dentro de cada uno de los hoteles de manera particular ( cada uno es distinto), estos parámetros ayudan a visualizar el funcionamiento del sistema de bombeo adecuado a la situación particular del hotelero. Los parámetros de diseño denotan el esfuerzo invertido en la selección de variables que

se esconden detrás de la presentación del trabajo físico y que no es visible para los espectadores cotidianos que no están involucrados en éstas áreas de ingeniería, y que generalmente en un proceso de descripción van acompañados de un método que facilita su comprensión y operación a través de ilustraciones, por ello y para ellos se les dedicó un capítulo en esta obra.

En cuanto a los resultados, a pesar de haber logrado resultados satisfactorios, la elaboración de este trabajo ha pasado por varias etapas en su desarrollo, desde intentos fallidos, frustraciones de elaboración y versiones nada funcionales hasta “el prototipo final”<sup>22</sup> que se muestra en estas páginas.

El algoritmo aquí propuesto ya fue programado por la institución CCADET en la UNAM y se muestra hoy en día dentro del portal que promueve los diagnósticos energéticos para los hoteles pymes que se encuentra temporalmente en uno de los servidores ofrecidos por la SENER, sin embargo a pesar de que el proyecto lleva ya una gran parte concretada en los sistemas de diagnóstico energéticos, en cuanto al lenguaje de programación se refiere, los sistemas de bombeo han tenido un proceso lento y variado, esto se debe a que la conversión de lenguajes de programación que se necesita para mostrarlo en el servidor es demasiado compleja, aquí utilizamos como se mencionó con anterioridad, una hoja de cálculo en la paquetería básica de un computador y en el servidor se utiliza un lenguaje de programación avanzado. Debido a la cantidad de variables a considerar el proceso está tomando un desarrollo lento, las operaciones y consideraciones proporcionadas en este trabajo implican necesariamente un estudio y comprensión de cada una de las variables, es por ello que aunque se tenga ya esta propuesta realizada, el prototipo en el servidor ha pasado por diferentes etapas y ahora se encuentra sujeto a la aprobación del usuario hotelero.

En el portal donde se encuentra programado este trabajo, hemos encontrado variaciones de congruencia con nuestro trabajo y con el trabajo mostrado en el servidor de la SENER, esto debido a las dificultades mencionadas en el párrafo anterior, por ello evaluamos el rendimiento de la propuesta mostrada al público y realizamos las

---

<sup>22</sup> lo coloco entre comillas esperando que futuras generaciones continúen mejorando ésta propuesta y sea cada vez una versión más fina de este trabajo y se pueda contribuir al medio ambiente tanto energética como ecológicamente.

comparaciones y observaciones pertinentes para mejorar cada vez más nuestro trabajo y su variante en lenguaje de programación, esto con la finalidad de brindar un mejor servicio de esta aplicación y obtener congruencia en ambas propuestas.

Uno de las observaciones realizadas se manifiesta en la toma de datos requerida por la página web, existe una confusión de datos requeridos y resultados mostrados, en este algoritmo pedimos inicialmente los datos del equipo de bombeo con los que cuenta el equipo utilizado (datos de placa) para posteriormente ofrecer una recomendación energética, después se calcula la eficiencia real del equipo y se realizan los datos correspondientes, en comparación con la página web los datos requeridos del equipo son procesados y se muestran sin variación con una recomendación.

Del mismo modo al ingresar las características del hotel, aunque no se mencione la calidad del equipo de bombeo, se ofrece una recomendación para sustituir el equipo de bombeo, por supuesto es una recomendación apresurada y podría ser imprudente.

Pudimos encontrar numerosas observaciones como éstas en la evaluación de la versión de prueba del algoritmo, que ya se encuentran en proceso de corrección para seguir mejorando ésta versión virtual.

El cálculo en conjunto de la energía eléctrica con el consumo de agua, a pesar de que ya tenemos la propuesta y el algoritmo realizado, ha sido difícil lograr con total precisión su programación en el servidor temporal, se han realizado prototipos para aprobar su desempeño de lenguaje de programación a través de los usuarios hoteleros inscritos en éste programa.

Las aproximaciones realizadas en este trabajo han sido afinadas cada vez más al grado de proporcionar un resultado aproximado a los consumos realizados y una proyección económica aceptable para su aplicación en la industria hotelera, esperando que se produzca una consciencia mayor acerca de los sistemas de bombeo, una consciencia energética-ecológica mayor, tanto en los lectores de esta obra como en los empresarios hoteleros, se desea que futuras generaciones mejoren y tomen como base éstas páginas para el perfeccionamiento del cuidado y desempeño de los sistemas de bombeo que no hace poco se han dado a notar después de estar décadas en el olvido en nuestro país.

# UNIDADES

---

W	Watt
Kw	Kilowatt
m3	Metro cúbico

# ABREVIATURAS

---

CALMECAC	Calidad mexicana certificada
CCADET	Centro de ciencias aplicadas y desarrollo tecnológico
CONACYT	Consejo nacional de ciencia y tecnología
CONAGUA	Comisión nacional del agua
CONUEE	Consejo nacional para el uso eficiente de la energía
FIDE	Fideicomiso para el ahorro de energía
INEGI	Instituto nacional de estadística y geografía
PAE	Proyectos de ahorro de energía
PIB	Producto interno bruto
UNAM	Universidad nacional autónoma de México
SCNM	Sistema de cuentas nacionales de México/ IINEGI
SIIMT	Sistema integral de información de mercados turísticos
SIOM	Sistema integral de operación migratoria
STPS	Secretaría del trabajo y prevención social
VABT	Valor agregado bruto turístico
WTO	World tourism organization/ organización mundial del turismo

# REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

---

Secretaría del turismo del gobierno mexicano/informes/

Página web: <http://www.sectur.gob.mx/>,

Última visita: octubre/2013

Presidencia de la república de México/ multimedia/nuestro México/

Página web: <http://www.presidencia.gob.mx/mexico/>

Última visita: feb/2014

Turismo en México

Página web: <http://www.turismoenmexico.com.mx/>

Última visita: febrero/2014

Ciudad de México/barrios mágicos, hoteles/

Página web: <http://www.mexicocity.gob.mx/>

Última visita: febrero/2014

Fondo nacional del fomento al turismo/informes

Página web: <http://www.fonatur.gob.mx/es/index.asp>

Última visita: julio/2013

Fondo de apoyo a la micro, pequeñas y medianas empresas/plan nacional de desarrollo

Página web: <http://www.fondopyme.gob.mx/>

Última visita: noviembre/2013

Estatutos de la organización mundial del turismo/biblioteca de jurídicas de la UNAM/

Luis Miguel Diaz

Cuenta de satélite del turismo (CTS) de México/publicaciones /SCNM

Página web:

[http://www.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detallescnm.aspx?c=16952&upc=0&s=est  
&tg=48&f=2&pf=cue](http://www.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detallescnm.aspx?c=16952&upc=0&s=est&tg=48&f=2&pf=cue)

Última visita: enero/2014

Comisión nacional para el uso eficiente de la energía/normas oficiales mexicanas

Página web: <http://www.conae.gob.mx/wb/>

Última visita: octubre/2013

Comisión nacional del agua/ servicio meteorológico/ climatología/ clima en México/

Página web:

[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=103&Itemid=80](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80)

Última visita: marzo/2013

Sistema de transporte y prevención social/ acuerdo nacional por el turismo

Página web:

[http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12\\_breve\\_diagnostico\\_del\\_sector\\_turismo\\_stps.pdf](http://observatoriodelacapacitacion.stps.gob.mx/oc/pdf/12_breve_diagnostico_del_sector_turismo_stps.pdf)

Última visita: mayo/2013

Hidrostal – soluciones con tecnología

Página web: [http://www.hidrostal-peru.com/images\\_turbinas/folleto-equipos-bombeo-casas.pdf](http://www.hidrostal-peru.com/images_turbinas/folleto-equipos-bombeo-casas.pdf)

Última visita: febrero/2014

Universidad de Oviedo/E.T.S ingenieros industriales/ departamento de energía/ sistemas de bombeo

Página web:

[http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion\\_publicaciones/pdfs\\_libros/PDF\\_SistemasdeBombeo2.pdf](http://www.unioviedo.es/Areas/Mecanica.Fluidos/investigacion_publicaciones/pdfs_libros/PDF_SistemasdeBombeo2.pdf)

Última visita: abril/2013

MAVAINSA, S.L

Página web: [http://www.mavainsa.com/documentos/6\\_bombas.pdf](http://www.mavainsa.com/documentos/6_bombas.pdf)

Última visita: febrero/2014

Grupo ANSAREO AEB/ tipos de bomba

Página web: <http://www.ansareo.com/servicios/hoteles/es>

Última visita: abril/2013

Comisión nacional del agua/ marco normativo/ normas y certificación

Página web: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=16>

Última visita: febrero/2014

The travel foundation

Página web:

[http://www.thetravelfoundation.org.uk/images/media/Water\\_guidelines\\_SPANISH\\_TF\\_col.pdf](http://www.thetravelfoundation.org.uk/images/media/Water_guidelines_SPANISH_TF_col.pdf)

Última visita: enero/2014

Colciencias Colombia/ eficiencia en motores eléctricos

Página web: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/motores.pdf>

Última visita: diciembre/2013

SWISSCONTACT/ manual IV de ingeniería solar

Página web: <http://www.bun-ca.org/publicaciones/IngenieriaSolar.pdf>

Última visita: enero/2014

Eficiencia de motores/ optimización del rendimiento durante la vida útil de los motores

Página web:

[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/\\$File/81-84%202M746\\_SPA72dpi.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/$File/81-84%202M746_SPA72dpi.pdf)

Última visita: agosto/2013

Uso eficiente de la energía eléctrica

Página web: [http://www.procobre.org/archivos/peru/uso\\_eficiente\\_energia\\_electrica.pdf](http://www.procobre.org/archivos/peru/uso_eficiente_energia_electrica.pdf)

Última visita: febrero/2014

BID, evaluación para los sistemas de bombeo en agua/ manual de eficiencia energética

Página web: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=36338596>

Última visita: febrero/2014

Inexa, tecnología y exportación de tecnología S.L./deterioro del rendimiento en bombas y su prevención.

Página web:

<http://www.inexa.es/documentos/ARTICULOS%20INTERES/DETERIORO%20DEL%20RENDIMIENTO%20EN%20BOMBAS.pdf>

Última visita: febrero/2014

Science pool expertos en soluciones

Página web: [http://www.sciencepool.com.mx/equipos\\_motobombas.html](http://www.sciencepool.com.mx/equipos_motobombas.html)

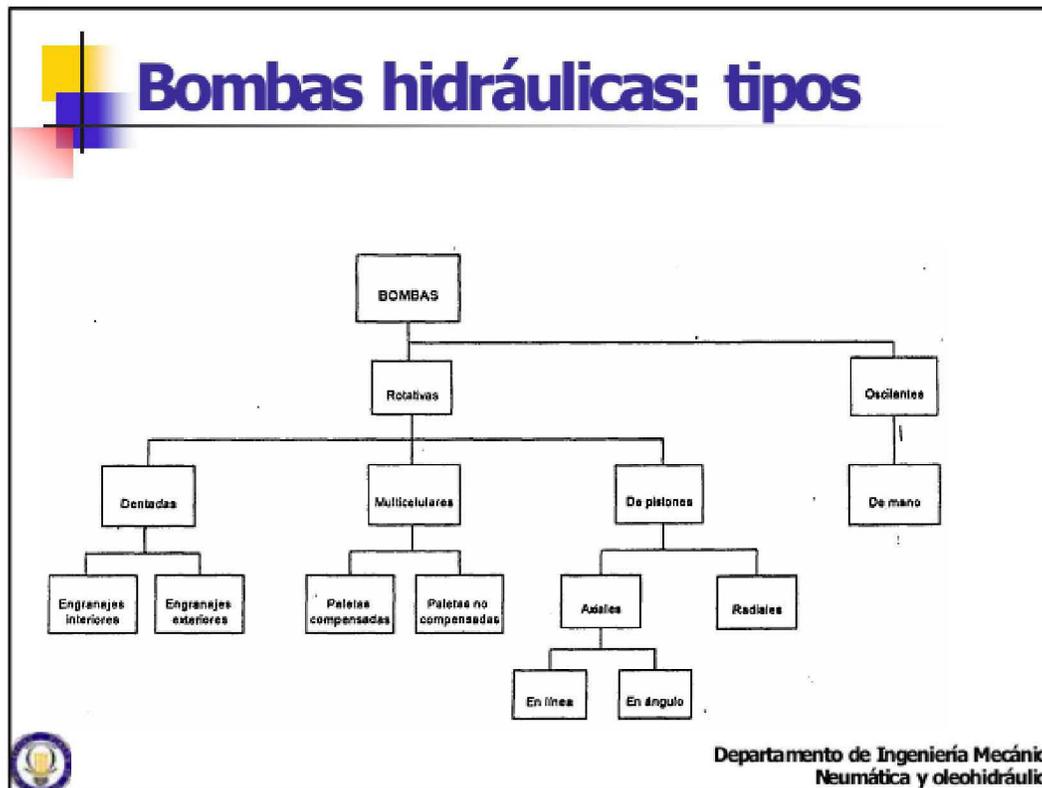
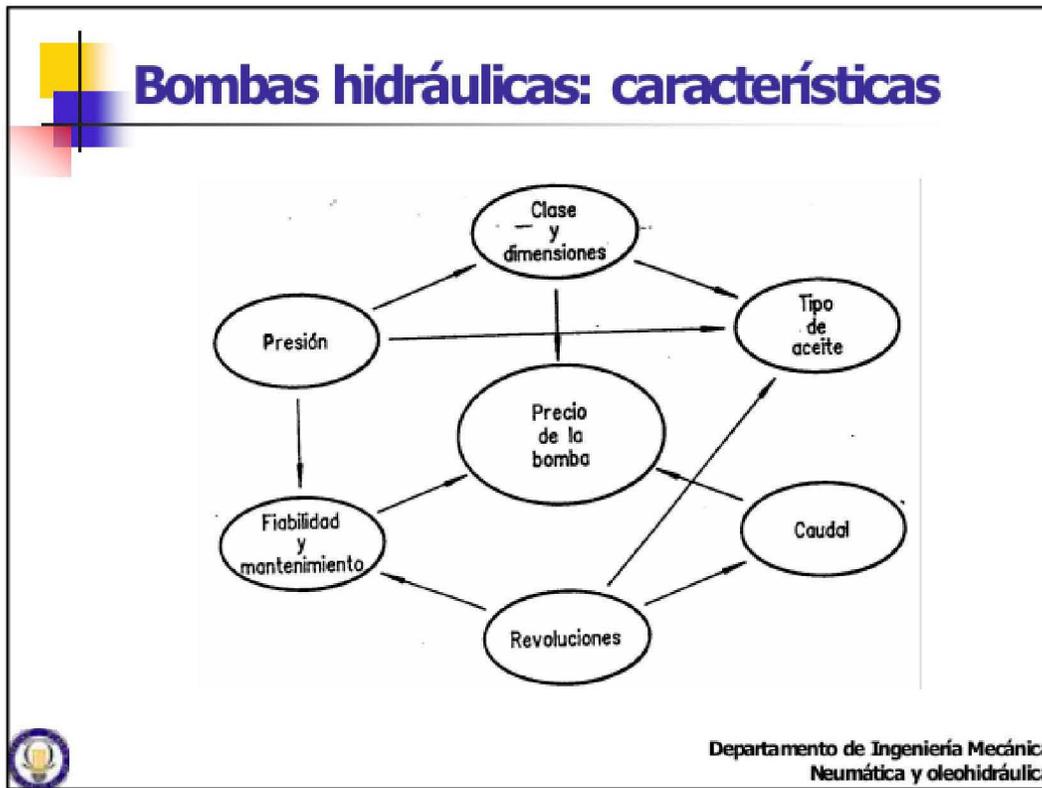
Última visita: noviembre /2013

Pool designers

Página web: <http://www.pooldesigners.com.mx/hoteles.html>

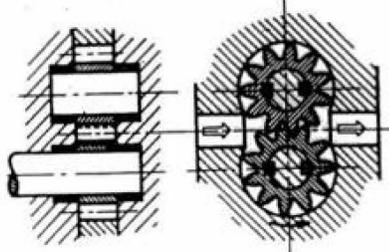
Última visita: mayo/2013

## Anexo 1. Bombas Hidráulicas

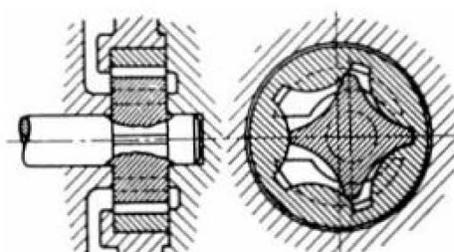


# Bomba hidráulica de engranajes

**Bomba de engranajes externos**



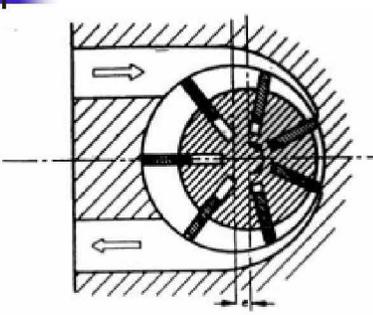
**Bomba de engranajes internos**



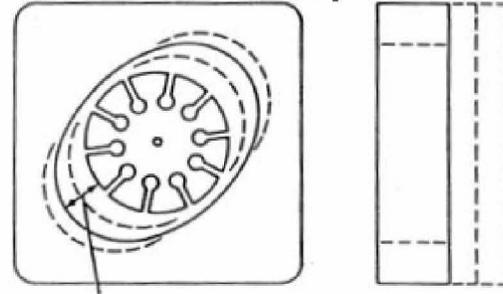


Departamento de Ingeniería Mecánica  
Neumática y oleohidráulica

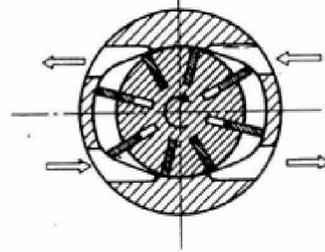
# Bomba hidráulica de paletas



**Variación del desplazamiento**



Las dimensiones del anillo determinan el tamaño de las cámaras de bombeo.



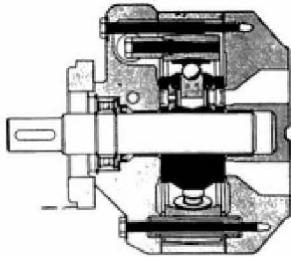
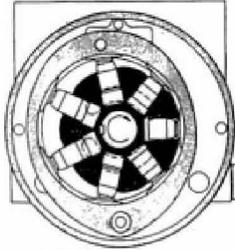
**Bomba de paletas compensada  
Harry Vickers (1920)**



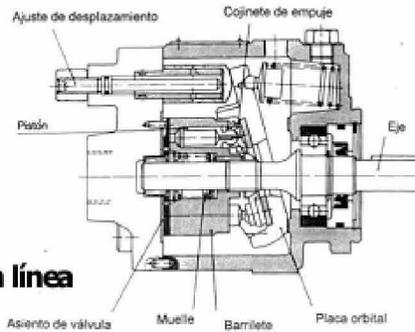
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Neumática y oleohidráulica

# Bomba hidráulica de pistones

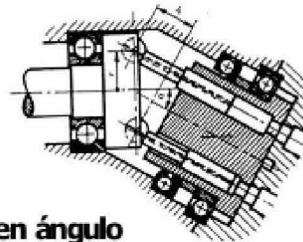
radial



Axial en línea



Axial en ángulo

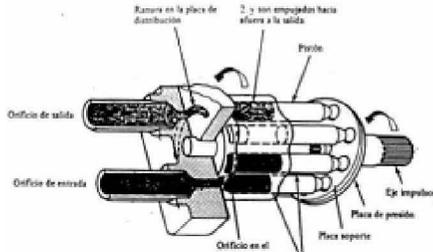


Departamento de Ingeniería Mecánica  
Neumática y oleohidráulica

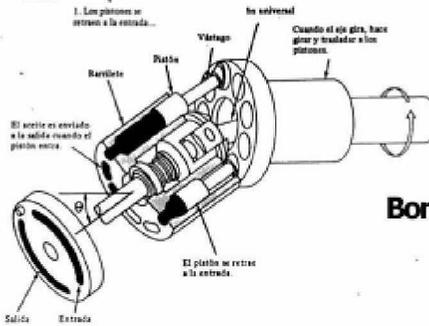


# Bomba hidráulica de pistones

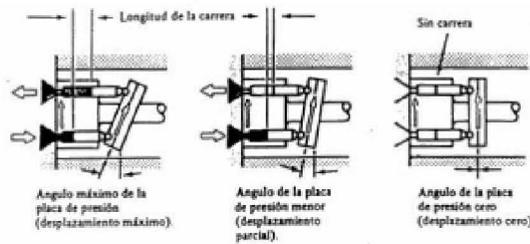
Bomba seccionada y sus conexiones



1. Los pistones se acercan a la entrada...



Bomba de pistones de desplazamiento variable



Bomba de caudal variable

Departamento de Ingeniería Mecánica  
Neumática y oleohidráulica



## Anexo 2. Sistemas de bombeo

Sistema (líneas de flujo).

En muchas ocasiones el sistema al cual se necesita acoplar una bomba existe con anterioridad, y el trabajo se reduce a conocer y entender bien las características del mismo, para así poder determinar satisfactoriamente la bomba necesaria para poder cumplir con los requerimientos del proceso.

Asumiendo que se debe concebir el sistema para que satisfaga las necesidades del proceso, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Caudal requerido.

Cabeza requerida (este aspecto está fuertemente influenciado por las características del sistema).

Fluido a bombear.

Temperatura del fluido.

La característica de un sistema está dada por la curva de cabeza-caudal, la cual está dada por dos componentes; la cabeza estática total, TSH, (Fija. Independiente del caudal manejado) y la Cabeza Dinámica, CD, (Variable. Dependiente del caudal manejado).

Esta Cabeza Estática Total (TSH) se determina físicamente sobre el sistema, y generalmente se dan las dos configuraciones siguientes:

La bomba se encuentra por encima del nivel de succión (Fig.2).

La bomba se encuentra por debajo del nivel de succión (Fig.3).

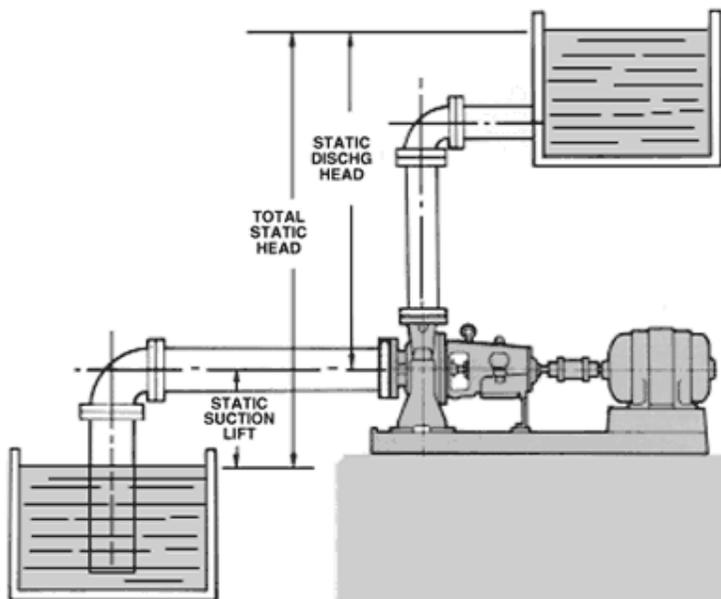


Fig. 2 ? Bomba por encima de la succión.

En este caso la Cabeza Estática Total (TSH) es la suma de la Elevación de Succión Estática (SSL), más la Cabeza Estática de Descarga (SDH).

$$TSH = SSL + SDH.$$

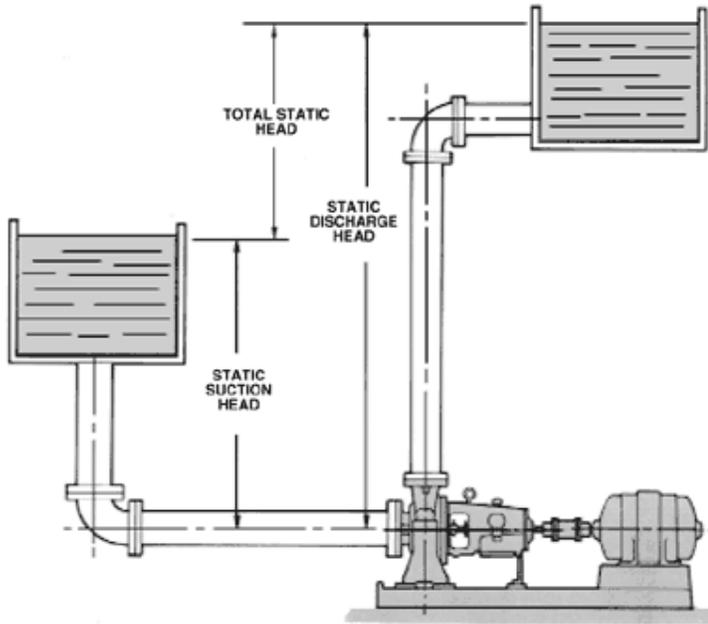


Fig. 3 ? Bomba por debajo de la succión.

En este caso la Cabeza Estática Total (TSH) es la diferencia entre la Cabeza Estática de Descarga (SDH), menos la Cabeza Estática de Succión (SSH).

$$TSH = SDH - SSH.$$

La Cabeza Dinámica es variable, ya que depende de varios factores, como son; caudal manejado por el sistema (velocidad de flujo), las características físicas de la tubería (diámetro y rugosidad) y la viscosidad del fluido (es función de la temperatura), forma general de la línea (accesorios y válvulas).

Dicha cabeza cuantifica las pérdidas de energía que se generan por fricción en la tubería, y cambios de dirección (o obstrucciones) producto de las válvulas y los accesorios.

Para calcular las pérdidas por fricción en la tubería se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = \zeta \left( \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g}$$

Donde:  $\zeta$  = Factor de fricción.

Para calcular las pérdidas por accesorios y válvulas se utiliza el método de Coeficiente de Resistencia K. Con la siguiente ecuación:

$$h_a = K \frac{V^2}{2g}$$

Donde: K= Factor de fricción.

Así la cabeza dinámica es igual a la suma de las dos expresiones anteriores.

$$CD = h_f + h_a = \zeta \left( \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g}$$

$$CD = \left[ \zeta \left( \frac{l}{d} \right) + K \right] \frac{V^2}{2g}$$

Ahora, la característica total del sistema está dada por (Fig. 4):

$$H - Q_{sist} = TSH + CD$$

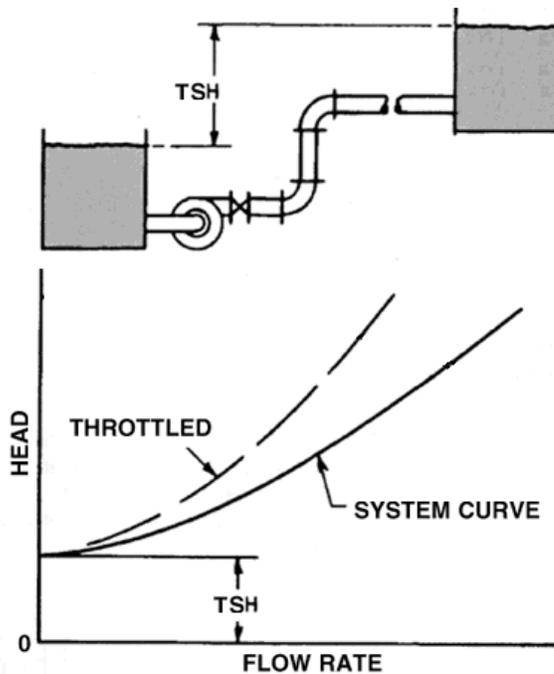


Fig. 4 ? Característica H-Q del Sistema.

Ahora, ya que está determinado el comportamiento del sistema dependiendo del caudal manejado, revisaremos las características de la bomba, para así elegir la bomba mas apropiada.

Principios fundamentales.

Una bomba centrífuga es una maquina que convierte la potencia de entrada (rotativa, motor) en energía cinética en el fluido por medio de un mecanismo giratorio, el impulsor.

El principal fenómeno físico de transferencia de energía es el efecto centrífugo ejercido sobre el fluido. Adicionalmente, el efecto de la forma de la voluta o carcasa sobre el fluido es la transformación de energía (de cabeza de velocidad a cabeza de presión) por el fenómeno de continuidad, también contribuye al aumento del nivel energético del fluido en la descarga de la bomba (Fig. 5).

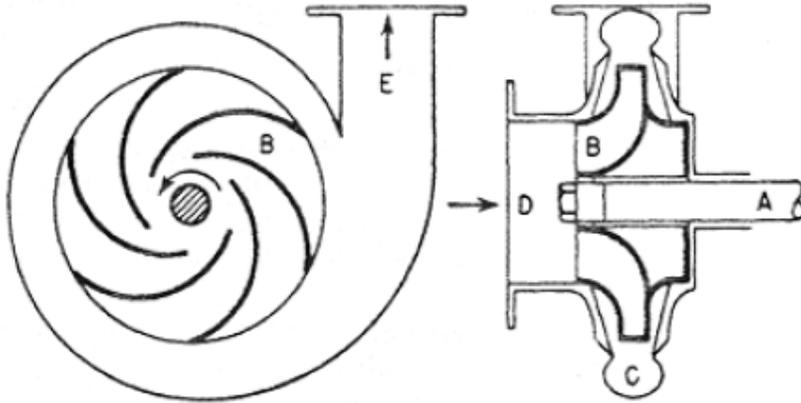


Fig. 5 ? Arreglo Impulsor-Voluta.

El nivel energético del fluido en cualquier punto (\*) esta dado por la expresión:

$$E_* = \frac{P_*}{\rho g} + \frac{V_*^2}{2g} + z_*$$

Considerando que la bomba transfiere energía al fluido, se puede hacer un balance energético entre la succión y la descarga de la bomba; puntos 1 y 2, respectivamente (Fig.6).

$$H = \left( \frac{p}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_2 - \left( \frac{p}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_1$$

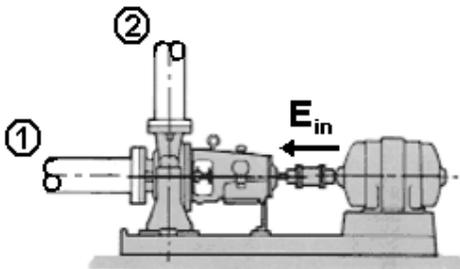


Fig. 6 ? Balance energético de la bomba.

La energía entregada por la bomba al fluido, despreciando la transferencia de calor y el trabajo viscoso está dada por H, (en términos de cabeza).

Dado que existen pérdidas internas en las bombas de tipo hidráulicas, volumétricas y mecánicas; cobra sentido definir la eficiencia de la bomba.

En función de la potencia transferida al fluido y la potencia entregada a la bomba por el eje del motor, se define la eficiencia así:

$$\eta = \frac{P_w}{bhp} = \frac{\rho g Q H}{\omega T}$$

El movimiento del impulsor genera una baja presión en la succión de la bomba, lo cual hace que el fluido se mueva hacia el ojo del impulsor (Fig.7).

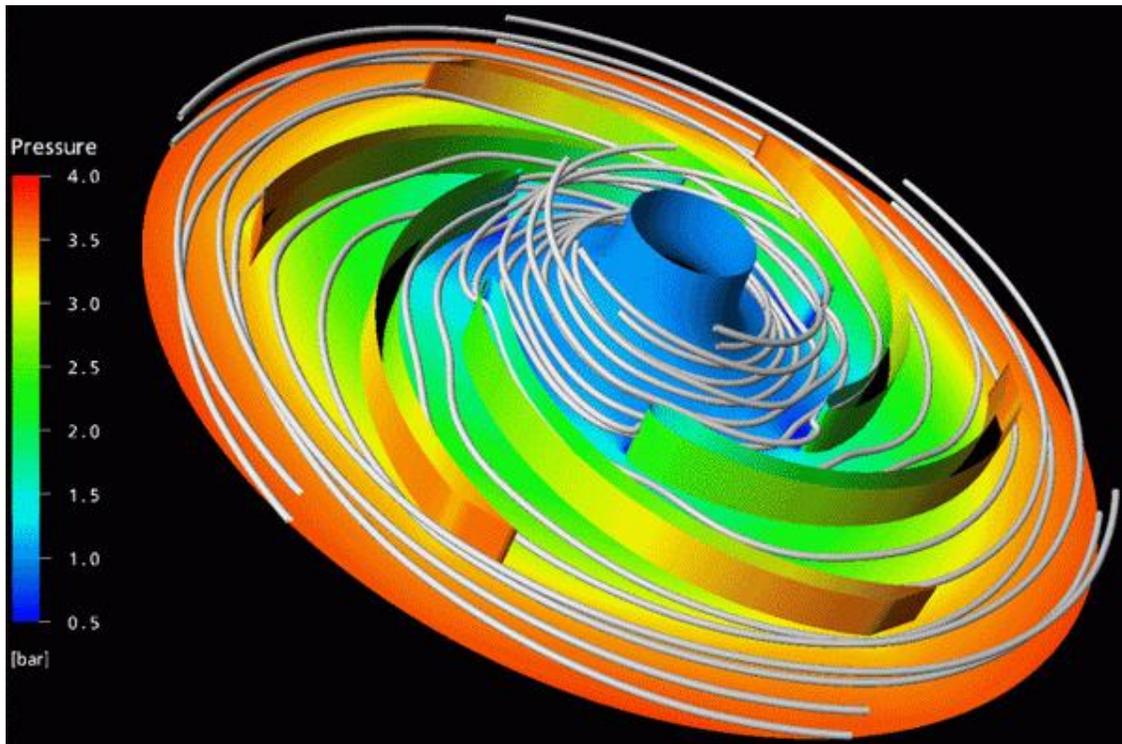


Fig. 7 ? Distribución de presión en el impulsor de una bomba centrífuga radial.

En la figura anterior se muestra la generación de la presión en la medida en que el líquido va abandonando el impulsor. Adicionalmente se muestra claramente la diferencial de presión entre el lado convexo con relación al cóncavo del alabe.

Ahora, después de entender el funcionamiento de una bomba, es momento de ver como se comporta una bomba centrífuga radial, en función de sus variables de operación.

Los fabricantes de bombas proveen las curvas características de la bomba, las cuales muestran la cabeza, la eficiencia, potencia y NPSH-R, versus el caudal manejado por la bomba (Fig. 8).

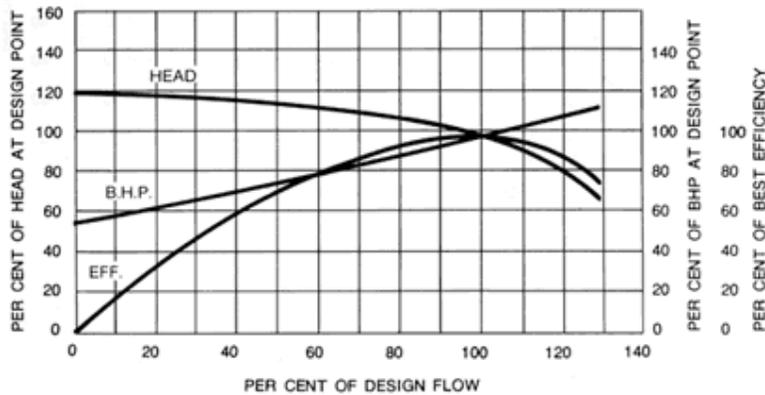


Fig. 8 ? Curvas características de la bomba.

En este momento es importante definir el *BEP*, (siglas en ingles de Punto de Mejor Eficiencia); este punto como su nombre lo dice, esta asociado a los parámetros de operación de la bomba en la cual su eficiencia es máxima. Así, entonces hay un valor de caudal y de cabeza relacionados al BEP ( $Q_{BEP}$  y  $H_{BEP}$ ). Lo ideal es trabajar la bomba en este punto (o en su vecindad), para suplir las necesidades del proceso.

Selección.

En este momento, ya es claro el comportamiento individual y por separado, del sistema y de la bomba. Ahora el trabajo consiste en hacer una buena selección de la bomba, según los requerimientos del proceso (principalmente, cabeza y caudal requerido).

Hay que hacer especial claridad y énfasis en que; *una bomba centrífuga siempre tratará de operar en el punto donde su curva característica se intercepte con la curva característica del sistema* (Fig. 9).

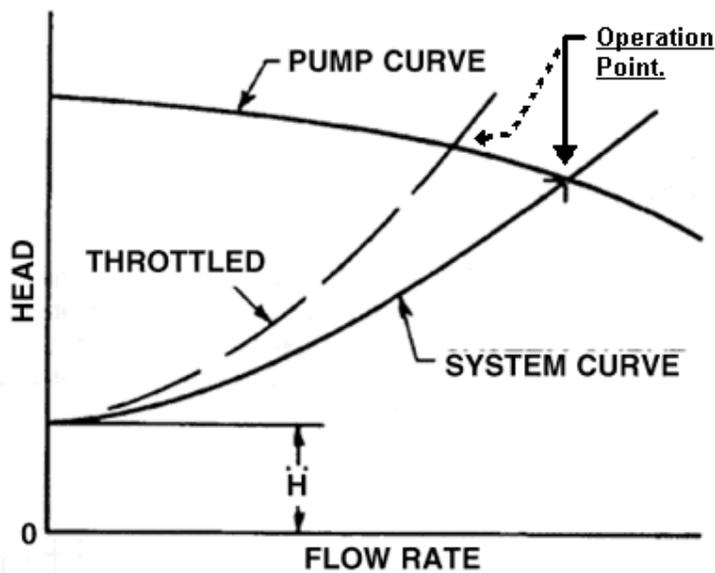


Fig. 9 ? Comportamiento conjunto Sistema - bomba.

El paso siguiente es la selección de la bomba, para esto se debe tener en cuenta dos aspectos primordiales:

$$H_{\text{Re querido}} \approx H_{\text{BEP}} \text{ Y } Q_{\text{Re querido}} \approx Q_{\text{BEP}}$$

Buscar una bomba que los valores de cabeza y caudal en su BEP, coincidan ó sean similares a la cabeza y caudal requeridos por el proceso. Así:

Buscar una bomba la cual tenga una curva cabeza-caudal (H-Q), cuya característica pueda cumplir los posibles rangos de operación para satisfacer el proceso.

El primer punto anterior no es mucho lo que nos puede decir sobre el tipo de bomba a utilizar dado que varias bombas, de varios tipos, pueden tener un BEP que se acerque al requerido por el proceso. Pero al tener conocimiento sobre el rango de trabajo que requiere el proceso, toma sentido el segundo punto anterior, dado que buscaríamos una bomba que satisfaga las necesidades pertinentes.

A continuación se presentaran tres curvas con características H-Q muy diferentes, con los mismos valores de cabeza y caudal para el BEP.

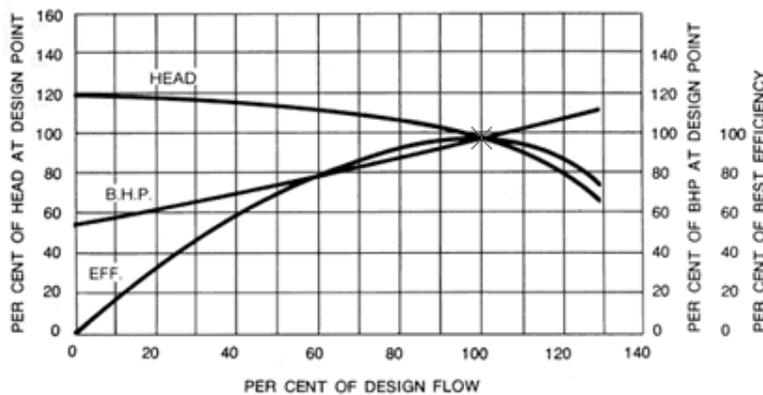


Fig. 10 ? Curvas características ? bomba flujo Radial.

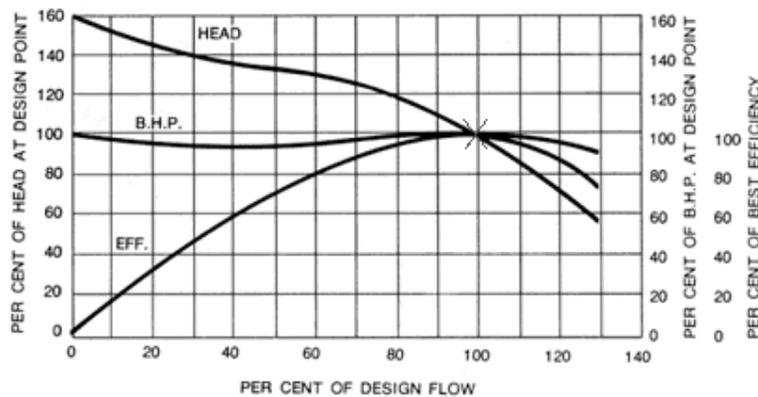


Fig. 11 ? Curvas características ? bomba flujo Mixto.

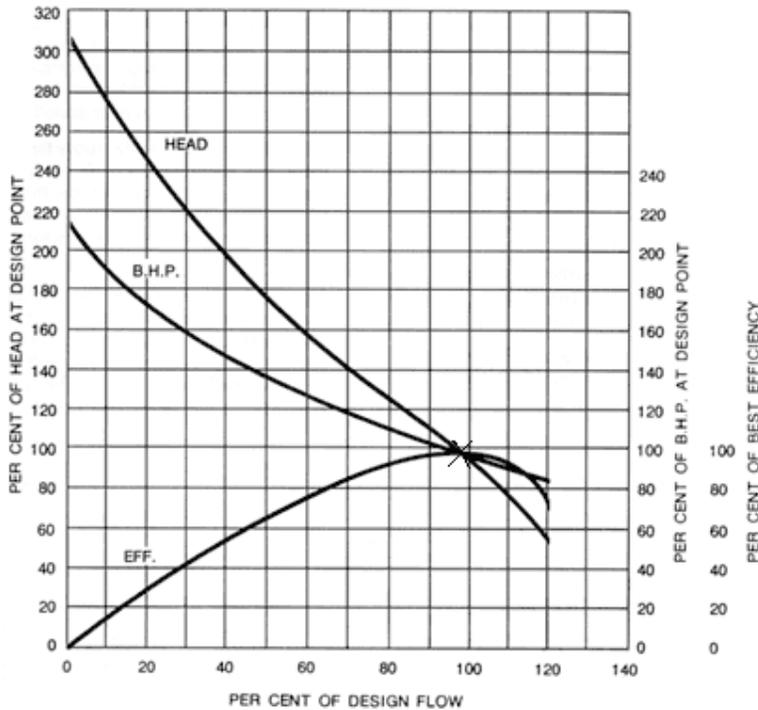


Fig. 12 ? Curvas características ? bomba flujo Axial.

Cada una de las tres bombas anteriores cumplen a cabalidad el primer aspecto a tener en cuenta en la selección de la bomba. Como se mencionó anteriormente, para poder satisfacer el segundo punto es necesario conocer el rango de operación del proceso para así elegir una bomba cuya curva H-Q satisfaga dichos requerimientos, sin alejarse significativamente del punto de mejor eficiencia de la bomba.

Además de la cabeza y el caudal, también están asociados al BEP, un valor de potencia (bhp) y un valor de NPSHR (siglas en ingles de Cabeza Neta de Succión Positiva Requerida).

La potencia requerida en el BEP puede ser conseguida dependiendo del motor seleccionado, por lo general esto no genera mucho inconveniente dada la amplia gama de motores desarrollados en la industria.

El termino NPSHR es una medida de la energía mínima requerida en el ojo de succión de la bomba, para garantizar el buen funcionamiento de la bomba.

El NPSHR es un parámetro de la bomba y es determinado y suministrado por el fabricante de la bomba.

Este parámetro debe ser comparado contra el NPSHA (siglas en ingles de Cabeza Neta de Succión Positiva Disponible), el cual está determinado por las características del tramo de succión del sistema, y se puede mejorar aumentando el diámetro de la tubería

de succión, mejorando la calidad de dicha tubería, reduciendo la distancia de la tubería de succión y la cantidad de accesorios en la línea. Todo lo anterior con el fin de garantizar que:

$$NPSH_{Disponible} > NPSH_{Requerido}$$

Muchos autores y la practica aconseja que:

$$NPSH_{Disponible} + 5m \geq NPSH_{Requerido}$$

esto con la intención de tener un factor de seguridad para evitar el negativo fenómeno de cavitación, el cual aqueja frecuentemente los sistemas de bombeo.

Teniendo en cuenta los aspectos tratados, seguramente se concebirán sistemas de bombeo óptimos y eficientes, que garantizarán las mejores condiciones de funcionamiento teniendo en cuenta el aspecto económico desde el punto de vista de inversión inicial y de operación a lo largo de la vida útil de todo el sistema de bombeo.

Dada la constante necesidad de transportar grandes cantidades de fluidos por largas distancias, las bombas centrífugas, han tomado un papel protagónico en procesos asociados a todo tipo de industrias, inclusive en aplicaciones domesticas simples. Por esta razón es importante tener un conocimiento muy somero sobre dicha máquinas.

#### Aplicación

Las bombas centrífugas hacen parte de un grupo de máquinas denominadas bombas rotodinámicas, las cuales están caracterizadas por la existencia de un elemento impulsor (o impeller) el cual es movido por un eje que le transmite la potencia a dicho elemento.

Dentro de este grupo se encuentran las bombas de flujo axial, mixto y radial (Fig.1); estas últimas, de interés para el desarrollo de estas líneas.

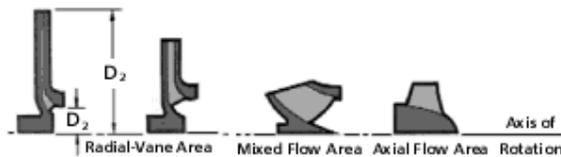


Fig. 1 - Clasificación según tipo de flujo.

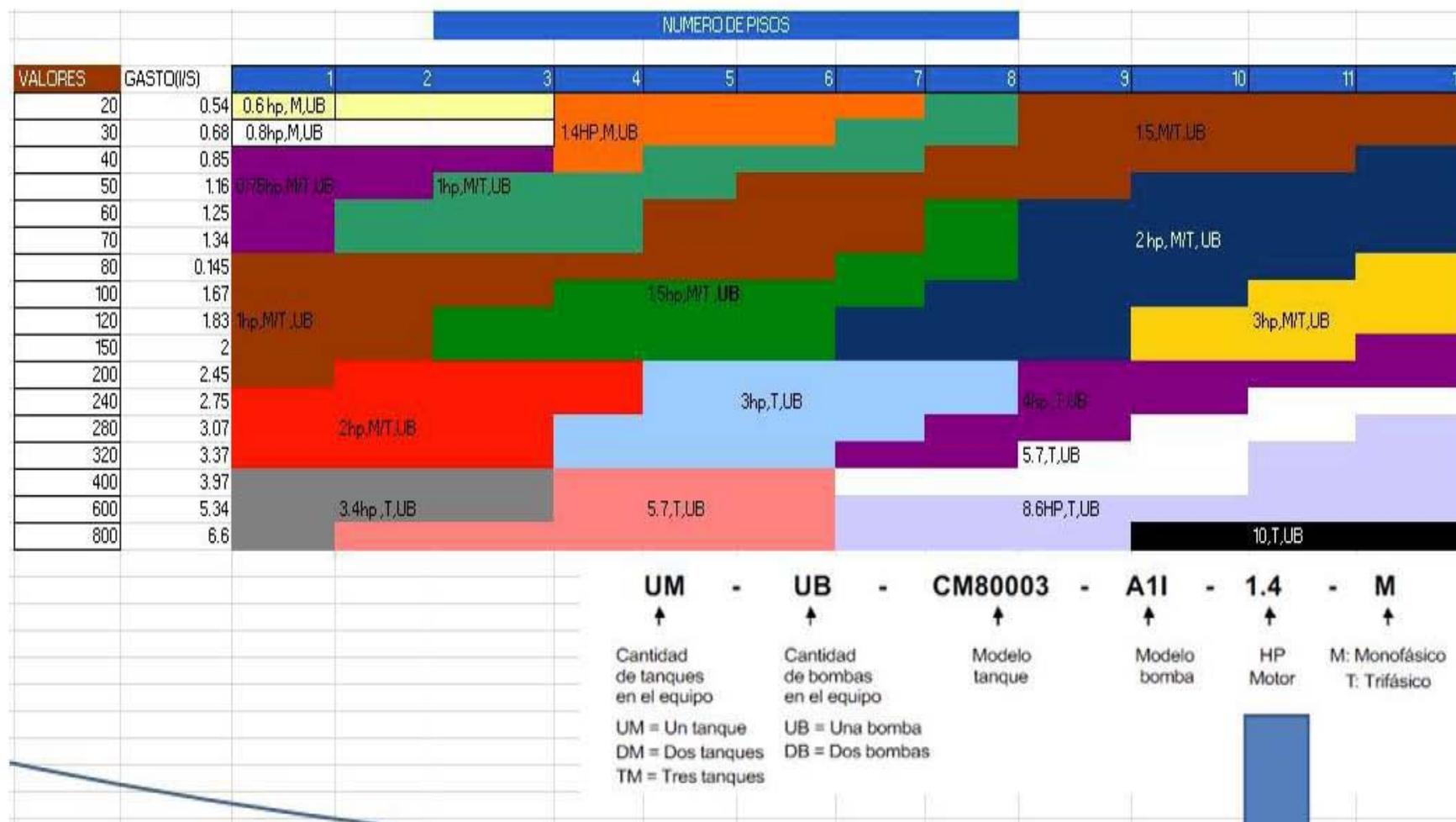
Las características principales para el tipo axial son el manejo de un gran caudal, pero una baja cabeza de presión desarrollada; mientras que las de tipo radial, el comportamiento es al contrario.

Dichas bombas centrifugas (ó radiales), al caracterizarse por su alta cabeza, y su bajo caudal (respecto a las axiales), aunque importante, son ampliamente utilizadas en procesos donde se requiere el transporte de una cantidad significativa de flujo a un alto nivel de cabeza para así poder vencer grandes alturas y distancias muy largas.

Se estima que aproximadamente el 70% de la producción total de las bombas corresponde a bombas centrifugas. Esta es una medida de la importancia de este tipo de bombas.

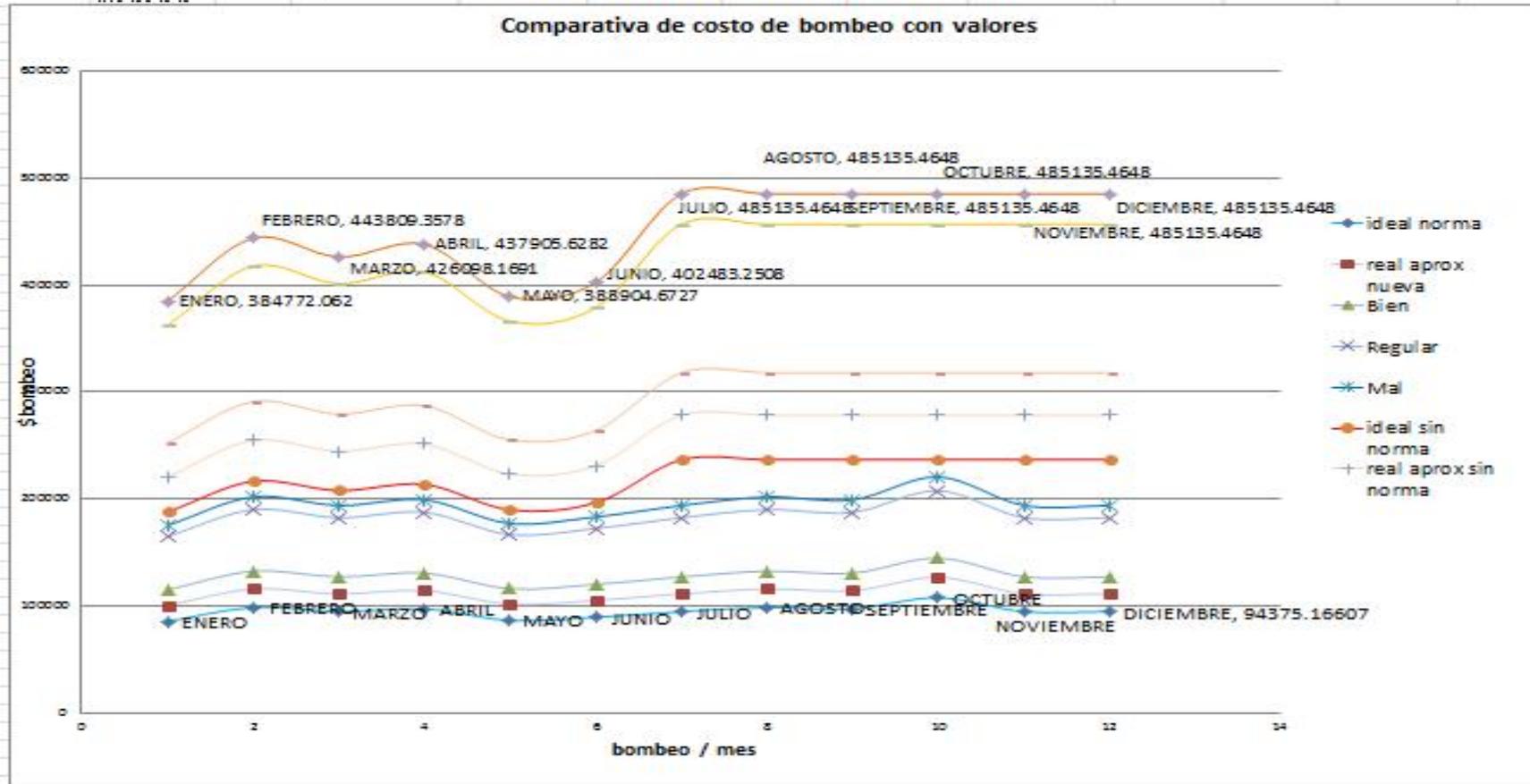
Son ampliamente usadas en aplicaciones mineras (por su facilidad para manejar sólidos), en acueductos, industrias químicas, oleoductos y aplicaciones domésticas.

### Anexo 3. Determinación de la bomba ideal



### Anexo 4. Caso de estudio 2

Hotel Manantiales :Pisos (2+3), cuartos 18



### Anexo 5. Caso de estudio 3

Costa y sol, evaluación del primer complejo. Pisos 4, cuartos 48

