



# UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de Investigación y Desarrollo en opción al Grado Académico de  
Magister en Gestión de Energías  
Cohorte 2 014

**TEMA:** “Diagnóstico energético del sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel El Libertador de la ciudad de Riobamba. Diseño de un plan de mejora de eficiencia energética para dar soluciones técnicas y económicamente viable.”

Autor:

PALACIOS Almache, Juan Carlos

Tutor:

LEMA Guamán, Edwin Marcelo

LATACUNGA – ECUADOR

Noviembre – 2019



**AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Juan Carlos Palacios Almache, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: "DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y CALENTAMIENTO DE AGUA DEL HOTEL EL LIBERTADOR DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA DAR SOLUCIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAMENTE VIABLE", ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, junio de 2019

Para constancia firman:

  
MSc. MANUEL ÁNGEL LEÓN SEGOVIA  
cc... 0502041355.....  
PRESIDENTE

  
PhD. SECUNDINO MARRERO RAMIREZ  
cc... 1352107407.....  
MIEMBRO

  
MSc. XAVIER ALONSO PROAÑO MALDOMADO  
cc... 0503651424.....  
MIEMBRO

  
PhD. ILIANA ANTONIA GONZÁLEZ PALAU  
cc... 1752070659.....  
OPONENTE



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

DIRECCIÓN DE POSGRADO

### CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

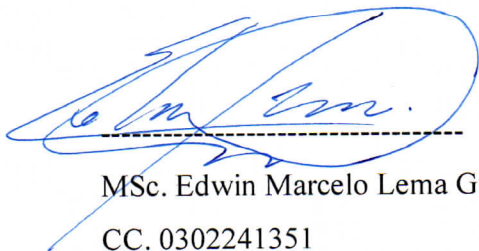
En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, cohorte 2014, nombrado por el Honorable Consejo de Posgrados de la UTC.

#### CERTIFICO

Que he analizado el Proyecto de investigación y desarrollo titulado **“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y CALENTAMIENTO DE AGUA DEL HOTEL EL LIBERTADOR DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA DAR SOLUCIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAMENTE VIABLE.”**, presentado por Juan Carlos Palacios Almache, con cédula de ciudadanía 0602903270 como requisito previo para la aprobación y el desarrollo de la investigación para optar el grado de Magister en Gestión de Energías.

Sugiero su aprobación y permita continuar con el trabajo de investigación.

Latacunga, febrero de 2019



MSc. Edwin Marcelo Lema Guamán

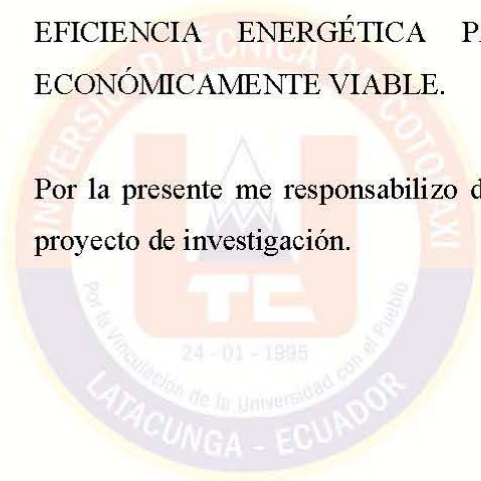
CC. 0302241351

TUTOR

## CERTIFICACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Palacios Almache Juan Carlos** con C.I. 0602903270 en calidad de autor de la tesis realizada sobre: **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y CALENTAMIENTO DE AGUA DEL HOTEL EL LIBERTADOR DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA DAR SOLUCIONES TÉCNICAS Y ECONÓMICAMENTE VIABLE.**

Por la presente me responsabilizo de todos los contenidos que se encuentran en este proyecto de investigación.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Latacunga, noviembre, 2019

---

Palacios Almache Juan Carlos  
C.I. 0602903270  
juank2981@hotmail.com

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo lo dedico a mis amados hijos Lineth, Julián y Josueé quienes son mi pilar fundamental, a mi esposa Ligia y mi madre Ana Lucía quienes siempre han buscado mi crecimiento personal y profesional. A mis hermanos quienes han sido una compañía y apoyo durante todos los años en mi camino de la vida.*

*Juan Carlos*

## INDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO .....                                      | ii   |
| CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....                              | iii  |
| CERTIFICACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....                                | iv   |
| DEDICATORIA.....  | v    |
| INDICE GENERAL.....   | vi   |
| LISTA DE TABLAS.....  | xi   |
| LISTA DE FIGURAS .....  | xiii |
| RESUMEN.....  | xv   |
| ABSTRACT .....  | xvi  |
| INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| Situación problemática .....  | 1    |
| Justificación de la investigación.....                                | 3    |
| Delimitación problema y objeto .....                                  | 4    |
| Problema de la investigación .....                                    | 4    |
| Objeto de estudio.....  | 4    |
| Objetivo y campo de acción .....                                      | 4    |
| Objetivo general .....  | 4    |
| Campo de acción de la investigación .....                             | 5    |
| Objetivos específicos.....  | 5    |
| Sistema de tareas por objetivos específicos.....                      | 5    |
| Hipótesis de investigación.....                                       | 6    |
| Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación..... | 6    |
| 1.CAPITULO I MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO .....                         | 8    |
| 1.1. Antecedentes de estudio.....                                     | 8    |
| 1.2. Fundamentación teórica.....                                      | 9    |
| 1.2.1. Auditoría energética.....                                      | 9    |
| 1.2.2. Eficiencia energética.....                                     | 10   |
| 1.2.3. Sistema de Gestión Eficiente de Energía .....                  | 10   |
| 1.2.3.1. Diagrama de Pareto .....                                     | 11   |
| 1.2.3.2. Gráficos de control.....                                     | 11   |
| 1.2.4. Balance energético.....  | 12   |
| 1.2.5. Energía convencional.....                                      | 13   |
| 1.2.6. Transferencia de calor .....                                   | 13   |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 1.2.6.1.   | <i>Conducción</i> .....   | 13 |
| 1.2.6.2.   | <i>Convección</i> .....   | 13 |
| 1.2.7.   | <i>Propiedades termodinámicas del agua</i> .....                          | 14 |
| 1.2.8.   | <i>Cantidad de agua requerida</i> .....                                   | 14 |
| 1.2.9.   | <i>Caudal de agua</i> .....   | 16 |
| 1.2.10.  | <i>Presión de agua</i> .....  | 16 |
| 1.2.11.  | <i>Presión hidrostática</i> .....   | 17 |
| 1.2.12.  | <i>Suministro de agua por gravedad</i> .....                              | 17 |
| 1.2.13.  | <i>Sistema de depósitos bajo – alto</i> .....                             | 18 |
| 1.2.14.  | <i>Dimensionamiento de tanques</i> .....                                  | 18 |
| 1.2.15.  | <i>Equipos hidroneumáticos</i> .....                                      | 18 |
| 1.2.16.  | <i>Temperatura adecuada del agua</i> .....                                | 19 |
| 1.2.17.  | <i>Calentadores de agua de almacenamiento</i> .....                       | 20 |
| 1.2.17.1.  | <i>De gas</i> .....   | 20 |
| 1.2.17.2.  | <i>Eléctricos</i> .....   | 20 |
| 1.2.17.3.  | <i>Calentadores solares</i> .....   | 21 |
| 1.2.18.  | <i>Energía solar térmica</i> .....  | 21 |
| 1.2.18.1.  | <i>Energía solar térmica de baja temperatura</i> .....                    | 22 |
| 1.2.19.  | <i>Sistemas de termosifón</i> .....                                       | 22 |
| 1.2.20.  | <i>Captador solar térmico</i> .....                                       | 22 |
| 1.2.21.  | <i>Bombas centrífugas de agua</i> .....                                   | 24 |
| 1.2.22.  | <i>Motores eléctricos</i> .....   | 24 |
| 1.3.   | <i>Indicadores de desempeño energético</i> .....                          | 25 |
| 1.3.1.   | <i>Desempeño energético</i> .....   | 25 |
| 1.3.2.   | <i>Indicadores de desempeño energético</i> .....                          | 25 |
| 1.4.   | <i>Marco legal vigente</i> .....  | 25 |
| 1.5.   | <i>Conclusiones del capítulo</i> .....                                    | 26 |
| 2.CAPITULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN UTILIZADA EN EL<br>DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y<br>CALENTAMIENTO DE AGUA DEL HOTEL EL LIBERTADOR ..... |   | 27 |
| 2.1.   | <i>Modalidad de investigación</i> .....                                   | 27 |
| 2.2.   | <i>Tipo de investigación</i> .....  | 27 |
| 2.3.   | <i>Gestión energética empresarial</i> .....                               | 28 |
| 2.3.1.   | <i>Etapas de implementación de un sistema de gestión energética</i> ..... | 28 |
| 2.3.2.   | <i>Diagramas de consumo – producción</i> .....                            | 28 |
| 2.3.3.   | <i>Diagramas de Pareto</i> .....  | 28 |
| 2.4.   | <i>Técnicas</i> .....   | 28 |
| 2.5.   | <i>Población</i> .....  | 29 |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.6.     | Determinación de variables.....   | 30 |
| 2.6.1.   | <i>Operacionalización de variables</i> .....                                    | 30 |
| 2.7.     | Métodos de Investigación .....  | 31 |
| 2.8.     | Diseño de la investigación .....  | 31 |
| 2.9.     | Medición de parámetros necesarios que intervienen en el proceso .....           | 31 |
| 2.9.1.   | <i>Medición de temperatura del agua</i> .....                                   | 32 |
| 2.9.2.   | <i>Medición de la presión del agua</i> .....                                    | 33 |
| 2.9.3.   | <i>Medición del flujo de agua</i> .....   | 33 |
| 2.9.4.   | <i>Medición de parámetros en equipos eléctricos</i> .....                       | 34 |
| 2.9.5.   | <i>Piranómetro</i> .....  | 35 |
| 2.10.    | Fundamentos matemáticos .....   | 36 |
| 2.10.1.  | <i>Balance térmico en el equipo de calentamiento</i> .....                      | 36 |
| 2.10.2.  | <i>Balance térmico en el tanque de almacenamiento de agua caliente</i>          | 37 |
| 2.10.3.  | <i>Coefficiente de convección del tanque de almacenamiento de agua caliente</i> | 38 |
| 2.10.4.  | <i>Balance térmico en las tuberías para agua caliente</i> .....                 | 40 |
| 2.10.5.  | <i>Coefficiente de convección en tuberías para agua caliente</i> .....          | 41 |
| 2.10.6.  | <i>Rendimiento de los calentadores de agua y sistema de calentamiento</i>       | 41 |
| 2.10.7.  | <i>Caudal máximo probable QMP</i> .....   | 42 |
| 2.10.8.  | <i>Volumen mínimo de agua caliente</i> .....                                    | 42 |
| 2.10.9.  | <i>Energía requerida para el calentamiento de agua</i> .....                    | 43 |
| 2.10.10. | <i>Potencia caorífica para el calentamiento de agua</i> .....                   | 43 |
| 2.11.    | Consumo de energía eléctrica .....  | 43 |
| 2.11.1.  | <i>Cálculo de la potencia y energía eléctrica</i> .....                         | 44 |
| 2.11.2.  | <i>Medición de parámetros eléctricos</i> .....                                  | 44 |
| 2.12.    | Cálculo de la presión hidrostática .....  | 44 |
| 2.13.    | Diseño del sistema de calentamiento mediante energía solar .....                | 45 |
| 2.13.1.  | <i>Determinación del número de colectores solares</i> .....                     | 46 |
| 2.13.2.  | <i>Cálculo de potencia solar que se recibe en el sistema.</i> .....             | 46 |
| 2.14.    | Cálculo de indicadores de desempeño energético.....                             | 46 |
| 2.14.1.  | <i>Indicador de uso de energía</i> .....  | 47 |
| 2.14.2.  | <i>Indicador de costo de producción de energía</i> .....                        | 47 |
| 2.15.    | Conclusiones del capítulo .....   | 47 |
| 3.       | CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....                               | 49 |
| 3.1.     | Evaluación energética del sistema de distribución y calentamiento de agua       | 49 |
| 3.1.1.   | <i>Cisterna</i> .....   | 50 |
| 3.1.2.   | <i>Bomba centrífuga</i> .....   | 51 |
| 3.1.3.   | <i>Tanque elevado</i> .....   | 52 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.1.4.  | <i>Equipos hidroneumáticos</i> .....  | 53 |
| 3.1.5.  | <i>Calentadores de agua</i> .....   | 54 |
| 3.1.6.  | <i>Tanques de almacenamiento de agua caliente</i> .....   | 55 |
| 3.1.7.  | <i>Tuberías de distribución</i> .....   | 56 |
| 3.1.8.  | <i>Artefactos sanitarios</i> .....  | 57 |
| 3.1.9.  | <i>Cálculo de la presión hidrostática en los diferentes niveles</i> .....   | 57 |
| 3.1.10. | <i>Cálculo de energía entregada al sistema de calentamiento de agua</i> .....                                       | 58 |
| 3.1.11. | <i>Cálculo de potencia requerida para el calentamiento de agua</i> .....  | 58 |
| 3.1.12. | <i>Cálculo de pérdidas de energía en los tanques de almacenamiento de agua caliente</i> .....                       | 59 |
| 3.1.13. | <i>Cálculo de pérdidas de energía en las tuberías para de agua caliente.</i>  | 60 |
| 3.1.14. | <i>Cálculo de energía necesaria para el calentamiento de agua.</i> .....  | 61 |
| 3.1.15. | <i>Eficiencia de los calentadores de agua y sistema de calentamiento</i> .....                                      | 64 |
| 3.1.16. | <i>Consumo de energía eléctrica en las bombas de agua</i> .....   | 65 |
| 3.2.    | <i>Cálculo de energía con datos reales y ecuaciones de la NEC 11</i> .....  | 66 |
| 3.3.    | <i>Determinación de parámetros del sistema de calentamiento y distribución de agua de acuerdo a la NEC 11</i> ..... | 67 |
| 3.3.1.  | <i>Cálculo de volúmenes de agua fría.</i> .....   | 67 |
| 3.3.2.  | <i>Cálculos para el calentamiento de agua</i> .....   | 68 |
| 3.4.    | <i>Comparación de resultados</i> .....  | 69 |
| 3.5.    | <i>Conclusiones del capítulo</i> .....  | 71 |
| 4.      | <b>CAPITULO IV: PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN</b> .....   | 72 |
| 4.1.    | <i>Calentamiento de agua con colectores solares</i> .....   | 72 |
| 4.1.1.  | <i>Energía solar disponible en Riobamba</i> .....   | 72 |
| 4.1.2.  | <i>Selección de colectores solares</i> .....  | 75 |
| 4.1.3.  | <i>Cálculo de área requerida para calentamiento de agua</i> .....   | 75 |
| 4.1.4.  | <i>Análisis económico del calentamiento con colectores solares</i> .....  | 76 |
| 4.1.5.  | <i>Disposición de los colectores solares</i> .....  | 78 |
| 4.2.    | <i>Calentamiento de agua con energía eléctrica</i> .....  | 79 |
| 4.2.1.  | <i>Selección de equipos eléctricos para calentamiento de agua</i> .....   | 79 |
| 4.2.2.  | <i>Análisis económico</i> .....   | 80 |
| 4.3.    | <i>Comparación de alternativas</i> .....  | 81 |
| 4.4.    | <i>Indicadores de desempeño energético del sistema actual</i> .....   | 82 |
| 4.4.1.  | <i>Indicador de uso de energía</i> .....  | 82 |
| 4.4.2.  | <i>Indicador de costo de producción de energía</i> .....  | 82 |
| 4.5.    | <i>Indicadores de eficiencia energética del sistema seleccionado</i> .....  | 82 |
| 4.5.1.  | <i>Indicador de uso de energía</i> .....  | 82 |
| 4.5.2.  | <i>Indicador de costo de producción de energía</i> .....  | 83 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 4.6. Conclusiones del capítulo ..... | 83 |
| CONCLUSIONES.....                    | 84 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....     | 85 |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS .....           | 87 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla.1 Tareas por objetivos específicos.....   | 5  |
| Tabla 1.1 Dotaciones para edificaciones de uso específico.....  | 14 |
| Tabla 1.2 Caudal y Presión por aparato sanitario.....   | 16 |
| Tabla 1.3 Temperaturas y consumos de agua en aparatos sanitarios .....                                | 19 |
| Tabla 2.1 Variable independiente: Sistema de distribución y calentamiento de agua ...                 | 30 |
| Tabla 2.2 Variable dependiente: Consumo de energía convencional.....                                  | 31 |
| Tabla 3.1 Datos de placa de bomba de la cisterna.....   | 52 |
| Tabla 3.2 Datos de placa en equipos hidroneumáticos.....  | 54 |
| Tabla 3.3 Datos medidos en equipos hidroneumáticos .....  | 54 |
| Tabla 3.4 Datos de calentador de agua .....   | 55 |
| Tabla 3.5 Datos medidos en tanques de almacenamiento de agua caliente .....                           | 56 |
| Tabla 3.6 Tuberías encontradas en el sistema de distribución y calentamiento de agua                  | 56 |
| Tabla 3.7 Datos medidos en los artefactos sanitarios.....   | 57 |
| Tabla 3.8 Cálculo de la presión hidrostática a en los diferentes niveles del hotel .....              | 57 |
| Tabla 3.9 Cálculo de energía por consumo de GLP en semana alta .....                                  | 58 |
| Tabla 3.10 Cálculo de potencia requerida para reposición de agua caliente.....                        | 59 |
| Tabla 3.11 Cálculo de pérdidas de energía en un tanque de almacenamiento de agua caliente.....        | 59 |
| Tabla 3.12 Cálculo de pérdidas de energía en tuberías para agua caliente .....                        | 60 |
| Tabla 3.13 Cálculo de consumo de energía en semana alta .....   | 61 |
| Tabla 3.14 Cálculo de consumo de energía en semana baja .....   | 62 |
| Tabla 3.15 Consumo de energía eléctrica en semana alta .....  | 65 |
| Tabla 3.16 Consumo de energía eléctrica en semana baja .....  | 65 |
| Tabla 3.17 Cálculo de energía con datos reales de acuerdo a la NEC-11 .....                           | 67 |
| Tabla 3.18 Cálculo de volúmenes de agua según norma NEC-11 .....                                      | 67 |
| Tabla 3.19 Cálculo de energía para el sistema según la norma NEC 11 .....                             | 68 |
| Tabla 3.20 Comparativa entre parámetros reales del proceso y los valores que establece la norma ..... | 69 |
| Tabla 4.1 Radiación promedio por hora en Riobamba de enero a octubre 2017 .....                       | 72 |
| Tabla 4.2 Radiación mensual en la ciudad de Riobamba .....  | 74 |
| Tabla 4.3 Especificaciones del calentador Río Solar .....   | 75 |
| Tabla 4.4 Potencia anual requerida en el sistema y radiación solar anual.....                         | 76 |

|  |    |
|--|----|
| Tabla 4.5 Costo de inversión en equipos solares.....                         | 77 |
| Tabla 4.6 Costos por operación y mantenimiento de calentadores solares ..... | 77 |
| Tabla 4.7 Costo de operación del sistema de calentamiento actual .....       | 77 |
| Tabla 4.8 Cálculo del VAN y TIR para los equipos de calentamiento solar..... | 78 |
| Tabla 4.9 Costos de inversión de los calentadores eléctricos.....            | 80 |
| Tabla 4.10 Costos de operación y mantenimiento calentadores eléctricos ..... | 80 |
| Tabla 4.11 Cálculo del VAN y TIR para los equipos eléctricos .....           | 81 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura.1 Ubicación del hotel El Libertador</i> .....  | 2  |
| Figura 1.1 Calentador de gas .....   | 20 |
| Figura 1.2 Calentador eléctrico .....  | 21 |
| Figura 1.3 Circuitos de un sistema de termosifón .....   | 23 |
| Figura 1.4 Elementos de un captador solar térmico .....  | 23 |
| Figura 1.5 Bomba centrífuga .....  | 24 |
| Figura 1.6 Partes de un motor eléctrico .....  | 24 |
| Figura 2.1 Instrumentos de medición de temperatura .....   | 32 |
| Figura 2.2 Instrumentos de medición de presión.....  | 33 |
| Figura 2.3 Medición de flujo de agua.....  | 34 |
| Figura 2.4 Pinza amperimétrica.....  | 35 |
| Figura 2.5 Piranómetro .....   | 35 |
| Figura 2.6 Energías en el calentador de agua .....   | 36 |
| Figura 2.7 Pérdidas de calor en el tanque de almacenamiento .....  | 38 |
| Figura 2.8 Pérdidas de calor en el tanque de almacenamiento.....   | 40 |
| Figura 3.1 Proceso de distribución de agua fría .....  | 49 |
| Figura 3.2 Proceso de calentamiento de agua.....   | 50 |
| Figura 3.3 Dimensiones de la cisterna en cm .....  | 51 |
| Figura 3.4 Bomba de agua de la cisterna.....   | 51 |
| Figura 3.5 Esquema y dimensiones del tanque elevado en cm. ....  | 52 |
| Figura 3.6 Equipo hidroneumático 1 – agua fría .....   | 53 |
| Figura 3.7 Equipo hidroneumático 2 – agua caliente .....   | 53 |
| Figura 3.8 Calentadores de agua del hotel El Libertador .....  | 54 |
| Figura 3.9 Tanques de almacenamiento de agua caliente .....  | 55 |
| Figura 3.10 Perfil de temperaturas en los tanques acumuladores de agua .....   | 56 |
| Figura 3.11 Comparación de uso de energía por tipo de semana .....   | 62 |
| Figura 3.12 Consumo promedio de energía por mes.....   | 63 |
| Figura 3.13 Consumo de energía por número de usuarios .....  | 64 |
| Figura 3.14 Eficiencia energética promedio por mes .....   | 65 |
| Figura 3.15 Gráfico de consumo de energía en el sistema de distribución y calentamiento de agua por tipo de semana ..... | 66 |
| Figura 4.1 Radiación promedio por hora en Riobamba de enero a octubre 2017 .....   | 73 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 4.2 Radiación mensual en la ciudad de Riobamba.....                  | 74 |
| Figura 4.3 Dimensiones del calentador solar a ser instalado.....            | 78 |
| Figura 4.4 Distribución de los paneles solares en la terraza del hotel..... | 79 |



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TÍTULO:** “Diagnóstico energético del sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel El Libertador de la ciudad de Riobamba. Diseño de un plan de mejora de eficiencia energética para dar soluciones técnicas y económicamente viable.”

**Autor:** Ing. Juan Carlos Palacios Almache

**Tutor:** Msc. Edwin Marcelo Lema Gumán

**RESUMEN**

El hotel el Libertador ubicado en la ciudad de Riobamba cuenta con un sistema de calentamiento y distribución de agua que se encuentra sobredimensionado y no cuenta con aislamiento térmico en sus tanques de almacenamiento lo que provoca una baja eficiencia energética y un alto costo en el consumo de combustible GLP. El objetivo de esta investigación es mejorar la eficiencia energética del sistema de calentamiento de agua mediante la modificación del diseño actual para reducir el consumo de energía convencional. Inicialmente se realizó una auditoría energética para identificar los consumidores de energía en el proceso, mediante un diagrama de Pareto se seleccionó el proceso de calentamiento y almacenamiento de agua caliente ya que consume más del 90% de la energía. Cuando el hotel se encuentra en el máximo de su capacidad, en el sistema actual se requiere una energía por día de 142,4 kW–h en el sistema y 54,53 kW–h por pérdidas en el tanque de almacenamiento. Para el dimensionamiento de los equipos en base a la norma NEC 11 se obtiene un consumo de energía por 67,5 kW–h. Se propone en el estudio utilizar calentadores solares para cubrir la demanda de energía que requiere el sistema, este cambio permite mejorar la eficiencia energética ya que los tanques de los colectores cuentan con aislamiento térmico, reducir el costo de operación y disminuir el consumo de energía convencional. Se obtiene un indicador de uso de energía de 0,5680 y un costo de \$ 0,03 para producir un kW–h. La inversión inicial es alta pero se logra una recuperación con un TIR de 51,8 % durante un tiempo de vida útil de los equipos de 15 años.

**DESCRIPTORES:** Eficiencia energética, calentamiento de agua, energía convencional, calentador solar.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TITLE:** “Energy diagnosis of the water distribution and heating system of the El Libertador hotel in the city of Riobamba. Design of an energy efficiency improvement plan to provide technical and economically viable solutions.”

**Autor:** Ing. Juan Carlos Palacios Almache

**Tutor:** Msc. Edwin Marcelo Lema Gumán

**ABSTRACT**

The El Libertador hotel located in the city of Riobamba has a heating and water distribution system that is oversized and does not have thermal insulation in its storage tanks, which causes low efficiency and high cost in the consumption of LPF fuel. The objective of this research is to improve the energy efficiency of the water heating system by modifying the current design to reduce conventional energy consumption. Initially, an energy audit was carried out to identify the energy consumers in the process, using a Pareto chart the process of heating and storage of hot water was selected since it consumes more than 90% of the energy. When the hotel is at its maximum capacity, the current system requires a power per day of 142,4 kW-h in the system and 54,53 kW-h for loss in the storage tank. For the sizing of the equipment based on the NEC 11 standard, an energy consumption of 67,5 kW-h is obtained. It is proposed in the study to use solar collectors to meet the energy demand that the system requires, this change allows to improve energy efficiency since the collector tanks have a thermal insulation, reduce the cost of operation and reduce the consumption of conventional energy. An energy use indicator of 0,5680 is obtained and a cost of \$ 0,03 to produce a kW-h. The initial investment is high, but a recovery is achieved with an IRR of 51,8% over a useful life of the equipment of 15 years.

**DESCRIPTORS:** Energy efficiency, water heating, conventional energy, solar heater.

## INTRODUCCIÓN

### **Situación problemática**

La Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, ha demostrado la posibilidad de reducir los consumos energéticos de las empresas, fundamentalmente con medidas técnico-organizativas y de baja inversión, así como organizar el control y gestión de ahorro y conservación de los portadores energéticos, identificando el grupo de soluciones técnicas más favorables a los problemas de suministro de energía (Monteagudo, 2005).

La industria hotelera en el Ecuador ha sido beneficiada por el aumento de visitantes nacionales e internacionales a los diferentes puntos turísticos con los que cuenta el país. Las diferentes zonas geográficas tienen su atractivo, como son las playas en la Costa, Nevados en la Sierra, selva en la Amazonía y las islas Galápagos. Algunas ciudades también cuentan con tradiciones, fiestas y características propias que llaman el interés de los visitantes.

El cambio en la Matriz Energética del Ecuador está encaminado a la reducción del impacto ambiental en las operaciones de los sectores productivos y de servicios. La mayoría de diseños de la infraestructura hotelera en el Ecuador son realizados artesanalmente sin contar con un estudio necesario que asegure el consumo eficiente de energía en sus instalaciones.

El costo por el consumo de energía en el sector hotelero representa un rubro importante en los gastos operacionales del edificio, debido a que muchos de sus servicios como son agua caliente e iluminación, deben continuar con su normal funcionamiento independiente de la demanda.

Inmersos en la situación energética global, el sector hotelero en todos los países se impone objetivos relacionados con el control de la demanda y el ahorro de energía. En las instalaciones de este sector existe un gran potencial para el ahorro energético (Acosta, 2011).

Las edificaciones destinadas a los hoteles poseen características propias que las diferencian de otro tipo de edificios. Son instalaciones con un uso permanente a lo largo de cada año y donde su principal objetivo reside en garantizar confort y calidad para los huéspedes en todos sus servicios (Castilla, 2010).

El Hotel El Libertador está ubicado en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo. Se cuenta con varios atractivos turísticos como son los nevados Chimborazo, Carihuairazo, Altar, paseo en tren desde la ciudad hasta el museo del Hielo, lagunas a las cuales se puede llegar a partir de la ciudad de Riobamba.

El hotel El Libertador está ubicado en el centro de la ciudad de Riobamba, en la Av. Daniel León Borja y Carabobo, lugar estratégico por encontrarse al frente de la estación del tren el cual es muy visitado por los turistas nacionales e internaciones.

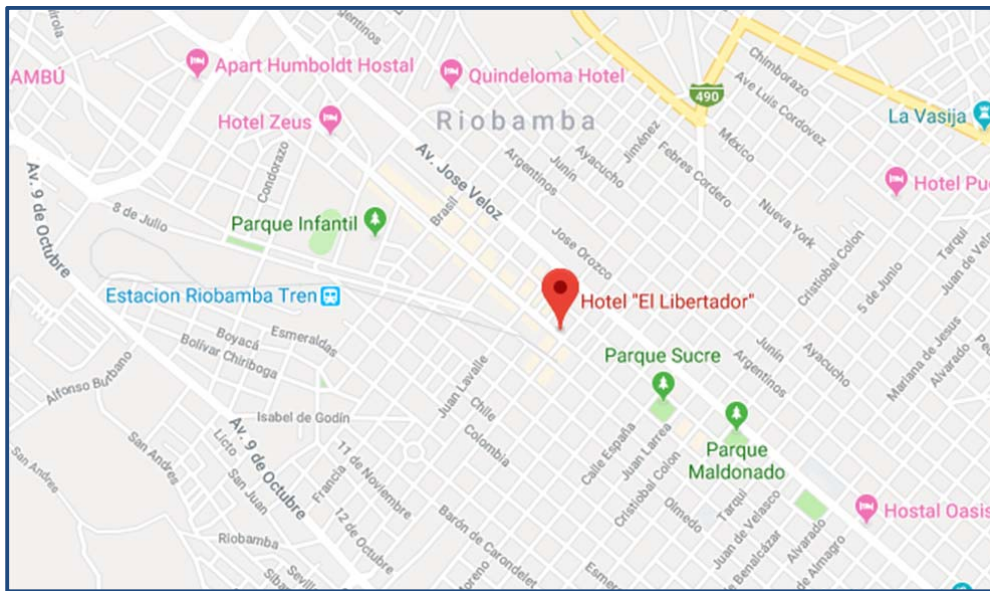


Figura.1 Ubicación del hotel El Libertador

Fuente: Autor

El hotel El Libertador consta de 37 habitaciones distribuidas en el Bloque A de 29 habitaciones y Bloque B de ocho habitaciones, sus instalaciones consumen energía eléctrica, agua y GLP para brindar los servicios de hospedaje a sus usuarios; los principales consumidores de energía eléctrica son: la iluminación, televisores y equipos del sistema de distribución de agua, el agua es calentada con GLP y es consumida en los servicios sanitarios.

El actual proceso de calentamiento de agua utiliza energía convencional para conservar la temperatura adecuada cuando sea requerida por los usuarios sin afectar el confort de los mismos durante su estadía. El sistema que calienta el agua está constituido por tres calefones de GLP y cinco tanques de almacenamiento. Por inspección visual se identifica que no existe aislamiento térmico en los tanques de almacenamiento de agua caliente, lo que influye en la eficiencia energética del sistema.

El sistema de distribución de agua consta de cuatro tanques de almacenamiento, un tanque elevado y un tanque cisterna en el piso de cada bloque, el tanque cisterna tiene un equipo de bombeo conformado por la bomba sin tanque hidroneumático, en el bloque A cuenta con un equipo adicional de bombeo en el tanque elevado, siendo otro consumidor de energía.

En una inspección a las instalaciones del hotel se identificó que la bomba para distribución de agua se acciona intermitentemente y en periodos muy cortos debido a que los puntos de presión están calibrados con muy poca diferencia y al inadecuado diseño del sistema.

### **Justificación de la investigación.**

El diseño artesanal para el calentamiento de agua tiene baja eficiencia al utilizar tanques de almacenamiento que no cuentan con aislamiento térmico, para lograr mantener la temperatura adecuada dentro de los tanques es necesario calentar un mayor volumen de agua lo que aumenta el consumo de GLP en este proceso. El uso de fuentes alternativas de energía reduce el costo de combustible en la operación del sistema. La energía solar es una opción que se puede utilizar para el calentamiento de agua.

La distribución de agua no cuenta con un diseño adecuado, ya que incluye equipos de bombeo para entregar el agua que proviene del tanque elevado lo que provoca un consumo adicional de energía eléctrica en este proceso. Se podría aprovechar la presión hidrostática del agua almacenada para lograr el caudal necesario en las diferentes habitaciones.

El dueño del hotel está de acuerdo en la realización de este estudio y prestará las facilidades necesarias para que se desarrolle las diferentes etapas de investigación como son toma de datos y mediciones para conocer el estado energético actual.

La respuesta a la interrogante planteada en la formulación del problema de este trabajo de investigación está en la búsqueda de soluciones prácticas relacionadas al uso eficiente de los portadores energéticos a través del diseño de un plan de mejora de eficiencia energética para dar soluciones técnicas y económicamente viable para eliminar los posibles problemas energéticos detectados, desarrollando inicialmente por el análisis, auditoría y propuesta de mejoramiento, en la cual nos permitirá establecer un conjunto de medidas que contribuyan a que el uso ineficiente de los portadores energéticos sea reducido de una forma considerable.

### **Delimitación problema y objeto**

#### **Problema de la investigación**

¿Como mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía convencional en el sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel El Libertador en la ciudad de Riobamba?

#### **Objeto de estudio**

Sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel El Libertador, en la ciudad de Riobamba.

#### **Objetivo y campo de acción**

##### **Objetivo general**

Mejorar la eficiencia energética en el sistema de distribución y calentamiento de agua mediante la modificación del diseño actual para reducir el consumo de energía convencional en el hotel El Libertador de la ciudad de Riobamba.

## **Campo de acción de la investigación**

Desarrollo de sistemas de gestión energética en el sector industrial y de servicios.

## **Objetivos específicos**

- Realizar una auditoria energética preliminar del sistema de distribución y calentamiento de agua.
- Diseñar un sistema de distribución y calentamiento de agua que disminuya el consumo de energía convencional.
- Elaborar un estudio económico de la propuesta de mejora.

## **Sistema de tareas por objetivos específicos**

*Tabla.1 Tareas por objetivos específicos*

| <b>Objetivo Específico</b>   | <b>Tareas</b>   |
|--|---|
| Realizar una auditoria energética preliminar del sistema de distribución y calentamiento de agua | <ul style="list-style-type: none"><li>- Inspección visual de los elementos que constituyen el sistema.</li><li>- Registro de datos de placa de los equipos que consumen energía.</li><li>- Medición de valores para determinar el consumo real de energía en los equipos y comparación con los datos de placa.</li><li>- Medición de los parámetros del agua fría y caliente actuales en el sistema.</li><li>- Cuantificación del consumo de los portadores energéticos mediante registros del hotel.</li><li>- Elaboración de un balance energético para determinar la cantidad necesaria de energía del proceso.</li><li>- Cálculo de la eficiencia energética del sistema de calentamiento de agua</li></ul> |

| Objetivo Específico   | Tareas  |
|---|---|
| Diseñar un sistema de distribución y calentamiento de agua que disminuya el consumo de energía convencional | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Búsqueda de la bibliografía relevante de sistemas de distribución y calentamiento de agua energéticamente eficientes.</li> <li>- Planteamiento de una propuesta de modificación al proceso actual que reduzca el uso de energía convencional.</li> <li>- Selección de los equipos necesarios para el nuevo proceso.</li> <li>- Determinación de la cantidad de energía convencional que se requerirá en el nuevo proceso.</li> </ul> |
| Elaborar un estudio económico de la propuesta de mejora.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración del presupuesto económico que se requeriría para la ejecución de la propuesta planteada.</li> <li>- Análisis económico con respecto al tiempo de recuperación de la inversión.</li> </ul>  |

*Fuente: Autor*

### **Hipótesis de investigación**

Un plan de mejora de eficiencia energética permitirá reducir el consumo de energía convencional en el sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel El Libertador, en la ciudad de Riobamba.

### **Paradigmas o enfoques epistemológicos que asume la investigación**

El paradigma cuantitativo tiene como finalidad asegurar la precisión o el rigor que tiene la ciencia, busca las causas reales de los fenómenos para poder explicarlos, controlarlos y predecirlos. Se basa en estadísticos, fenómenos observables susceptibles de medición, análisis matemáticos y control experimental.

El paradigma cualitativo se utiliza para fenómenos que no pueden explicarse desde el punto de vista cuantitativo, busca la comprensión del fenómeno y profundiza en los diferentes hechos motivos de los hechos.

En esta investigación se utilizará el paradigma cualitativo y cuantitativo para comprobar la hipótesis mediante la realización de encuestas, entrevistas y mediciones de los indicadores de cada una de las variables, además sobre la base de este diagnóstico se establecerán conclusiones, descripciones de los resultados de la investigación.

## CAPITULO I MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

La finalidad de éste capítulo es presentar la información correspondiente a términos que intervienen en el proceso de distribución y calentamiento de agua en el Hotel el Libertador y su asociación con la eficiencia energética.

### 1.1. Antecedentes de estudio

El uso de energías renovables en un hotel reduce el costo en el uso de energías convencionales y facilita la sustentabilidad, se requiere de una inversión inicial y el mantenimiento anual es mínimo. (Aguilar Viveros, 2011).

El trabajo del autor aprovecha la energía solar para el calentamiento del agua que se utiliza en un hotel, se relaciona con este trabajo ya que se busca mejorar la eficiencia del sistema y reducir los costos de operación del uso de combustible mediante la instalación de colectores solares.

En el proyecto realizado en los hoteles Foxa, se logra un aporte equivalente a 34,3 tep/año de energía limpia y renovable. Disminuye el impacto ambiental por la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, por un aproximado a 150,5 toneladas al año. Y define que este tipo de proyectos se puede replicar en otras instalaciones hoteleras. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2002).

El IDAE ejecuta un proyecto para aprovechar la energía solar y así mejorar la eficiencia energética dentro de los diferentes hoteles de la cadena Foxa. Se analiza los resultados obtenidos y se cuantifica la disminución en las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.

“Los colectores solares de tubos de vacío que se comercializan para el Ecuador no tienen las características necesarias para que trabajen con una eficiencia superior al 80% ya que fueron diseñados para otra localización y diferentes condiciones ambientales”, sin embargo analíticamente al reducir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío con respecto a la horizontal de 45° (ángulo del colector en estudio) a 20°, va a aumentar en un 23% la capacidad de captación solar, lo que obviamente va a mejorar la eficiencia del colector entre un 15% y un 20%. (Calle, 2010).

Este trabajo se relaciona con la investigación a realizarse debido a que analiza los equipos existentes en el mercado para el calentamiento de agua a través de energía solar y recomienda el ángulo de inclinación de los colectores para la mayor eficiencia en el proceso.

El diseño para un sistema de distribución de agua en una edificación con el uso de un tanque elevado y aprovechar la energía potencial para llegar a los puntos de distribución. (Aguirre, 2015).

El uso de este tipo de sistemas eliminaría el uso de equipos de bombeo y mejoraría la eficiencia energética, ya que en la investigación a realizarse adicional al tanque elevado existe equipos de bombeo hacia la red de distribución.

## **1.2. Fundamentación teórica**

Para el desarrollo de este proyecto se debe clarificar ciertos términos y equipos como se detallan a continuación:

### *1.2.1. Auditoría energética*

Una auditoría energética consiste en conocer los portadores energéticos hacia los sistemas evaluados, así como un análisis de los diferentes consumidores. El desarrollo de una auditoría energética es el paso inicial para disminuir el consumo de energía en un proceso o sistema implementado anteriormente.

La auditoría energética de un hotel es la mejor herramienta para la implementación de un plan de acción, y puede tener cinco fases, (Nuñez, 2004):

- Inventario de puntos de consumo.
- Cálculo de consumo óptimo.
- Distribución del consumo real.
- Oportunidades de ahorro.
- Costos de energía y alternativas.

En el caso en estudio se trata de evaluar los portadores energéticos que intervienen para el sistema de distribución y calentamiento de agua, consumo de GLP y de energía eléctrica.

### *1.2.2. Eficiencia energética*

“La eficiencia energética consiste en reducir la cantidad de energía requerida para proporcionar los mismos productos y servicios, buscando la generación de energías renovables y protegiendo el medio ambiente. La consecuencia de la eficiencia energética es el ahorro energético, que se traduce en una mayor eficiencia y menor consumo de energía”, (Acciona).

Al mantener la cantidad y calidad del producto o servicio prestado pero con la disminución del uso de energía adicional se puede reducir los costos operativos de los procesos. Sin embargo la implementación de un sistema que priorice el uso de energías renovables implica un mayor costo en la inversión inicial.

Mejorar la eficiencia energética en el sistema de distribución y calentamiento de agua generará un ahorro en los costos del hotel, además de generar reducción de la contaminación en la ciudad Riobamba.

### *1.2.3. Sistema de Gestión Eficiente de Energía*

Un sistema de Gestión Eficiente de Energía utiliza herramientas de trabajo, las cuales permiten realizar diagnósticos energéticos capaces de detectar las pérdidas que se producen en el sistema, para posteriormente establecer medidas de ahorro y conservación de energía.

Para elevar la eficiencia energética hay dos vías fundamentales no excluyentes entre sí:

- Mejor gestión energética y buenas prácticas de consumo.
- Tecnología y equipos eficientes.

Cualquiera de las dos contribuyen a disminuir el consumo de energía pero las dos juntas permiten alcanzar la máxima eficiencia, (Martínez, 2014).

En el primer caso la inversión es menor pero también se reduce la capacidad de ahorro de energía y están inmersos los hábitos de consumo, la segunda vía requiere inversiones más costosas, pero el potencial de ahorro es más alto y asegura mayor permanencia en los mismos.

Entre las herramientas básicas que se pueden utilizar en gestión de energía para determinar las condiciones de operación típicas en una empresa e indicadores de comparación se tiene:

- Diagrama de Pareto
- Histogramas
- Selección ponderada
- Diagrama causa y efecto
- Diagrama de dispersión estratificación
- Gráficos de control

#### *1.2.3.1. Diagrama de Pareto*

Está inspirado en el principio pocos vitales y muchos útiles, es decir la Ley 80-20, que interpreta que del total de problemas que causan la ineficiencia energética de una empresa, solo unos cuantos de ellos afectan de manera vital su competitividad, mediante una representación gráfica o tabular permite identificar en una forma decreciente los aspectos que se presentan con mayor frecuencia o bien que tienen una incidencia o peso mayor para establecer en dónde se deben concentrar los mayores esfuerzos en el análisis de las causas de un problema, (Restrepo, 2003).

Dentro del estudio se analizará los principales consumidores de energía del sistema de distribución y calentamiento de agua, se cuantificará y optimizará los que representen una mejora tanto en la eficiencia energética como en la reducción significativa de costos.

#### *1.2.3.2. Gráficos de control*

Son diagramas lineales que representan el comportamiento de una variable en función de ciertos límites, entre ellos se encuentra el gráfico de consumo y producción en el

tiempo, el gráfico se realiza para cada portador energético importante a nivel de la empresa, área o equipo (Martínez, 2014).

#### *Utilidad de los gráficos E-P vs. T*

- Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

#### *Variaciones anormales en el gráfico E-P vs. T*

Generalmente debe ocurrir que un incremento de la producción produce un incremento del consumo de energía asociado al proceso y viceversa. Comportamientos anómalos son:

- Incrementa la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.
- La razón de variación de la producción y el consumo.

#### *1.2.4. Balance energético*

El balance energético consiste en realizar un análisis de los portadores de energía al ingreso del proceso y los diferentes consumidores durante su desarrollo. Una vez que se cuenta con estos dos parámetros se puede lograr el cálculo de la eficiencia energética.

Dentro del balance energético se incluye también las pérdidas que se tienen en un proceso, estas pérdidas se reflejan en calor, fricción u otros.

Se realizará un balance energético del sistema de calentamiento de agua para determinar la energía que se consume en el mismo así como las pérdidas energéticas asociadas al proceso. El balance se realizará en los calentadores y tanques de almacenamiento de agua caliente.

### *1.2.5. Energía convencional*

Se refiere a todo tipo de energía que se ha utilizado a través del tiempo hasta la actualidad tanto para la producción de energía eléctrica o para el desarrollo de algún proceso energético. Parte de esta energía es la producida por combustibles fósiles como el GLP.

En el sistema de distribución y calentamiento de agua se tiene el uso de GLP en los calentadores de agua.

### *1.2.6. Transferencia de calor*

La transferencia de calor es un proceso de intercambio de energía entre cuerpos de diferentes temperaturas tomando en cuenta la rapidez con la que esto ocurre, existen tres modos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación.

#### *1.2.6.1. Conducción*

Es el transporte de energía térmica de una región de alta temperatura a una de baja temperatura entre medios que se encuentra en contacto físico directo, se utiliza la ley de Fourier de la conducción de calor para determinar la rapidez de transferencia de calor que fluye por unidad de tiempo de una superficie isotérmica (Valenzuela, 2003)

Dentro del sistema de calentamiento se tiene conducción de calor a través de las paredes de los tanques de almacenamiento de agua caliente, y en las paredes de las tuberías.

#### *1.2.6.2. Convección*

Es un modo de transferencia de calor cuya energía térmica se transmite de una región de alta temperatura a una de baja temperatura, entre un medio sólido con un fluido en contacto físico directo, se utiliza la ley de Newton, donde la rapidez de transferencia de calor está relacionada con la diferencia de temperaturas entre la pared y el fluido y el área de la superficie (Valenzuela, 2003)

En este caso la convección se tiene entre las paredes externas de los tanques y el aire ambiente, ya que los tanques no cuentan con aislamiento, de igual manera entre el agua y las paredes internas de la tubería y tanques.

#### 1.2.7. *Propiedades termodinámicas del agua*

Las propiedades termodinámicas del agua son características propias del fluido y que son observables, estas varían de acuerdo a la temperatura y presión a la que se encuentre el sistema o proceso, entre las principales se tienen:

- Volumen.
- Densidad.
- Entalpía.
- Entropía.

Se requiere conocer las propiedades del agua en cada una de las temperaturas de estudio para evaluar las diferencias y energía requerida para lograr este cambio.

#### 1.2.8. *Cantidad de agua requerida*

Es el volumen total de fluido que se necesita consumir para satisfacer las necesidades de los usuarios, la NEC 11 capítulo 16 determina la cantidad de agua que se requiere según el uso específico del edificio, en este caso al tratarse de un hotel se utiliza el dato correspondiente para hoteles hasta tres estrellas de acuerdo a la Tabla 1.1.

*Tabla 1.1 Dotaciones para edificaciones de uso específico*

| <b>Tipo de edificación</b>       | <b>Unidad</b>                      | <b>Dotación</b> |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Bloques de viviendas             | L / habitante / día                | 200 a 350       |
| Bares, cafeterías y restaurantes | L / m <sup>2</sup> área útil / día | 40 a 60         |
| Camales y planta de faenamiento  | L / cabeza                         | 150 a 300       |
| Cementerios y mausoleos          | L / visitante / día                | 3 a 5           |
| Centro comercial                 | L / m <sup>2</sup> área útil / día | 15 a 25         |

| <b>Tipo de edificación</b>                          | <b>Unidad</b>                      | <b>Dotación</b> |
|---|------------------------------------|-----------------|
| Cines, templos y auditorios                         | L / concurrente / día              | 5 a 10          |
| Bloques de viviendas                                | L / habitante / día                | 200 a 350       |
| Consultorios médicos y clínicas con hospitalización | L / ocupante / día                 | 500 a 1 000     |
| Cuarteles   | L / persona / día                  | 150 a 350       |
| Escuelas y colegios                                 | L / estudiante / día               | 20 a 50         |
| Hospitales  | L / cama / día                     | 800 a 1 300     |
| Hoteles hasta 3 estrellas                           | L / ocupante / día                 | 150 a 400       |
| Hoteles de 4 estrellas en adelante                  | L / ocupante / día                 | 350 a 800       |
| Internados, hogar de ancianos y niños               | L / ocupante / día                 | 200 a 300       |
| Jardines y ornamentación con Recirculación          | L / m <sup>2</sup> / día           | 2 a 8           |
| Lavanderías y tintorerías                           | L / kg de ropa                     | 30 a 50         |
| Mercados  | L / puesto / día                   | 100 a 500       |
| Oficinas  | L / persona / día                  | 50 a 90         |
| Piscinas  | L / m <sup>2</sup> área útil / día | 15 a 30         |
| Prisiones   | L / persona / día                  | 350 a 600       |
| Sala de fiesta y casinos                            | L / m <sup>2</sup> área útil / día | 20 a 40         |
| Servicios sanitarios públicos                       | L / mueble Sanitario / día         | 300             |
| Talleres, industrias y agencias                     | L / trabajador / jornada           | 80 a 120        |
| Terminales de autobuses                             | L / pasajero / día                 | 10 a 15         |
| Universidades                                       | L / estudiante / día               | 40 a 60         |
| Zonas industriales, agropecuarias y fábricas*       | L / s / Ha                         | 1 a 2           |

\* La dotación de agua para el consumo industrial, agropecuario y fábricas deberá verificarse según el tipo de producción y proceso a desarrollar particularmente en su manufactura en cada caso.

*Fuente:* (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2011)

### 1.2.9. Caudal de agua

Es la cantidad de agua que circula a través de una tubería y que será utilizada en los diferentes puntos de consumo, tomando en cuenta lo que indica la NEC 11 para cada uno de los aparatos sanitarios.

### 1.2.10. Presión de agua

La presión de agua está definida como la fuerza que esta ejerce al momento de transitar por el interior de una tubería, es un parámetro fundamental para que el usuario final cuente con el mejor servicio dentro de las instalaciones del hotel. Una baja presión podría causar que algunos equipos como calentadores de agua no funcionen de forma adecuada.

En la Tabla 1.2 se detalla la información que recomienda la NEC para los datos de caudal y presión en los diferentes aparatos sanitarios:

*Tabla 1.2 Caudal y Presión por aparato sanitario*

| Aparato Sanitario       | Caudal instantáneo mínimo (l/s) | Presión (mca) |        | Diámetro según NTE INEN 1369 (mm) |
|-------------------------|---------------------------------|---------------|--------|-----------------------------------|
|                         |                                 | Recomendada   | Mínima |                                   |
| Bañera / tina           | 0,30                            | 7,0           | 3,0    | 20                                |
| Bidet                   | 0,10                            | 7,0           | 3,0    | 16                                |
| Calentadores / calderas | 0,30                            | 15,0          | 10,0   | 20                                |
| Ducha                   | 0,20                            | 10,0          | 3,0    | 16                                |
| Fregadero cocina        | 0,20                            | 5,0           | 2,0    | 16                                |
| Fuentes para beber      | 0,10                            | 3,2           | 2,0    | 16                                |
| Grifo para manguera     | 0,20                            | 7,0           | 3,0    | 16                                |

| Aparato Sanitario                     | Caudal instantáneo mínimo (l/s) | Presión (mca) |        | Diámetro según NTE INEN 1369 (mm) |
|---------------------------------------|---------------------------------|---------------|--------|-----------------------------------|
|                                       |                                 | Recomendada   | Mínima |                                   |
| Inodoro con depósito                  | 0,10                            | 7,0           | 3,0    | 16                                |
| Inodoro con fluxor                    | 1,25                            | 15,0          | 10,0   | 25                                |
| Lavabo                                | 0,10                            | 5,0           | 2,0    | 16                                |
| Máquina de lavar ropa                 | 0,20                            | 7,0           | 3,0    | 16                                |
| Máquina de lavar vajilla              | 0,20                            | 7,0           | 3,0    | 16                                |
| Urinario con fluxor                   | 0,50                            | 15,0          | 10,0   | 20                                |
| Urinario con llave                    | 0,15                            | 7,0           | 3,0    | 16                                |
| Sauna, turco ó hidromasaje domésticos | 1,00                            | 15,0          | 10,0   | 16                                |

*Fuente:* (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2011)

#### *1.2.11. Presión hidrostática*

Es la fuerza que ejerce una columna de líquido en este caso agua debido a la altura que tiene sobre un nivel de referencia, esta presión es proporcional a la altura.

La presión hidrostática en este caso permitirá evaluar la necesidad de contar con un equipo de bombeo a la salida del tanque elevado.

#### *1.2.12. Suministro de agua por gravedad*

Es un sistema o red de agua que se encarga de entregar el fluido a los diferentes puntos de consumo, utiliza energía potencial para su funcionamiento es decir está formado por un tanque de almacenamiento a una altura suficiente, es utilizado cuando el suministro de la red es intermitente logrando entregar agua a sus consumidores en todo momento y con la misma calidad en flujo y presión.

Este tipo de sistemas busca optimizar el uso de la energía al retirar equipos de bombeo y aprovechar la fuerza de la gravedad para la distribución del agua.

### *1.2.13. Sistema de depósitos bajo – alto*

Los tanques de almacenamiento de agua son elementos fundamentales en una red de abastecimiento de agua potable, la demanda de este fluido en diferentes horas de consumo exige un abastecimiento oportuno del mismo por lo que conviene mantener aproximadamente constante el caudal, para lo cual se puede utilizar un tanque elevado, en este caso muchas veces la presión de la red de distribución no cuenta con la energía necesaria para llegar al nivel del tanque por lo que se construye un tanque de almacenamiento a nivel del piso llamado cisterna y con un equipo de bombeo se eleva el líquido.

Ambos depósitos deben contar con la dimensión adecuada y ser construidos de tal forma que evite que el agua tenga contacto con el entorno para que no se ensucie. El sistema con el que se cuenta en el hotel dispone de dos depósitos para contar con el agua suficiente para brindar el mejor confort a sus usuarios.

### *1.2.14. Dimensionamiento de tanques*

El volumen con el que se construye los tanques de almacenamiento debe cumplir con el mínimo requerido para satisfacer el requerimiento de todos los usuarios del sistema. Su dimensionamiento se basa en el consumo mínimo diario. La NEC 11 indica que el depósito bajo debe lograr almacenar el 60 % del total de agua y el tanque elevado el 40 % restante.

Los valores que se obtendrán respecto al dimensionamiento de tanques servirán para verificar si los mismos cuentan con las dimensiones adecuadas según la norma ecuatoriana.

### *1.2.15. Equipos hidroneumáticos*

Son equipos indispensables en el suministro hidráulico en los edificios, están formados por una bomba y un tanque de presión neumático que eleva la presión al agua para que se pueda trasladar a una mayor distancia o altura que la red de ingreso local y deben ser ubicados en la parte baja de los edificios. La presión del equipo debe ser mayor que la

altura del tanque elevado y las pérdidas por fricción en la tubería de transporte entre los dos tanques.

Es necesario contar con este tipo de equipos para lograr el abastecimiento de agua en el tanque elevado del hotel.

### 1.2.16. Temperatura adecuada del agua

La temperatura del agua depende del tipo de aparato en el que se va a consumir, en el caso del hotel se utiliza en la bañera y lavamanos. En la tabla 1.3 se indica la temperatura que recomienda la NEC para cada aparato y tipo de edificio.

Tabla 1.3 Temperaturas y consumos de agua en aparatos sanitarios

| <b>Tipo de edificación</b>  | <b>Aparato</b>   | <b>Temperatura (°C)</b> | <b>Consumo por llenado (l)</b> | <b>Tiempo de llenado (minutos)</b> |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Vivienda                    | Bañera           | 38                      | 150                            | 15                                 |
|                             | Bidet            | 35                      | 5                              | 2                                  |
|                             | Ducha            | 40                      | 45                             | 6                                  |
|                             | Lavamanos        | 35                      | 2                              | 2                                  |
| Casas de salud y hospitales | Bañera           | 38                      | 250                            | 4                                  |
|                             | Baño de asiento  | 38                      | 60                             | 2                                  |
|                             | Baño medicinal   | 36                      | 200                            | 3                                  |
|                             | Ducha            | 38                      | 100                            | 5                                  |
|                             | Hidromasaje      | 36                      | 600                            | 5                                  |
|                             | Lava brazos      | 40                      | 30                             | 25                                 |
|                             | Lava pies        | 40                      | 35                             | 20                                 |
|                             | Para esterilizar | 85 a 90                 | ---                            | ---                                |
| Hoteles y restaurantes      | Bañera           | 38                      | 200                            | 15                                 |
|                             | Ducha            | 38                      | 60                             | 6                                  |
|                             | Lavamanos        | 35                      | 6                              | 1                                  |

*Fuente:* (Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2011)

### *1.2.17. Calentadores de agua de almacenamiento*

Son equipos termodinámicos que utilizan energía para elevar la temperatura del agua de acuerdo a los diferentes usos que se le puede dar a este fluido entre ellos limpieza, aseo personal en duchas y lavabos, lavandería, cocina entre otros.

Un calentador de agua mantiene el agua caliente en un depósito a la temperatura adecuada para satisfacer las necesidades de los usuarios, pueden utilizar diferentes combustibles lo que permite que existan varios tipos de calentadores de agua como los que se indican a continuación:

#### *1.2.17.1. De gas*

El calentamiento del agua se produce por medio de un quemador de GLP, este tipo de calentadores tienen una eficiencia del 50 % al 60 % ya que el calentamiento se produce de forma lenta. Deben contar con una válvula de seguridad e instalarse en un lugar externo para que los gases de escape puedan ser expulsados al ambiente, ya que son nocivos para el ser humano.



*Figura 1.1 Calentador de gas*

*Fuente: Autor*

#### *1.2.17.2. Eléctricos*

Tienen una mayor eficiencia que los calentadores de gas, cuentan con una resistencia interna a 110 V ó 220 V que calienta el agua dentro del depósito, el tanque cuenta con aislamiento térmico para evitar que el agua almacenada en su interior se enfríe por el medio ambiente.

Por razones de seguridad es necesario aterrizar el tanque a una malla de puesta a tierra.



*Figura 1.2 Calentador eléctrico*

*Fuente: Autor*

### *1.2.17.3. Calentadores solares*

Aprovechan la radiación proveniente del sol para calentar el agua a temperaturas normalmente inferiores a 80 °C. Los calentadores solares cuentan con materiales eficientes para la absorción de la radiación y transmisión de calor, además del efecto invernadero que se produce cuando otro material es transparente a la radiación de onda corta del sol y opaco a la radiación de onda larga que emiten los cuerpos que están calientes.

### *1.2.18. Energía solar térmica*

Aprovecha el calor irradiado por el sol para elevar la temperatura en una superficie, generalmente es utilizado para la climatización de ambientes y calentamiento de fluidos. De acuerdo a la temperatura alcanzada por el fluido se puede clasificar en:

- Baja temperatura, para aplicaciones hasta 90 °C.
- Media temperatura, para aplicaciones entre 90 °C y 250 °C.
- Alta temperatura, para aplicaciones mayores a 250 °C, (Vasquez, 2007).

#### *1.2.18.1. Energía solar térmica de baja temperatura*

Este tipo de sistema es el más utilizado para aplicaciones de agua caliente sanitaria (ACS), puede implementarse en viviendas, hoteles, piscinas y otros sitios en donde se requiera de este tipo de aplicaciones. La energía solar es aprovechada mediante el uso de colectores planos para el calentamiento del fluido que atraviesa por estos equipos.

Se pueden clasificar en sistema de circulación forzada y sistemas de termosifón, (Instituto tecnológico de Canarias, 2008).

#### *1.2.19. Sistemas de termosifón*

El funcionamiento de este sistema se basa en la diferencia de temperaturas del agua fría del tanque de almacenamiento y el agua caliente del captador, el agua con mayor temperatura disminuye su densidad y peso específico, y una mayor altura del tanque de agua fría empuja el agua caliente hacia la parte superior del captador, (Instituto tecnológico de Canarias, 2008).

El movimiento del agua se dará mientras exista una diferencia de temperaturas suficiente entre el tanque de almacenamiento y el colector. Pueden encontrarse de circuito abierto y circuito cerrado.

En la figura 1.3 se puede observar un esquema de los dos tipos de circuitos, en el circuito abierto existe una mezcla entre el agua fría y el agua caliente dentro del tanque de almacenamiento, mientras que en el circuito cerrado existe un ducto interno en el tanque por donde atraviesa el fluido caliente, esto evita el contacto entre los dos fluidos.

#### *1.2.20. Captador solar térmico*

El captador solar es el elemento del sistema encargado de recibir la energía proveniente del sol y calentar el fluido que circula en su interior. Para los sistemas de baja temperatura son de forma plana y pueden ser construidos tanto industrial como artesanalmente.

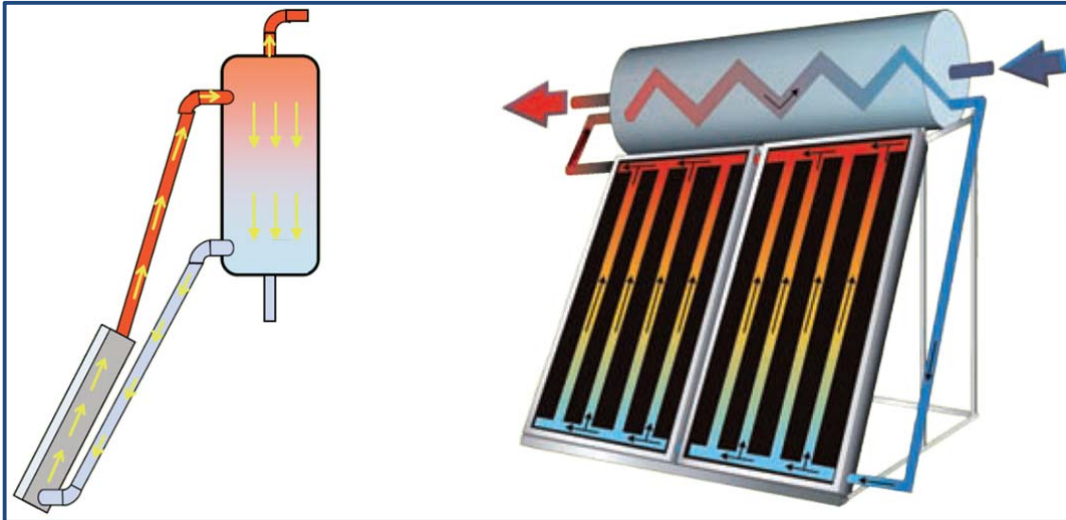


Figura 1.3 Circuitos de un sistema de termosifón

Fuente: (Instituto tecnológico de Canarias, 2008)

Está constituido principalmente por cuatro partes que corresponden a:

- Superficie transparente.
- Parrilla absorbente.
- Aislamiento térmico, y
- Caja protectora.

En la figura 1.4 se muestra la sección de la construcción de un captador solar y sus elementos.

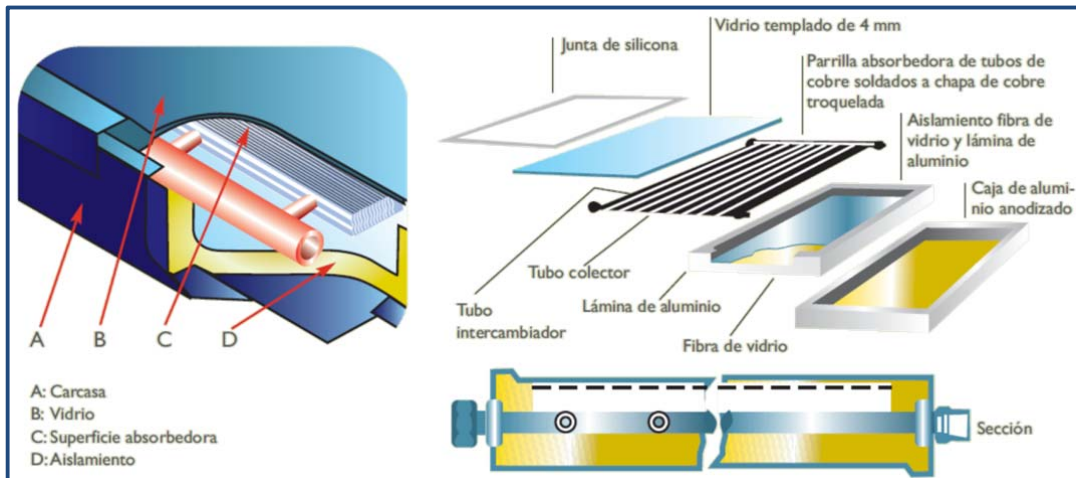


Figura 1.4 Elementos de un captador solar térmico

Fuente: (Instituto tecnológico de Canarias, 2008)

### 1.2.21. Bombas centrífugas de agua

Las bombas centrífugas son equipos rotativos que toman el agua de un tanque de almacenamiento y elevan la presión del líquido por medio de un impulsor o impeler para transportarlo a través de un sistema de distribución hacia sus puntos de consumo o hasta otros tanques de almacenamiento.

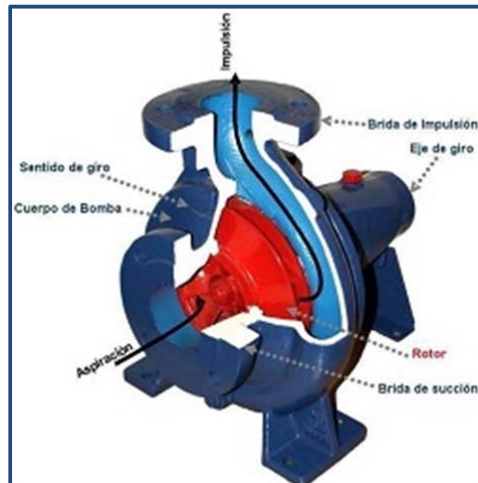


Figura 1.5 Bomba centrífuga

Fuente: (ingemecanica)

### 1.2.22. Motores eléctricos

Son equipos que transforman la energía eléctrica del que son alimentados en energía mecánica, generalmente son usados para dar el giro a otros equipos mecánicos como las bombas centrífugas, ventiladores, compresores y otros.

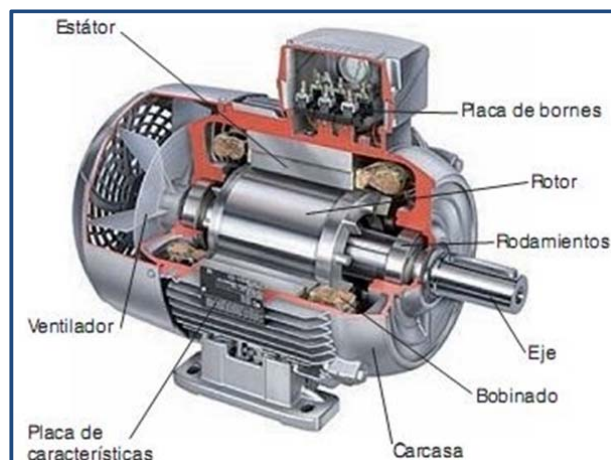


Figura 1.6 Partes de un motor eléctrico

Fuente: (Menneske, 2014)

### **1.3. Indicadores de desempeño energético**

#### *1.3.1. Desempeño energético*

Son resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de la energía. (Carretero, 2012)

#### *1.3.2. Indicadores de desempeño energético*

Es el valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo defina la organización. Los indicadores de desempeño energético pueden expresarse como una simple medida, un cociente o un modelo más complejo. (Carretero, 2012)

En numerosas ocasiones, los indicadores de desempeño coinciden con los indicadores de los procesos energéticos de la organización. Son ejemplos de este tipo de indicadores los siguientes:

- Energía eléctrica consumida / unidad producida.
- Energía térmica consumida / horas trabajadas.
- Energía producida / energía primaria consumida.
- Energía consumida / kilómetros recorrido.
- Energía consumida / tonelada transportada.
- Energía consumida / unidad de longitud de producto.
- Energía consumida / peso de producto.

### **1.4. Marco legal vigente**

El gobierno ecuatoriano a través de su política energética ha impulsado el cambio del consumo de energía de los hidrocarburos o derivados del petróleo por una energía que contamine menos como son las hidroeléctricas, centrales eólicas y de energía solar térmica y fotovoltaica.

En la constitución del Ecuador existen artículos que respaldan el uso de energías limpias, estos manifiestan lo siguiente:

**Art. 15.-** “El Estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria ni afectará el derecho al agua” (Medioambiente, 2010) .

**Art. 413.-** “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y el uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua” (Medioambiente, 2010).

Dentro de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir se encuentra:

7.7 Promover la eficiencia y una mayor participación de energías renovables sostenibles como medida de prevención de la contaminación ambiental.

Al utilizar la energía solar para el calentamiento del agua que ingresará al proceso se promueve la eficiencia energética y se disminuye el uso de los hidrocarburos, se reduce el impacto hacia el ambiente y se da cumplimiento a la política del estado ecuatoriano en los artículos 15 y 413, además se cumple el objetivo del buen vivir al utilizar energías renovables y prevención de la contaminación ambiental.

Se establecerán soluciones al problema indicado mediante alternativas que mejoren la eficiencia del sistema con el uso de energía solar en un sistema híbrido y con un análisis para mejorar los procesos que actualmente se utilizan en el hotel.

### **1.5. Conclusiones del capítulo**

Considerando la importancia de toda la información recolectada de diferentes fuentes, se concluye al final de este capítulo que se tiene un amplio conocimiento sobre conceptualización de determinados temas que en el desarrollo de este proyecto investigativo será de gran utilidad, para comprender el entorno en el que se encuentra inmerso este estudio y de esta manera poder actuar de manera óptima ante cualquier inconveniente que se presente durante el desarrollo de este proyecto.

## **CAPITULO II METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN UTILIZADA EN EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y CALENTAMIENTO DE AGUA DEL HOTEL EL LIBERTADOR**

El presente capítulo explica la modalidad que se utilizará para la toma de datos y evaluación energética de los equipos que intervienen dentro del sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel El Libertador. Es necesario conocer el consumo energético para evaluar si la cantidad de energía utilizada en el proceso es adecuada.

### **2.1. Modalidad de investigación**

El presente proyecto busca el estudio y análisis de una alternativa que mejore la eficiencia energética y disminuya el uso de la energía convencional para el sistema de distribución y calentamiento de agua, se realizará una investigación de campo para las mediciones en el lugar de algunas propiedades o características del agua en el hotel El Libertador, el consumo de energía eléctrica y combustible GLP que interviene dentro del proceso.

La investigación bibliográfica de textos que contengan estudios sobre sistemas de distribución y calentamiento con alta eficiencia energética, técnicas de construcción y mejoras desarrolladas en los diferentes prototipos o equipos construidos a nivel nacional e internacional.

Para finalizar la investigación se comprobará si se trata de un proyecto factible al generar una propuesta de mejora y verificar si económicamente es un proceso que ofrece un mejor resultado comparando la inversión inicial y la reducción en el costo operativo del proceso.

### **2.2. Tipo de investigación**

Para el desarrollo de este trabajo se va a realizar una investigación descriptiva para conocer a detalle los elementos del sistema y los problemas que disminuyen la eficiencia energética dentro del proceso.

Adicional se realizará una investigación explicativa ya que es necesario conocer experimentalmente como actúan las modificaciones planteadas para el sistema de distribución y calentamiento de agua en el consumo de energía convencional.

### **2.3. Gestión energética empresarial**

La gestión energética permite reducir los consumos a través de medidas técnico-organizativas y de baja inversión, así como organizar el control y gestión de ahorro y conservación de los portadores energéticos, identificando el grupo de soluciones técnicas más favorables a los problemas de suministro de energía. (Monteagudo, 2005)

#### *2.3.1. Etapas de implementación de un sistema de gestión energética*

- Análisis preliminar de los consumos energéticos.
- Formulación de un programa de ahorro y uso racional de la energía (Planes de Acción).
- Establecimiento de un sistema de monitoreo y control energético.

#### *2.3.2. Diagramas de consumo – producción*

Sirven para identificar si las variaciones del consumo de energía en un periodo de tiempo tienen relación con las variaciones de la producción.

#### *2.3.3. Diagramas de Pareto*

Identifica los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser los mayores consumidores de energía, mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos, la de predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución.

### **2.4. Técnicas**

En el presente proyecto de investigación se utilizarán varias técnicas que se adaptan a las variables que se desean medir y conocer con respecto al proceso de distribución y calentamiento de agua.

- **Observación:** Se necesita observar el proceso actual y en especial de los consumidores de portadores energéticos, identificar los diferentes equipos que intervienen en el proceso: calentadores de agua, equipos hidroneumáticos.

Mediante esta técnica también se evaluará el estado actual de bombas, tanques y el resto de equipo. Se verificará las rutas de las tuberías con las que se cuenta en el sistema y el tipo de aislamiento térmico con el que se cuenta en el sistema de agua caliente.

- **Entrevista:** Se requiere conocer del personal del hotel como se encuentra el proceso, el estado actual de equipos, el mantenimiento efectuado, los problemas encontrados durante el proceso. Del propietario y contador se requiere conocer el histórico de pagos en energía convencional.

La información de las entrevistas servirá para corroborar lo observado en los equipos y demás elementos del sistema de calentamiento y distribución de agua. Ayudará a entender mejor el proceso actual y el modo de operación.

- **Medición:** Se requiere medir algunas variables del proceso como son: el flujo de agua, la variación de la temperatura, presión del sistema.

La medición se realizará con instrumentos adecuados para obtener los datos necesarios que servirán en el cálculo según la bibliografía consultada.

- **Cálculo:** Con las variables medidas es necesario realizar varios cálculos para poder determinar la energía requerida y el consumo de energía convencional. Los cálculos se realizarán mediante fórmulas y ecuaciones de fluidos y termodinámica que se encuentran en la bibliografía consultada.

## 2.5. Población

En el hotel se cuenta con personal de servicio y administrativo que desempeña diferentes funciones, así como otros interventores que se indican a continuación:

- Gerente - propietario
- Contador
- Clientes

## 2.6. Determinación de variables

Las variables que se utilizarán en la siguiente investigación en base a la construcción de una matriz causa – efecto (Anexo 1) en función del problema de la investigación son:

**Independiente:** Sistema de distribución y calentamiento de agua.

**Dependiente:** Consumo de energía convencional.

### 2.6.1. Operacionalización de variables

Una vez definidas las variables dependiente e independiente se procede a generar una matriz en las que se define los conceptos, categorías y unidades de medida que servirán para tomar datos y elaboración de cálculos.

Tabla 2.1 Variable independiente: Sistema de distribución y calentamiento de agua

| Concepto   | Categoría                    | Indicadores              | Unidad             | Técnicas | Instrumentos |
|--|------------------------------|--------------------------|--------------------|----------|--------------|
| Es el proceso físico y termodinámico en dónde se eleva la temperatura del agua y se distribuye en las instalaciones del hotel. | Propiedades del agua         | Temperatura              | ° C                | Medición | Termómetro   |
|  |                              | Densidad                 | kg/ m <sup>3</sup> | Medición | Balanza      |
|  | Dimensionamiento del sistema | Volumen de tanques       | m <sup>3</sup>     | Cálculo  | Ecuaciones   |
|  |                              | Caudal                   | m <sup>3</sup> /s  | Medición | Flujómetro   |
|  |                              | Presión                  | Pa                 | Cálculo  | Ecuaciones   |
|  | Energía requerida            | Energía calórica         | kJ                 | Cálculo  | Ecuaciones   |
|  |                              | Energía eléctrica        | kW - h             | Medición | Multímetro   |
|  | Eficiencia Energética        | Porcentaje de eficiencia | %                  | Cálculo  | Ecuaciones   |

Fuente: (Propia, 2017)

Tabla 2.2 Variable dependiente: Consumo de energía convencional

| Concepto   | Categoría              | Indicadores                  | Unidad | Técnicas | Instrumentos      |
|--|------------------------|------------------------------|--------|----------|-------------------|
| Es la cantidad de energía eléctrica y GLP que se requiere en el proceso. | Portadores Energéticos | Consumo de energía eléctrica | kW-h   | Registro | Registro de datos |
|  |                        | Consumo de GLP               | Unidad | Registro | Registro de datos |
|  | Pérdida de energía     | Temperatura del agua         | ° C    | Medición | Termómetro        |
|  |                        | Temperatura del aire         | ° C    | Medición | Termómetro        |

Fuente: (Propia, 2017)

## 2.7. Métodos de Investigación

Se utilizará el método inductivo ya que se requiere investigar y analizar el agua antes y después del proceso en el sistema de distribución y calentamiento, se realizará mediciones del aire así como del consumo de electricidad y GLP que actualmente interviene en el proceso.

El método deductivo se utilizará ya que es necesario conocer a nivel general el fenómeno físico que se presenta en la distribución y calentamiento del agua, para en base a la bibliografía general diseñar un sistema energéticamente eficiente.

## 2.8. Diseño de la investigación

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará las modalidades de investigación bibliográfica, y de campo, el uso de técnicas e instrumentos propios de las modalidades indicadas para obtener los datos de consumo de energía de los equipos asociados a los sistemas de calentamiento y distribución de agua.

## 2.9. Medición de parámetros necesarios que intervienen en el proceso

Se debe conocer las propiedades del agua asociados al uso de la energía, parámetros de los equipos que intervienen en el sistema de distribución y calentamiento del agua y

otros necesarios para lograr determinar el consumo de energía actual del sistema y analizar una opción de mejora.

A continuación se describe algunos de los instrumentos que se utilizarán en la medición de los parámetros requeridos.

### *2.9.1. Medición de temperatura del agua*

Es necesario conocer las diferentes temperaturas del agua durante el proceso para comprobar si cumple los parámetros necesarios que recomienda la norma NEC 11 para el confort de los usuarios.

Las diferencia de temperaturas también son un elemento fundamental para el cálculo energético del proceso, se debe conocer la temperatura del agua fría o al ambiente, la temperatura del agua en los calentadores, en el tanque de almacenamiento y la temperatura del agua en los puntos de distribución.

La temperatura en la parte exterior de tanques y tuberías se medirá con un pirómetro marca INFRARED modelo DT8380, rango de medición de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $380^{\circ}\text{C}$ , con un rango de error de  $\pm 2\%$ .

Para medir la temperatura del agua de manera directa se utilizará un termómetro marca THOMAS SCIENTIFIC modelo KANGAROO, rango de medición de  $-58^{\circ}\text{C}$  a  $300^{\circ}\text{C}$ , con un rango de error de  $0.1^{\circ}\text{C}$ .



*Figura 2.1 Instrumentos de medición de temperatura*

*Fuente: Autor*

### 2.9.2. Medición de la presión del agua

La presión del agua es un parámetro importante para brindar el mejor servicio a los clientes, un sistema con baja presión en los puntos de distribución no contribuirá a que los clientes que hayan visitado el hotel den buenas referencias del mismo.

Para medir la presión en los puntos de distribución se utiliza un accesorio adecuado para instalar en la tubería y un manómetro marca: PAOLO con un rango de medición de 0 a 100 psi.



Figura 2.2 Instrumentos de medición de presión

Fuente: Autor

### 2.9.3. Medición del flujo de agua

El flujo de agua debe satisfacer las necesidades de los visitantes del hotel y se utiliza para el cálculo y balance energético dentro del sistema, se realiza las mediciones en los puntos de distribución.

Para medir el flujo de agua se utilizará un recipiente con un volumen determinado y medirá el tiempo con un cronómetro que se demora en llenarse el mismo, el cociente del volumen dividido para el tiempo es el valor del flujo de agua.



Figura 2.3 Medición de flujo de agua

Fuente: <http://minuevoblogexapre4.blogspot.com/>

Fuente: <https://www.amazon.es/Leap-Cron%C3%B3metro-digital-deportivo-memoria/dp/B012FQ0A7Y>

$$\dot{q} = \frac{V}{t}$$

(2.1)

Donde:

$\dot{q}$  = Flujo de agua en  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

V = Volumen de agua en  $(m^3)$

t = tiempo en (s).

#### 2.9.4. Medición de parámetros en equipos eléctricos

Dentro del proceso de distribución de agua del hotel El Libertador intervienen bombas accionadas por motores eléctricos, es necesario evaluar el estado de los mismos debido a que con el tiempo tienden a tener un mayor consumo de energía, se medirá la corriente y el voltaje por medio de una pinza amperimétrica marca: ETEKCITY, modelo: MSR-C600, rango de mediciones: 2 a 400 A y de 2 a 600 V.



*Figura 2.4 Pinza amperimétrica*

*Fuente: Autor*

### 2.9.5. Piranómetro

También llamado solarímetro y actinómetro figura 2.5 es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra. Se trata de un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar (kilovatios por metro cuadrado) en un campo de 180 grados.



*Figura 2.5 Piranómetro*

*Fuente: (Kipp y Zonen, 2015)*

Estos dispositivos utilizan el principio de detección termoeléctrica, por el que la radiación entrante es absorbida casi en su totalidad por una superficie horizontal ennegrecida, para una gama de longitudes de onda muy amplia. El incremento de la temperatura resultante se mide a través de termopares conectados en serie o en serie/paralelo para conformar la termopila.

Los piranómetros de Peltier termopila pasiva, no necesitan ninguna fuente de alimentación. El propio detector genera una pequeña tensión proporcional a la diferencia de temperatura entre la superficie de absorción negra y la carcasa del instrumento. Puesto que esta tensión es del orden de los  $10 \mu\text{V}$  (microvoltios) por  $\text{W}/\text{m}^2$ , en un día soleado la potencia generada será de unos  $10 \text{ mW}$  (miliwatios). Cada piranómetro posee una sensibilidad única, definida durante el proceso de calibración, que se emplea para convertir la señal de salida expresada en microvoltios en irradiancia global en  $\text{W}/\text{m}^2$ . (Kipp & Zonen, 2015)

## 2.10. Fundamentos matemáticos

### 2.10.1. Balance térmico en el equipo de calentamiento

Para el sistema de calentamiento de agua se elaborará un balance térmico para evaluar el uso de la energía en los diferentes equipos y analizar las pérdidas generadas, estos resultados servirán para definir los planes de acción que mejoren la eficiencia energética.

El agua se calienta por medio de calefones tipo serpentín que utiliza GLP para producir la llama que eleva la temperatura del agua, en la siguiente figura se puede observar las energías que intervienen para calentar el agua:

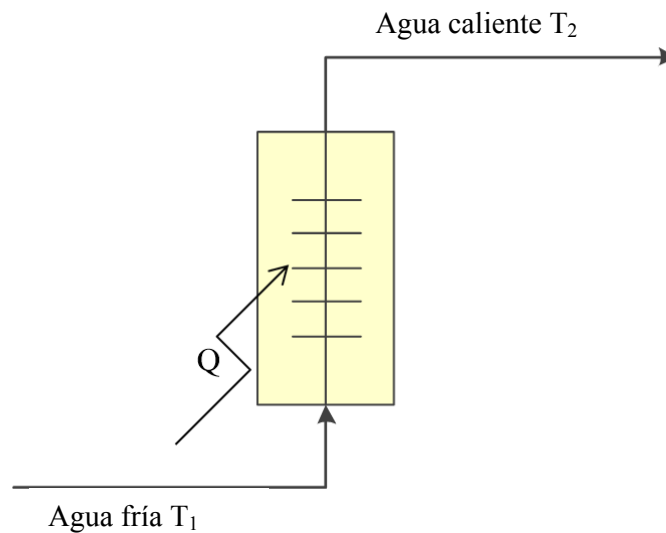


Figura 2.6 Energías en el calentador de agua

Fuente: Autor

Las siguientes ecuaciones son tomadas del libro de (Cengel & Ghajar, 2011), las mismas servirán para realizar los cálculos correspondientes al capítulo de resultados:

$$Q = m_a.C_p.\Delta T \quad (2.2)$$

Donde:

Q = Calor para calentar el agua (kW).

$m_a$  = Flujo de agua  $\left(\frac{kg}{s}\right)$ .

$C_p$  = Calor específico del agua  $\left(\frac{kJ}{kg^\circ K}\right)$ .

$\Delta T$  = Variación de la temperatura del agua, en este caso  $T_2 - T_1$  ( $^\circ K$ ).

El calor o energía que recibe el calentador desde el combustible es igual al consumo de gas por el poder calorífico.

$$Q_g = m_g.P_c \quad (2.3)$$

Donde:

$Q_g$  = Calor generado por el gas (kW-h)

$m_g$  = Masa de gas (kg)

$P_c$  = Poder calorífico del gas  $\left(\frac{kW-h}{kg}\right)$

### *2.10.2. Balance térmico en el tanque de almacenamiento de agua caliente*

El tanque de almacenamiento no dispone de aislamiento térmico que disminuya las pérdidas de calor hacia el ambiente exterior, estas pérdidas representan un mayor consumo de energía para calentar nuevamente el agua y así mantener estable la temperatura en el tanque.

El balance térmico en este equipo se representa a continuación en donde se identifica la pérdida de calor – energía en el mismo.

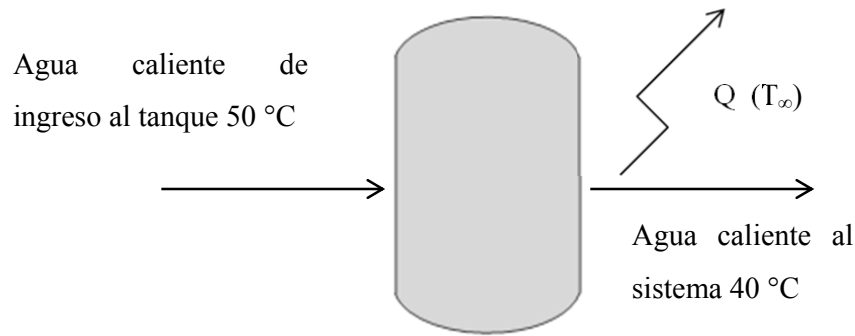


Figura 2.7 Pérdidas de calor en el tanque de almacenamiento

Fuente: Autor

$$Q = h \cdot A_s \cdot \Delta T \quad (2.4)$$

Donde:

Q = Calor que se pierde por convección (W).

h = Es el coeficiente promedio de transferencia de calor por convección  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$ .

$A_s$  = Área de transferencia de calor ( $m^2$ ).

$\Delta T$  = Variación de la temperatura entre la pared del tanque de almacenamiento y el ambiente, en este caso  $T_s - T_\infty$  ( $^{\circ}K$ ).

### 2.10.3. Coeficiente de convección del tanque de almacenamiento de agua caliente

Para el cálculo del coeficiente de convección natural se tiene que considerar las siguientes correlaciones:

#### - Cilindro vertical

Un cilindro puede tratarse como placa vertical cuando:

$$D \geq \frac{35L}{Gr^{\frac{1}{4}}} \quad (2.5)$$

Donde:

D = Diámetro del cilindro (m)

L = Longitud característica de configuración geométrica (m)

Gr= Número de Grashof

- **Número de Grashof**

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) L^3}{\nu^2} \quad (2.6)$$

Donde:

$g$  = Aceleración de la gravedad en  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$\beta$  = Biot, coeficiente de expansión volumétrica  $\left(\frac{1}{^\circ K}\right)$

$T_s$  = Temperatura en la superficie ( $^\circ K$ )

$T_\infty$  = Temperatura del ambiente ( $^\circ K$ )

$L$  = Longitud característica de configuración geométrica (m)

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

- **Número de Rayleigh**

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) L^3}{\nu \cdot \alpha} \quad (2.7)$$

Donde:

$g$  = Aceleración de la gravedad en  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$\beta$  = Biot, coeficiente de expansión volumétrica  $\left(\frac{1}{^\circ K}\right)$

$T_s$  = Temperatura en la superficie ( $^\circ K$ )

$T_\infty$  = Temperatura del ambiente ( $^\circ K$ )

$L$  = Longitud característica de configuración geométrica (m)

$\nu$  = viscosidad cinemática del fluido  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

$\alpha$  = viscosidad cinemática del fluido  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

Para todos los intervalos del número de Rayleigh, el número de Nusselt se calcula con la siguiente ecuación:

- **Número de Nusselt**

$$Nu = \frac{hL}{k} = \left\{ 0,825 + \frac{0,387Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[ 1 + \left( \frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 \quad (2.8)$$

Dónde:

$h$  = coeficiente promedio de transferencia por convección  $\left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$

$L$  = Longitud característica de configuración geométrica (m)

$k$  = coeficiente de transferencia de calor por conducción  $\left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right)$

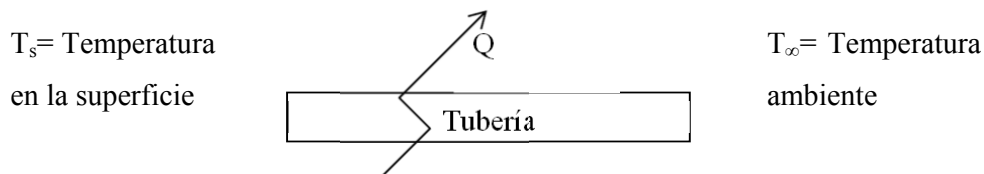
$Ra$  = Número de Rayleigh

$Pr$  = Número de Prandtl

*2.10.4. Balance térmico en las tuberías para agua caliente*

Existen tramos de tubería especialmente en los tanques de almacenamiento y en la distribución al edificio que no cuentan con aislamiento térmico para evitar la fuga de calor hacia el ambiente. Dado que se manejan diámetros de tubería pequeños de hasta dos pulgadas es necesario calcular estas pérdidas para conocer su impacto en la eficiencia energética del sistema.

El balance energético que predomina sobre las tuberías se representa en el siguiente gráfico:



*Figura 2.8 Pérdidas de calor en el tanque de almacenamiento*

*Fuente: Autor*

$$Q = h \cdot A_s \cdot \Delta T \quad (2.9)$$

Donde:

Q = Calor que se pierde por convección (W).

h = Es el coeficiente promedio de transferencia de calor por convección  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$ .

A<sub>s</sub> = Área de transferencia de calor (m<sup>2</sup>).

ΔT = Variación de la temperatura entre la pared del tanque de almacenamiento y el ambiente, en este caso T<sub>s</sub> – T<sub>∞</sub> (°K).

#### 2.10.5. Coeficiente de convección en tuberías para agua caliente

Varía con respecto al cálculo del coeficiente en el tanque por su disposición y forma, las tuberías son tomadas como cilindros horizontales, Si el número de Rayleigh es menor o igual que 10<sup>12</sup> se calcula el número de Nusselt con la siguiente ecuación.

##### - Número de Nusselt

$$Nu = \frac{hL}{k} = \left\{ 0,6 + \frac{0,387Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[ 1 + \left(\frac{0,559}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 \quad (2.10)$$

Donde:

h = coeficiente promedio de transferencia por convección  $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$

L = Longitud característica de configuración geométrica (m)

k = coeficiente de transferencia de calor por conducción  $\left(\frac{W}{m \cdot ^\circ K}\right)$

Ra = Número de Rayleigh

Pr = Número de Prandtl

#### 2.10.6. Rendimiento de los calentadores de agua y sistema de calentamiento

Para el cálculo de la eficiencia del calentador se considera la energía que entrega al sistema el combustible y la energía que llega al sistema, (Creara, 2011).

$$n = \frac{\text{Energía que llega al sistema}}{\text{Energía que entrega el combustible}} \times 100 \quad (2.11)$$

### 2.10.7. Caudal máximo probable QMP

Este cálculo se realiza de acuerdo a lo que indica la norma NEC 11 para estimación de caudales de agua fría:

$$Q_{MP} = k_s \cdot \sum q_i \quad (2.12)$$

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F \left( 0,04 + 0,04 \times \log(\log(n)) \right) \quad (2.13)$$

Donde:

n = Número total de aparatos servidos

k<sub>s</sub> = Coeficiente de simultaneidad, entre 0,2 y 1,0

q<sub>i</sub> = Caudal mínimo de los aparatos suministrados (l/s), Tabla 1.2

F = Factor que toma los siguientes valores:

F = 0, según Norma Francesa NFP 41204

F = 1, para edificios de oficinas y semejantes

F = 2, para edificios de habitaciones

F = 3, hoteles, hospitales y semejantes

F = 4, edificios académicos, cuarteles y semejantes

F = 5, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores

### 2.10.8. Volumen mínimo de agua caliente

En una instalación de agua caliente centralizada, de acuerdo a la norma NEC 11 se calcula el volumen mínimo de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V_W = \frac{(T_s - T_{in})}{(T_{out} - T_{in})} V_d \quad (2.14)$$

Donde:

V<sub>w</sub> = Volumen de agua acumulado, capacidad del termo (l)

$V_d$  = Volumen de agua demandada para consumo (l)

$T_s$  = Temperatura de uso del agua en el mueble sanitario °C

$T_{in}$  = Temperatura del agua fría que ingresa en el sistema °C

$T_{out}$  = Temperatura del agua a la salida del calentador °C

### 2.10.9. Energía requerida para el calentamiento de agua

Una vez conocido el volumen mínimo de agua se procede a calcular la energía de acuerdo a la norma NEC 11 con la siguiente ecuación:

$$E_r = V_w(T_{out} - T_{in}) \quad (2.15)$$

Donde:

$E_r$  = Energía útil requerida (kcal)

$V_w$  = Volumen de agua acumulado, capacidad del termo (l)

$T_{in}$  = Temperatura del agua fría que ingresa en el sistema °C

$T_{out}$  = Temperatura del agua a la salida del calentador °C

### 2.10.10. Potencia caorífica para el calentamiento de agua

La norma NEC 11 indica que se calcula con la siguiente ecuación:

$$Pot_{ca} = \frac{E_r}{0,9t_{pro}} \quad (2.16)$$

Donde:

$Pot_{ca}$  = Potencia calorífica  $\left(\frac{kcal}{h}\right)$

0,9 = Factor de rendimiento de la potencia de la resistencia.

$t_{pro}$  = Tiempo necesario para calentar el agua ( $V_w$ ) (h).

## 2.11. Consumo de energía eléctrica

Los equipos que utilizan energía eléctrica dentro de este sistema son las bombas de los tres equipos hidroneumáticos.

### *2.11.1. Cálculo de la potencia y energía eléctrica*

La forma más sencilla conocer la potencia de los motores eléctricos que intervienen dentro del sistema es identificando los datos de placa de cada uno de los equipos. La potencia eléctrica al ser multiplicada por el tiempo de uso de los equipos resulta el consumo de energía.

$$E = P.t \tag{2.17}$$

Donde:

E = Energía eléctrica consumida (kW-h).

P = Potencia del equipos (kW).

t = Tiempo de funcionamiento de los equipos (h).

### *2.11.2. Medición de parámetros eléctricos*

Para conocer el estado de los equipos eléctricos se realizará la medición del voltaje y la corriente los cuales se compararán con los datos de placa de los equipos y así definir si los mismos cumplen con los establecidos por el fabricante.

Adicional se puede calcular la potencia a partir de los parámetros medidos.

$$P = V.I.\cos\phi \tag{2.18}$$

En donde:

P = Potencia activa (kW).

V = Voltaje (V).

I = Corriente (A).

$\cos\phi$  = Factor de potencia

## **2.12. Cálculo de la presión hidrostática**

El cálculo de la presión hidrostática viene dado por la ecuación:

$$P = \delta.g.h \tag{2.19}$$

En donde:

P = Presión del agua (kPa).

$\delta$  = densidad del líquido  $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ .

g = gravedad del agua  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$ .

h = altura con respecto al nivel de referencia (m).

### **2.13. Diseño del sistema de calentamiento mediante energía solar**

El diseño se lo hará para un hotel y estará adaptado a una construcción ya existente. El dimensionamiento de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y en caso de que exista, al volumen de acumulación solar para la aplicación a la que está destinada la instalación.

Para el cálculo del dimensionado de instalaciones es necesario conocer la demanda energética para el calentamiento de agua y la radiación solar que se tiene en el lugar. (Peñañiel & César, 2012)

Para determinar la energía neta captada por metro cuadrado de colector, se debe considerar su rendimiento.

El área de captación necesaria se calcula según

$$A_{cap} = \frac{D_{ACS}}{I \cdot n} \tag{2.20}$$

En donde:

A<sub>cap</sub> = Área de captación (m<sup>2</sup>).

D<sub>ACS</sub> = Demanda energética para agua caliente (kW).

I = Radiación solar  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ .

n = Rendimiento del colector solar.

### 2.13.1. Determinación del número de colectores solares

Se lo puede realizar a través de un método analítico de cálculo termodinámico de relación de demanda energética anual y la energía anual aprovechada, como involucra el cálculo de energía neta aportada, se requerirá el cálculo de radiación solar total del transcurso del año obteniendo valores globales mensuales y aplicar un criterio conservador de selección de la cantidad de radiación, estos datos serán proporcionados por la estación meteorológica de la ESPOCH.

El número de captadores necesario se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Número de colectores necesarios} = \frac{\text{Área necesaria de captación}}{\text{Área del modelo elegido}} \quad (2.21)$$

### 2.13.2. Cálculo de potencia solar que se recibe en el sistema.

La potencia que se recibe del sol en el sistema es igual a la radiación solar por el número y área de colectores solares.

$$P_{sol} = I \cdot C \cdot A_{col} \quad (2.22)$$

Donde:

$P_{sol}$  = Potencia solar recibida en el sistema (kW)

$I$  = Radiación solar  $\left(\frac{W}{m^2}\right)$ .

$C$  = Número de colectores solares

$A_{col}$  = Area por colector solar ( $m^2$ )

## 2.14. Cálculo de indicadores de desempeño energético

Dentro del presente proyecto se utilizarán dos indicadores de para evaluar el desempeño energético que se tiene en el sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel:

### 2.14.1. Indicador de uso de energía

Este indicador determina la cantidad de uso de energía que debería utilizarse según lo norma NEC 11 en relación a la energía que se consume en los calentadores de agua, el sistema es más eficiente si se acerca al uno.

$$I_{UE} = \frac{E_{req}}{E_{pro}} \quad (2.23)$$

Donde:

$I_{UE}$  = Indicador de uso de energía.

$E_{req}$  = Energía requerida según la norma NEC 11 (kW-h)

$E_{pro}$  = Energía que se utiliza en los calentadores de agua (kW-h).

### 2.14.2. Indicador de costo de producción de energía

Mediante el uso de este indicador se puede conocer el costo que se tiene para producir un kW-h en el sistema de calentamiento de agua, el mismo ayudará para tomar decisiones con respecto al cambio a realizarse en este sistema.

$$C_{PE} = \frac{CC}{E_{pro}} \quad (2.24)$$

Donde:

$C_{PE}$  = Costo de producción de energía  $\left(\frac{\$}{kW-h}\right)$

$CC$  = Costo anual de combustible (\$).

$E_{pro}$  = Energía anual que se utiliza en los calentadores de agua (kW-h).

## 2.15. Conclusiones del capítulo

- Se identificó la mejor metodología para este proyecto, la misma que permita encaminar de buena manera el desarrollo de esta investigación.

- Los fundamentos matemáticos seleccionados para el análisis de las condiciones y eficiencia del sistema actual de calentamiento de agua están respaldados con la información obtenida, los cuales nos permite definir los diferentes tipos de variables físicas que tengan incidencia en el funcionamiento del sistema.
- Una vez identificadas las variables físicas a ser estudiadas en este proyecto, para determinar el estado funcional actual del sistema de calentamiento de agua, se determina las condiciones, procedimientos y equipos para la toma de muestras de estas.

### CAPITULO III: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La finalidad del presente capítulo es analizar y evaluar energéticamente el sistema de distribución y calentamiento de agua en el hotel El Libertador, con estos resultados conocer el consumo actual de energía convencional y la eficiencia energética del sistema.

#### 3.1. Evaluación energética del sistema de distribución y calentamiento de agua

El proceso de distribución de agua fría cuenta con una cisterna ubicada en el piso inferior, una bomba centrífuga impulsa el agua hacia un tanque de almacenamiento elevado. Desde el tanque se alimentan dos equipos hidroneumáticos uno para la distribución de agua fría y otro que se dirige hacia los tanques de almacenamiento de agua caliente. En la siguiente figura se encuentra el esquema del proceso:

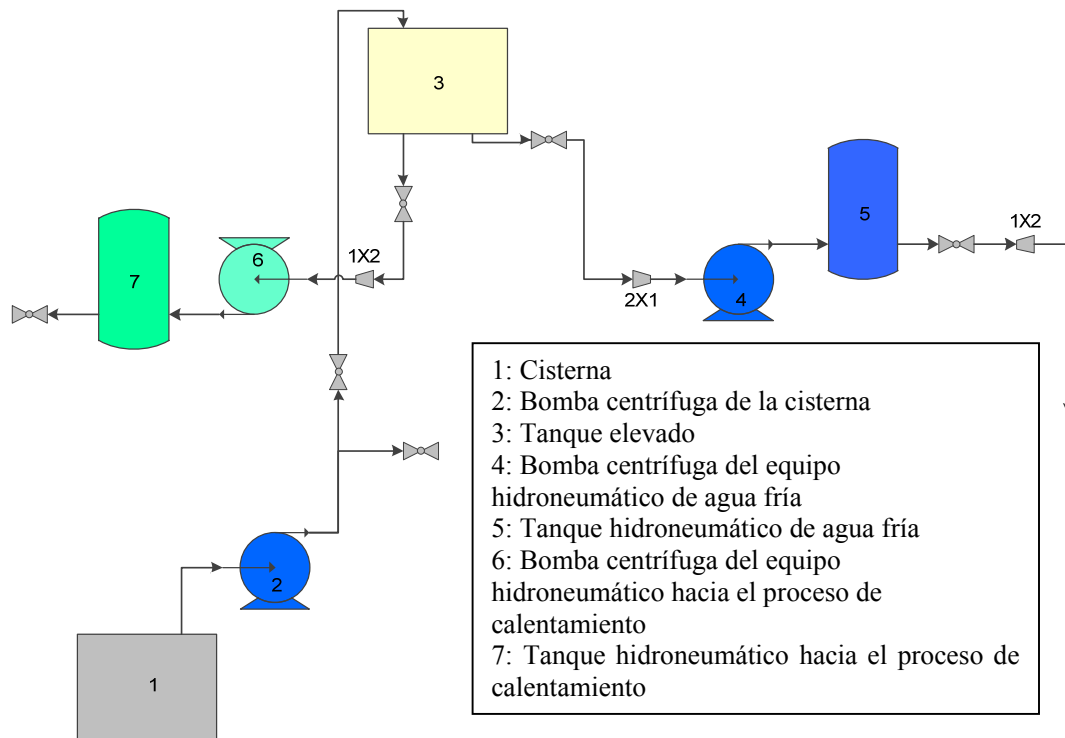


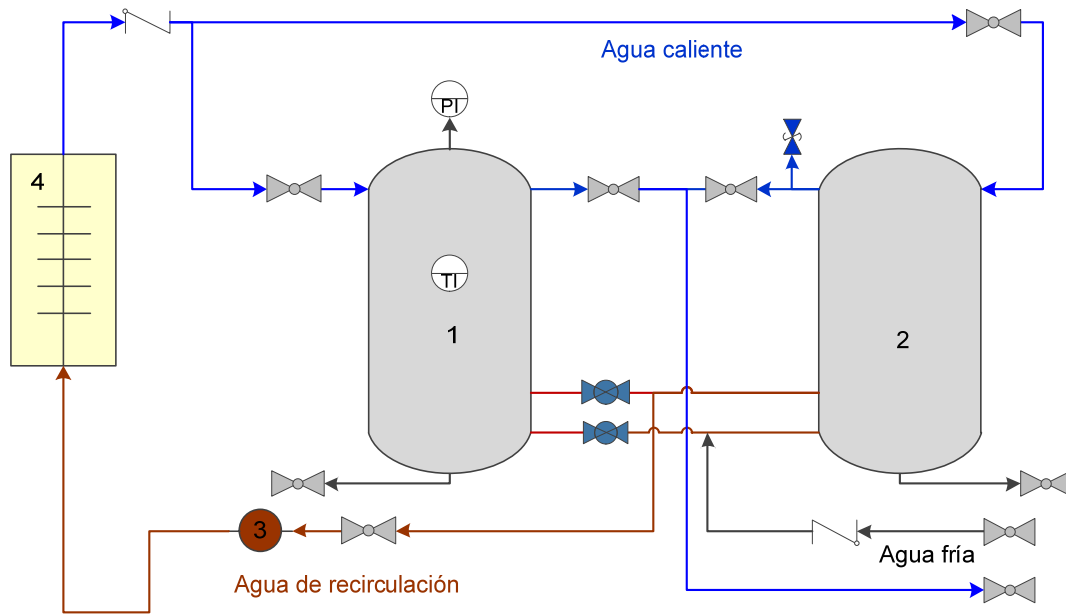
Figura 3.1 Proceso de distribución de agua fría

Fuente: Autor

El proceso de calentamiento de agua está compuesto por dos equipos en paralelo, cada uno cuenta con un calentador, dos tanques de almacenamiento y una bomba, además de

válvulas e instrumentación para controlar el proceso. El agua fría se recibe desde el equipo hidroneumático del tanque 7 y alimenta la parte inferior de los tanques de almacenamiento.

El agua hacia los puntos de consumo se obtiene de la parte superior de los tanques y se conectan entre sí para que exista una similitud en las propiedades térmicas del agua en cada uno de los tanques. El esquema a continuación representa el proceso de calentamiento:



- 1 y 2: Tanques de almacenamiento de agua caliente
- 3: Bomba para recirculación de agua
- 4: Calentador de agua mediante GLP

Figura 3.2 Proceso de calentamiento de agua

Fuente: Autor

A continuación se describe los datos obtenidos en cada uno de los equipos que se encuentran dentro del sistema de distribución y calentamiento de agua.

### 3.1.1. Cisterna

La cisterna se encuentra ubicada a nivel de piso, cuenta con una bomba que succiona el agua que se encuentra acumulada y la transporta a través de una tubería hasta el tanque elevado, las dimensiones de la cisterna se indican en la siguiente figura:

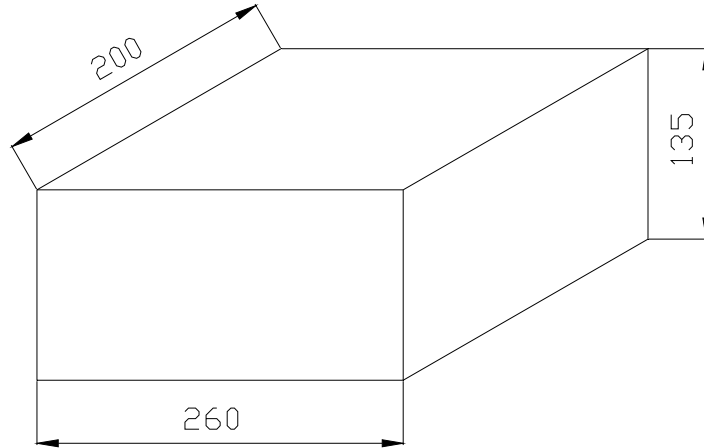


Figura 3.3 Dimensiones de la cisterna en cm

Fuente: Autor

### 3.1.2. Bomba centrífuga

El funcionamiento de la bomba correspondiente a la cisterna depende del nivel de agua del tanque elevado, cuando el nivel en este tanque es bajo se enciende para poder llenarlo nuevamente.



Figura 3.4 Bomba de agua de la cisterna

Fuente: Autor

Los datos de la bomba son:

Tabla 3.1 Datos de placa de bomba de la cisterna

| Parámetro    | Valor              |
|--------------|--------------------|
| Marca        | ANGELC             |
| Modelo       | STP – 80           |
| Voltaje      | 110 V              |
| Potencia     | 1 HP = 0,75 kW     |
| Altura       | 66 m               |
| Flujo máximo | $55 \frac{l}{min}$ |

Fuente: Autor

### 3.1.3. Tanque elevado

El tanque elevado se encuentra sobre la terraza y cuenta con las dimensiones que se representa en la figura 3.5, tiene dos salidas que alimentan a un equipo hidroneumático cada una.

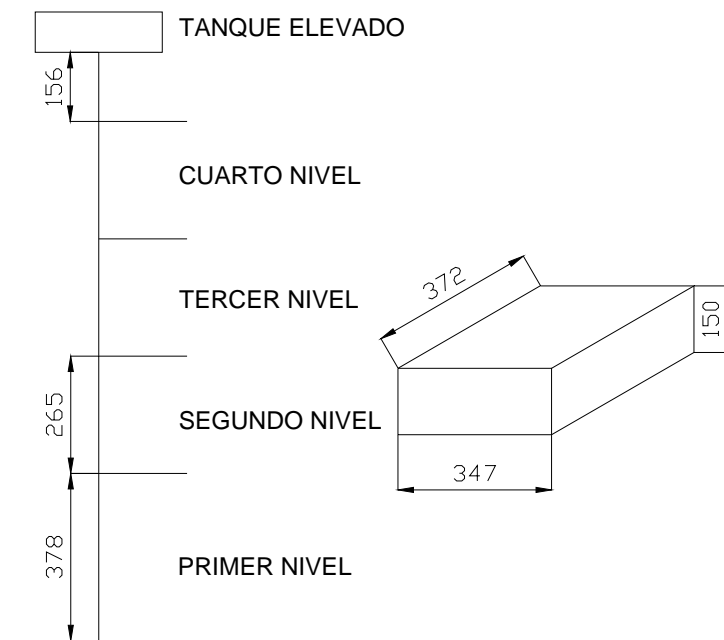


Figura 3.5 Esquema y dimensiones del tanque elevado en cm.

Fuente: Autor

#### 3.1.4. Equipos hidroneumáticos

Al momento el hotel cuenta con dos equipos hidroneumáticos el uno eleva la presión en el sistema de distribución de agua fría y el otro dirige el agua fría del tanque elevado hacia los tanques de almacenamiento de agua caliente.



Figura 3.6 Equipo hidroneumático 1 – agua fría

Fuente: Autor



Figura 3.7 Equipo hidroneumático 2 – agua caliente

Fuente: Autor

Las características de cada uno de los equipos que se indican en la placa de datos se encuentran en la tabla 3.2 y los medidos en la tabla 3.3:

Tabla 3.2 Datos de placa en equipos hidroneumáticos

| Descripción          | Equipo 1   | Equipo 2       |
|----------------------|------------|----------------|
| Marca de la bomba    | Pedrollo   | Peabody Barnes |
| Modelo de la bomba   | PKm60 – MD | 88-61427       |
| Potencia de la bomba | 0,5 HP     | 0,75 HP        |
| Altura de la bomba   | 5 a 30 m   | No dispone     |
| Voltaje              | 110 V      | 110 V          |
| Corriente            | 6,5 A      | No dispone     |

Fuente: Autor

Tabla 3.3 Datos medidos en equipos hidroneumáticos

| Descripción               | Equipo 1 | Equipo 2 |
|---------------------------|----------|----------|
| Voltaje                   | 119 V    | 108 V    |
| Corriente                 | 5,14 A   | 14 A     |
| Corriente de arranque     | 8 A      | 16.8 A   |
| Presión máxima del tanque | 20 psi   | 26 psi   |
| Presión mínima del tanque | 10 psi   | 20 psi   |

Fuente: Autor

### 3.1.5. Calentadores de agua

Al igual que los equipos hidroneumáticos para el calentamiento de agua se cuenta con dos equipos que trabajan de forma independiente, alimentados por GLP y cuya agua caliente alimenta los tanques de almacenamiento, los datos de placa se indican en la siguiente tabla:



Figura 3.8 Calentadores de agua del hotel El Libertador

Fuente: Autor

Tabla 3.4 Datos de calentador de agua

| Parámetro              | Valor                |
|------------------------|----------------------|
| Marca                  | Instamatic           |
| Modelo                 | GO 179               |
| Capacidad              | 26 l                 |
| Potencia               | 18,23 kW             |
| Gasto nominal          | 22,4 kW              |
| Presión de agua mínimo | $7 \frac{l}{min}$    |
| Presión de agua máximo | $26,3 \frac{l}{min}$ |

Fuente: Autor

### 3.1.6. Tanques de almacenamiento de agua caliente

Los tanques de almacenamiento de agua son de fabricación nacional, por cada calentador de agua se tiene dos tanques de almacenamiento conectados en paralelo.



Figura 3.9 Tanques de almacenamiento de agua caliente

Fuente: Autor

Las especificaciones de los tanques se han especificado por el conjunto de dos que forman el sistema y considerando el tanque en el cual se cuenta con salida del agua hacia las habitaciones del hotel:

Tabla 3.5 Datos medidos en tanques de almacenamiento de agua caliente

| Parámetro            | Grupo 1                       | Grupo 2                       |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Volumen de agua      | 0,6 m <sup>3</sup> por tanque | 0,6 m <sup>3</sup> por tanque |
| Aislamiento térmico  | No dispone                    | No dispone                    |
| Presión manométrica  | 40 psi                        | 40 psi                        |
| Temperatura nominal  | 40 °C                         | 40 °C                         |
| Diámetros de tubería | 25 mm                         | 25 mm                         |

Fuente: Autor

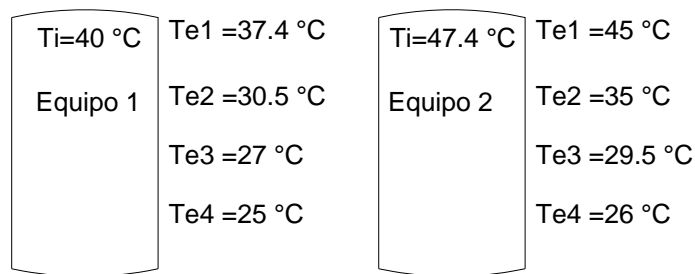


Figura 3.10 Perfil de temperaturas en los tanques acumuladores de agua

Fuente: Autor

### 3.1.7. Tuberías de distribución

Dentro de este sistema se encuentran diferentes tipos y diámetros de tuberías, a continuación se detalla cada una:

Tabla 3.6 Tuberías encontradas en el sistema de distribución y calentamiento de agua

| φ  | Fluido        | Material | Aislamiento Térmico | Observaciones   |
|----|---------------|----------|---------------------|---|
| 1" | Agua fría     | PVC      | No aplica           | De la cisterna al tanque elevado                                  |
| 2" | Agua fría     | PVC      | No aplica           | Del tanque elevado hacia equipos hidroneumáticos                  |
| 1" | Agua fría     | PVC      | No aplica           | Se reduce al ingreso y a la salida de los equipos hidroneumáticos |
| 1" | Agua caliente | PVC      | No dispone          | Dentro del proceso de calentamiento de agua                       |

| $\phi$ | Fluido        | Material | Aislamiento Térmico | Observaciones                      |
|--------|---------------|----------|---------------------|------------------------------------|
| 2"     | Agua caliente | PVC      | No dispone          | Para distribución de agua caliente |

Fuente: Autor

### 3.1.8. Artefactos sanitarios

Los artefactos sanitarios en este hotel son principalmente una ducha, un inodoro y un lavabo por habitación. Adicional se cuenta con un baño para visitas y dos lavadoras eléctricas. Los datos obtenidos en estos artefactos son:

Tabla 3.7 Datos medidos en los artefactos sanitarios

| Parámetro                 | Valor              |
|---------------------------|--------------------|
| Flujo                     | $0,13 \frac{l}{s}$ |
| Presión                   | 25 psi             |
| Temperatura agua caliente | 37 °C              |
| Temperatura agua fría     | 16 °C              |

Fuente: Autor

### 3.1.9. Cálculo de la presión hidrostática en los diferentes niveles

La presión hidrostática se calculará en cada uno de los niveles del hotel así como para el sistema de calentamiento de agua, y de esta forma conocer si se puede eliminar el uso de los equipos hidroneumáticos. Usando la ecuación 2.17 se obtiene:

Tabla 3.8 Cálculo de la presión hidrostática a en los diferentes niveles del hotel

| Altura del tanque (m)                  |                                | 16,78                      |       |
|--|--------------------------------|----------------------------|-------|
| Densidad del agua ( $\frac{kg}{m^3}$ ) |                                | 998,47                     |       |
| Gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )           |                                | 9,8                        |       |
| Nivel                                  | Altura artefacto sanitario (m) | Presión hidrostática (kPa) | (mca) |
| Nivel 1                                | 1                              | 154,407                    | 15,77 |

| Nivel              | Altura artefacto sanitario (m) | Presión hidrostática (kPa) | (mca) |
|--------------------|--------------------------------|----------------------------|-------|
| Nivel 2            | 5,78                           | 107,635                    | 10,99 |
| Nivel 3            | 8,43                           | 81,705                     | 7,66  |
| Nivel 4            | 14,08                          | 26,42                      | 5,34  |
| Calentador de agua | 16,43                          | 3,425                      | 3,72  |

Fuente: Autor

### 3.1.10. Cálculo de energía entregada al sistema de calentamiento de agua

Para el cálculo de la energía entregada se considera el consumo de GLP de seis cilindros de 15 kg por semana alta, este combustible es utilizado en los calentadores de agua del sistema de calentamiento y en base a la ecuación 2.3 se tiene.

Tabla 3.9 Cálculo de energía por consumo de GLP en semana alta

| Descripción   | Valor    |
|---|----------|
| Poder calorífico GLP $\left(\frac{kW-h}{kg}\right)$ (Anexo 2)   | 13,95    |
| Peso por cilindro de GLP (kg)                                   | 15       |
| Cilindros utilizados por semana (unidad)                        | 6        |
| Energía producida por semana $\left(\frac{kW-h}{semana}\right)$ | 1 255,50 |

Fuente: Autor

### 3.1.11. Cálculo de potencia requerida para el calentamiento de agua

El agua que ingresa en el calentador viene del tanque de almacenamiento de agua caliente pero a su vez es alimentado por el agua del tanque elevado con temperatura del agua ambiente por lo que es necesario elevar desde la temperatura ambiente a la requerida en el sistema 50 °C que al mezclarse con el agua existente entregue agua a 40 °C aproximadamente.

Medido en el hotel se obtuvo el flujo de agua correspondiente por cada ducha con lo que se calcula la potencia con el uso de la ecuación 2.2 y energía necesaria para reponer agua caliente al sistema:

Tabla 3.10 Cálculo de potencia requerida para reposición de agua caliente

| Descripción  | Valor  |
|--|--------|
| Flujo de agua (GPM)                                      | 2      |
| Densidad de agua $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$ (Anexo 3) | 994,30 |
| Flujo de agua $\left(\frac{kg}{h}\right)$                | 451,61 |
| Temperatura de ingreso (°C)                              | 16     |
| Temperatura de salida (°C)                               | 50     |
| Cp $\left(\frac{kJ}{kg^{\circ}K}\right)$ (Anexo 3)       | 4,174  |
| Potencia consumida (kW)                                  | 17,80  |

Fuente: Autor

### 3.1.12. Cálculo de pérdidas de energía en los tanques de almacenamiento de agua caliente.

Los tanques de almacenamiento de agua caliente no cuentan con un aislamiento térmico sin embargo se encuentran en un cuarto cerrado, en donde el aire dentro del cuarto se encuentra a 22 °C. se producen pérdidas al ambiente por convección natural lo que provoca que el agua se enfríe de manera lenta cuando no se ha usado el agua caliente.

En base a la figura 3.10 se ha realizado el cálculo promedio de pérdidas para uno de los tanques con el uso de las ecuaciones 2.4 a 2.8:

Tabla 3.11 Cálculo de pérdidas de energía en un tanque de almacenamiento de agua caliente

| Descripción   | Valor      |
|---|------------|
| Aceleración de la gravedad $g \left(\frac{m}{s^2}\right)$ | 9,8        |
| L (m)   | 1,32       |
| T superficie (°C)   | 32         |
| T ambiente (°C)   | 22         |
| T película (°C)   | 27         |
| $\beta \left(\frac{1}{^{\circ}K}\right)$                  | 0,00333333 |

| Descripción  | Valor    |
|--|----------|
| $\alpha \left( \frac{m^2}{s^2} \right)$ (Anexo 4)          | 2,17E-05 |
| $\nu \left( \frac{m^2}{s} \right)$ (Anexo 4)               | 1,58E-05 |
| Pr (Anexo 4)   | 0,72904  |
| Ra   | 2,19E+09 |
| Gr   | 3,01E+09 |
| Geometría cilindro $D \geq \frac{35L}{Gr}$                 | 1,97E-01 |
| Nu   | 709,33   |
| $k \left( \frac{W}{m \text{ } ^\circ K} \right)$ (Anexo 4) | 0,02566  |
| $h \left( \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ K} \right)$         | 13,79    |
| Q (W)  | 568,06   |

Fuente: Autor

Como se tiene cuatro tanques de almacenamiento de agua caliente se tiene una pérdida total de 2,27 kW y por las 24 horas de día se tiene 54,48 kW-h por día.

### 3.1.13. Cálculo de pérdidas de energía en las tuberías para de agua caliente.

La longitud de tubería que no cuenta con aislamiento térmico corresponde a seis metros, siendo una tubería de PVC con un diámetro de dos pulgadas. Con el uso de las ecuaciones 2.7, 2.9 y 2.10 se obtiene la tabla 3.12

Tabla 3.12 Cálculo de pérdidas de energía en tuberías para agua caliente

| Descripción   | Valor    |
|---|----------|
| Aceleración de la gravedad $g \left( \frac{m}{s^2} \right)$ | 9,8      |
| D (m)   | 0,0508   |
| T superficie (°C)   | 27       |
| T ambiente (°C)   | 18       |
| T película (°C)   | 22,5     |
| $\beta \left( \frac{1}{^\circ K} \right)$                   | 0,003384 |

| Descripción  | Valor      |
|--|------------|
| $\alpha \left( \frac{m^2}{s^2} \right)$ (Anexo 4)          | 2,1075E-05 |
| $\nu \left( \frac{m^2}{s} \right)$ (Anexo 4)               | 1,52E-05   |
| Pr (Anexo 4)   | 0,73095    |
| Ra   | 8,95E+04   |
| Nu   | 7,58       |
| $k \left( \frac{W}{m \text{ } ^\circ K} \right)$ (Anexo 4) | 0,025325   |
| $h \left( \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ K} \right)$         | 3,78       |
| Q (W)  | 32,57      |

Fuente: Autor

Como las pérdidas de calor se dan a lo largo del día se tiene un total de 0,78 kW-h por día, menos del 2% con respecto a las pérdidas de los tanques por lo que no se considera dentro de los cálculos de eficiencia del sistema.

#### 3.1.14. Cálculo de energía necesaria para el calentamiento de agua.

Para el cálculo de la energía requerida en el sistema de calentamiento de agua se utiliza la ecuación 2.2 y se considera el uso del hotel y el número de usuarios por día, lo que influye en el tiempo de uso de los calentadores, en este caso se tiene dos tipos de semanas, de altas visitas y de bajas visitas.

En la tabla 3.13 se indica los datos obtenidos en una semana de alta visita, como se puede observar los días de mayor consumo de energía es el fin de semana debido a que arriban al hotel tours nacionales o internacionales.

Tabla 3.13 Cálculo de consumo de energía en semana alta

|                                     | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Total por semana |
|-------------------------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|------------------|
| Número diario de usuarios           | 5     | 10     | 10        | 10     | 40      | 40     | 40      | 155              |
| Tiempo de calentamiento de agua (h) | 1     | 2      | 2         | 2      | 8       | 8      | 8       | 31               |
| Energía requerida (kW-h)            | 17,8  | 35,6   | 35,6      | 35,6   | 142,4   | 142,4  | 142,4   | 551,8            |
| Pérdidas tanques (kW-h)             | 54,53 | 54,53  | 54,53     | 54,53  | 54,53   | 54,53  | 54,53   | 381,71           |

|                            | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Total por semana |
|----------------------------|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|------------------|
| <b>Total diario (kW-h)</b> | 72,33 | 90,13  | 90,13     | 90,13  | 196,93  | 196,93 | 196,93  | 933,51           |
| <b>Consumo de gas (kg)</b> | 6,97  | 8,69   | 8,69      | 8,69   | 18,99   | 18,99  | 18,99   | 90,00            |

Fuente: Autor

En la tabla 3.14 se indica el consumo energético en el caso de semana baja, esto se da cuando no hay tours y las visitas disminuyen.

Tabla 3.14 Cálculo de consumo de energía en semana baja

|  | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo | Total por semana |
|--|-------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|------------------|
| <b>Número diario de usuarios</b>           | 5     | 10     | 10        | 10     | 10      | 20     | 20      | 85               |
| <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | 1     | 2      | 2         | 2      | 2       | 4      | 4       | 17               |
| <b>Energía requerida (kW-h)</b>            | 17,8  | 35,6   | 35,6      | 35,6   | 35,6    | 71,2   | 71,2    | 302,6            |
| <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b>             | 47,85 | 47,85  | 47,85     | 47,85  | 47,85   | 47,85  | 47,85   | 334,95           |
| <b>Total diario (kW-h)</b>                 | 65,65 | 83,45  | 83,45     | 83,45  | 83,45   | 119,05 | 119,05  | 637,55           |
| <b>Consumo de gas (kg)</b>                 | 6,97  | 8,69   | 8,69      | 8,69   | 8,69    | 12,12  | 12,12   | 65,98            |

Fuente: Autor

En la gráfica 3.11 se puede observar la comparación del uso de energía por día en el caso de semana alta y baja. Se observa la diferencia en los días correspondientes al fin de semana debido a que los otros días el uso del hotel es similar independiente del tipo de semana.

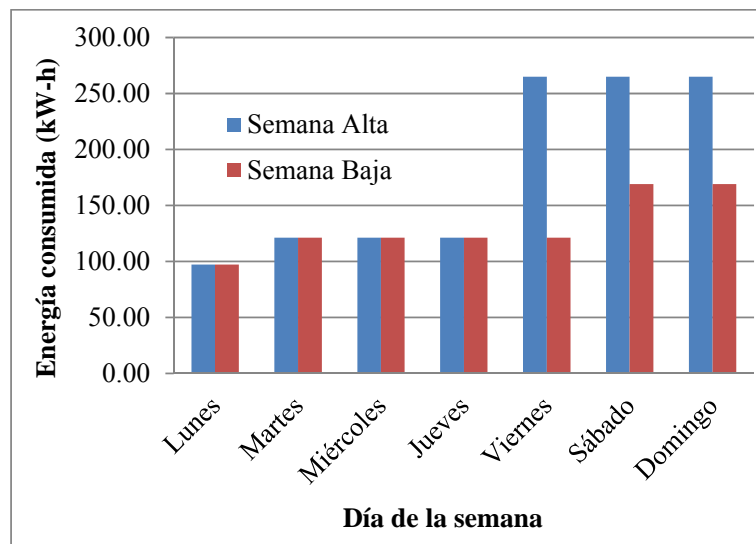


Figura 3.11 Comparación de uso de energía por tipo de semana

Fuente: Autor

En la gráfica 3.12 se encuentra el consumo de energía promedio por mes de acuerdo al número de usuarios que utilizan el hotel como se indica en el Anexo 5, en este caso se observa que existe una mayor diferencia entre el consumo de energía cuando se tiene menos número de usuarios, esto se debe a las pérdidas de energía en el tanque de almacenamiento.

El pico de consumo se tiene en el mes de abril que corresponde a las fiestas de independencia de Riobamba, es decir una mayor afluencia de visitantes a la ciudad.

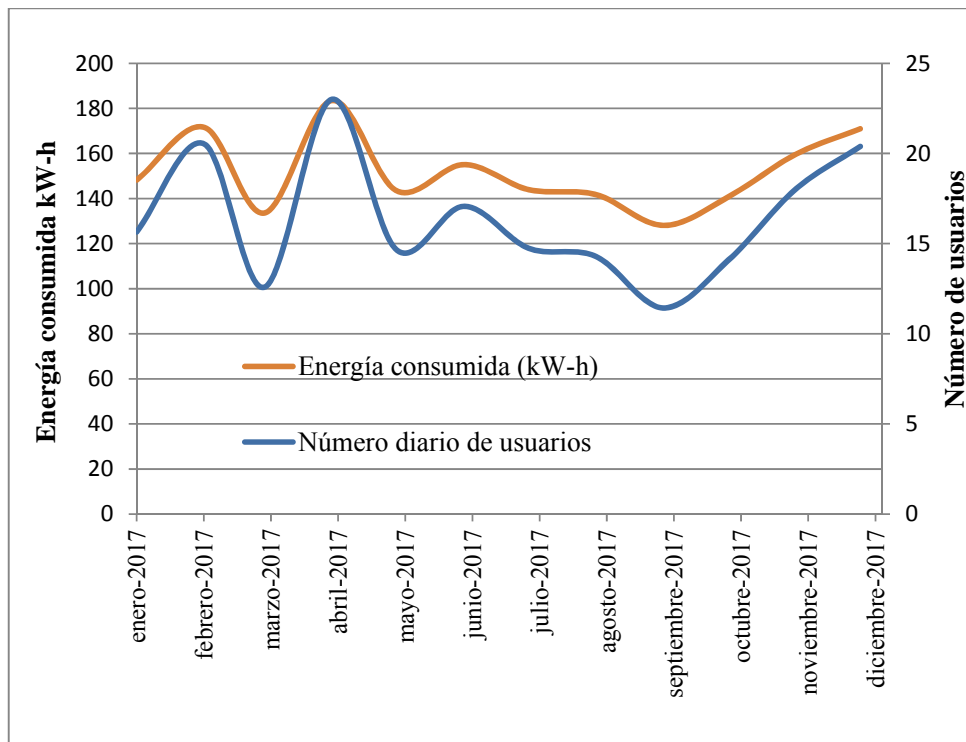


Figura 3.12 Consumo promedio de energía por mes

Fuente: Autor

La figura 3.13 representa el consumo de energía por el número de usuarios, en la misma se identifica un consumo de 73,337 kW-h si el hotel no tuviera ningún usuario en sus instalaciones.

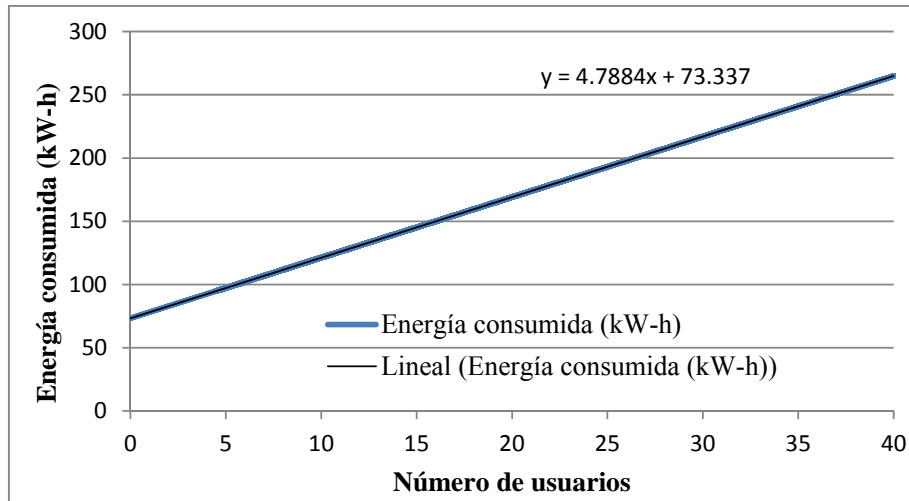


Figura 3.13 Consumo de energía por número de usuarios

Fuente: Autor

### 3.1.15. Eficiencia de los calentadores de agua y sistema de calentamiento

Para el cálculo de la eficiencia del calentador se considera la energía que entrega al sistema el combustible y la energía que llega al sistema como se indica en la ecuación 2.11:

$$n = \frac{933.51 \text{ kW} - h}{1255.5 \text{ kW} - h} = 74.35\%$$

Para la eficiencia del sistema de calentamiento se excluye de la energía que llega al sistema la que se produce por pérdidas en los tanques de almacenamiento:

$$n = \frac{551.80 \text{ kW} - h}{1255.5 \text{ kW} - h} = 43.95\%$$

Se observa una diferencia considerable en la eficiencia del sistema de calentamiento debido a las pérdidas de los tanques de almacenamiento de agua caliente.

En la figura 3.14 se representa la eficiencia energética promedio por mes del sistema por el promedio de usuarios, debido a las pérdidas de energía en los tanques se observa que el sistema es más eficiente cuando se utiliza más energía es decir se tiene más usuarios hospedados en el hotel.

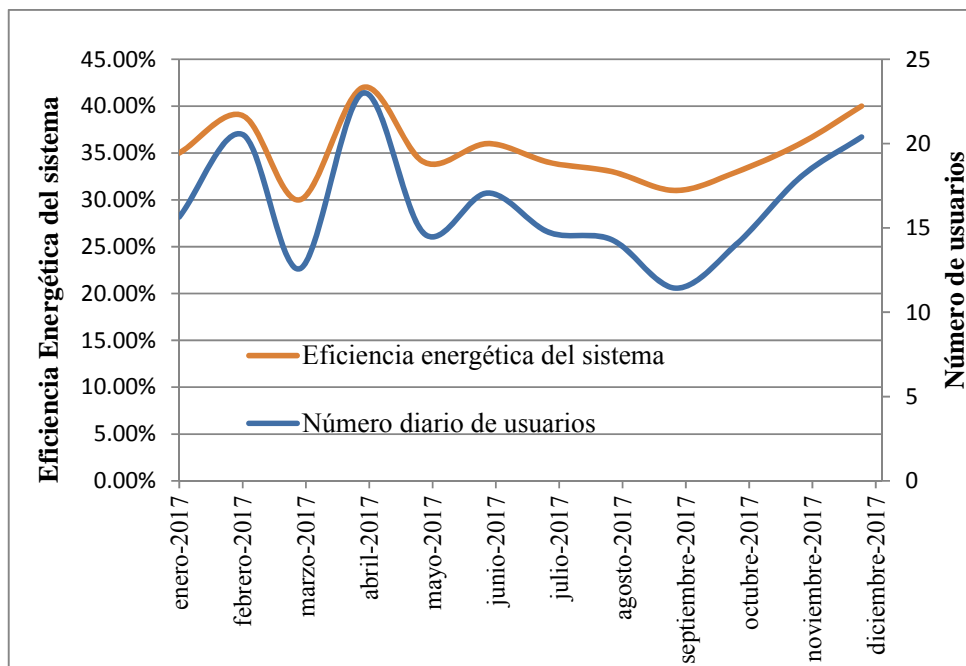


Figura 3.14 Eficiencia energética promedio por mes

Fuente: Autor

### 3.1.16. Consumo de energía eléctrica en las bombas de agua

En las siguientes tablas se encuentra el consumo de energía promedio por día dependiendo de la semana:

Tabla 3.15 Consumo de energía eléctrica en semana alta

| Equipo  | Marca          | Potencia (kW) | Tiempo de funcionamiento (h) | Energía consumida (kW-h) |
|---------|----------------|---------------|------------------------------|--------------------------|
| Bomba 1 | ANGELC         | 0.75          | 7                            | 5.25                     |
| Bomba 2 | Pedrollo       | 0.50          | 6                            | 3.00                     |
| Bomba 3 | Peabody barnes | 0.50          | 4.4                          | 2.20                     |

Fuente: Autor

Tabla 3.16 Consumo de energía eléctrica en semana baja

| Equipo  | Marca          | Potencia (kW) | Tiempo de funcionamiento (h) | Energía consumida (kW-h) |
|---------|----------------|---------------|------------------------------|--------------------------|
| Bomba 1 | ANGELC         | 0.75          | 3.5                          | 2.63                     |
| Bomba 2 | Pedrollo       | 0.50          | 3.2                          | 1.60                     |
| Bomba 3 | Peabody barnes | 0.50          | 2.4                          | 1.20                     |

Fuente: Autor

En base a los cálculos realizados en las tablas 3.15 y 3.16 se obtiene un consumo promedio de energía eléctrica por día de 10,43 kW-h en semana alta y 5,43 kW-h en semana baja.

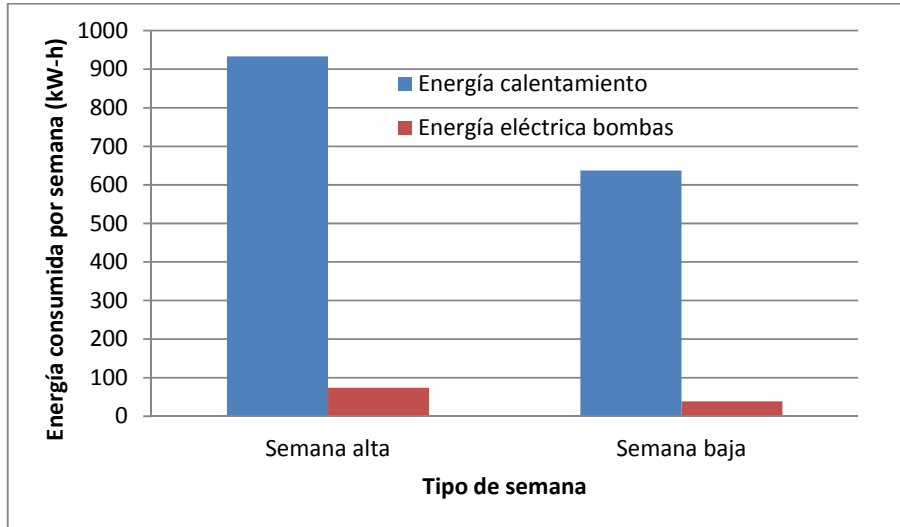


Figura 3.15 Gráfico de consumo de energía en el sistema de distribución y calentamiento de agua por tipo de semana

Fuente: Autor

En la figura 3.15 se observa que el mayor consumidor de energía dentro del sistema de distribución y calentamiento de agua es la correspondiente al consumo de GLP para calentamiento de agua. La gráfica corresponde al diagrama de Pareto en donde el porcentaje de consumo de energía con GLP es mayor al 90 %. Con este análisis se considera que el consumo de energía eléctrica en las bombas de los equipos hidroneumáticos no influye en la eficiencia energética de manera representativa por lo que no se realizará cambios para reducir su consumo.

### 3.2.Cálculo de energía con datos reales y ecuaciones de la NEC 11

Este cálculo se realiza para obtener los resultados de energía de acuerdo a la norma NEC 11 con los datos de las propiedades del agua obtenidos en campo, es decir el volumen de agua de los tanques de almacenamiento de agua caliente y el uso de las ecuaciones 2.15 y 2.16 para comparar con el cálculo termodinámico realizado anteriormente.

Tabla 3.17 Cálculo de energía con datos reales de acuerdo a la NEC-11

| Datos  | Valor    | Equivalencia |
|--|----------|--------------|
| Temperatura de uso (Ts) (°C)                     | 40       |              |
| Temperatura ingreso (Tin) (°C)                   | 16       |              |
| Temperatura de salida (Tout) (°C)                | 50       |              |
| Volumen de agua acumulado (Vw) (m <sup>3</sup> ) | 2440     |              |
| Energía Requerida (Er) (kcal)                    | 82960    | 96,42 kW- h  |
| Flujo de agua (l/min)                            | 7,57     |              |
| Tiempo de calentamiento (tpro) (h)               | 5,37     |              |
| Potencia (Pot) (kcal/h)                          | 15448,79 | 17,94 kW     |

Fuente: Autor

### 3.3. Determinación de parámetros del sistema de calentamiento y distribución de agua de acuerdo a la NEC 11

La determinación de los parámetros de acuerdo a la norma NEC 11 sirven para realizar una comparación con el sistema actual, y tomar decisiones de mejora del sistema, estos cambios dependerán del beneficio que se obtenga en cuanto a la eficiencia energética del sistema o a la reducción del consumo de energía convencional.

Adicional es necesario identificar si el sistema actual brinda el confort adecuado a los visitantes del hotel o si se debe modificar para mejorar el confort de los usuarios.

#### 3.3.1. Cálculo de volúmenes de agua fría.

Se determinará el volumen necesario para satisfacer las necesidades de los usuarios según la norma NEC 11 así como los volúmenes de los tanques de almacenamiento de la cisterna y elevado mediante el uso de la tabla 1.1, para éste cálculo se usa el promedio de volumen y un máximo uso del hotel que es de 40 personas.

Para el cálculo del caudal máximo probable se utiliza la tabla 1.2, el número de aparatos existentes en el hotel y las ecuaciones 2.12 y 2.13

Tabla 3.18 Cálculo de volúmenes de agua según norma NEC-11

| Parámetro                             | Valor  | Equivalencia       |
|---------------------------------------|--------|--------------------|
| Volumen de agua (Va) (l)              | 11 000 | 11 m <sup>3</sup>  |
| Volumen cisterna (Vc) (l) 60%         | 6 600  | 6,6 m <sup>3</sup> |
| Volumen tanque elevado (Vte) (l) 40%  | 4 400  | 4,4 m <sup>3</sup> |
| Número total de aparatos servidos (n) | 91     |                    |

| <b>Parámetro</b>                   | <b>Valor</b> | <b>Equivalencia</b>     |
|------------------------------------|--------------|-------------------------|
| Hoteles (F)                        | 3            |                         |
| Coefficiente de simultaneidad (ks) | 0,26         |                         |
| Caudal máximo probable (QMP) (l/s) | 3,28         | 11,81 m <sup>3</sup> /h |

Fuente: Autor

### 3.3.2. Cálculos para el calentamiento de agua

Para el cálculo del volumen necesario de agua caliente de acuerdo a la norma se utiliza la tabla 1.3 y las ecuaciones 2.14 a 2.16 correspondientes al consumo de energía necesario para cubrir las necesidades del máximo de usuarios en el bloque A del hotel que es de 40 personas.

El tiempo promedio de uso de agua caliente por persona es de 12 minutos, dando un total de ocho horas, adicional no se considera el uso de agua caliente en la cocina dado que la red actual no entrega el agua de este sistema a este lugar.

Tabla 3.19 Cálculo de energía para el sistema según la norma NEC 11

| <b>Parámetro</b>                          | <b>Valor</b> | <b>Equivalencia</b> |
|---|--------------|---------------------|
| Volumen de demanda de agua (Vd) (l)       | 2 640        | 2,64 m <sup>3</sup> |
| Temperatura de uso (Ts) (°C)              | 38           |                     |
| Temperatura ingreso de agua (Tin) (°C)    | 16           |                     |
| Temperatura de salida de agua (Tout) (°C) | 50           |                     |
| Volumen de agua en el depósito (Vw) (l)   | 1 708,24     | 1,71 m <sup>3</sup> |
| Energía requerida (Er) (kcal-h)           | 58 080,16    | 67,5 kW-h           |
| Tiempo de calentamiento (tpro) (h)        | 8            |                     |
| Potencia (Pot) (kcal)                     | 8 066,69     | 9,38 kW             |

Fuente: Autor

En la tabla 3.19 se encuentra un valor de energía requerido por día para las 40 personas de 67,5 kW-h y una potencia requerida en un calentador de 9,38 kW si fuera eléctrico y su eficiencia del 90 %.

### 3.4.Comparación de resultados

Con los valores obtenidos del proceso actual del sistema de distribución y calentamiento de agua y los que indica la norma se procede a comparar y analizar si las diferencias que al momento se tiene y si es aplicable o no alguna acción de corrección

Tabla 3.20 Comparativa entre parámetros reales del proceso y los valores que establece la norma

| Parámetro                      | Valor medido o calculado sistema actual | Valor calculado o indicado por la norma | Observaciones          | Acción a tomar  |
|--------------------------------|---|---|------------------------|---|
| <b>Ducha</b>                   |   |   |                        |   |
| Caudal (l/s)                   | 0,13                                    | 0,2                                     | Por debajo de la norma | Se mantiene ya que no afecta el confort de los usuarios                                       |
| Presión mayor, piso bajo (mca) | 10,99                                   | 10                                      | Cumple (Recomendada)   | Ninguna   |
| Presión menor, piso alto (mca) | 5,34                                    | 3                                       | Cumple (Mínima)        | Para lograr mayores presiones se mantiene el equipo hidroneumático                            |
| Diámetro de tuberías (mm)      | 12,7                                    | 16                                      | Por debajo de la norma | Se mantiene ya que no afecta el confort de los usuarios, adicional los accesorios son de 1/2" |
| Temperatura agua caliente (°C) | 37                                      | 38                                      | Cumple                 | Ninguna, la diferencia es mínima y no afecta el confort de los usuarios                       |
| <b>Inodoro</b>                 |   |   |                        |   |
| Caudal (l/s)                   | 0,13                                    | 0,1                                     | Cumple                 | Ninguna   |
| Presión mayor, piso bajo (mca) | 15,77                                   | 7                                       | Cumple (Recomendada)   | Ninguna   |
| Presión menor, piso alto (mca) | 5,34                                    | 3                                       | Cumple (Mínima)        | Ninguna   |
| Diámetro de tuberías (mm)      | 12,7                                    | 16                                      | Por debajo de la norma | Se mantiene ya que no afecta el confort de los usuarios, adicional los accesorios son de 1/2" |
| <b>Lavabo</b>                  |   |   |                        |   |
| Caudal (l/s)                   | 0,13                                    | 0,1                                     | Cumple                 | Ninguna   |
| Presión mayor piso bajo (mca)  | 15,77                                   | 5                                       | Cumple                 | Ninguna   |
| Presión menor piso alto (mca)  | 5,34                                    | 2                                       | Cumple                 | Ninguna   |

| Parámetro                           | Valor medido o calculado sistema actual | Valor calculado o indicado por la norma | Observaciones   | Acción a tomar  |
|-------------------------------------|---|---|---|---|
| Diámetro de tuberías (mm)           | 12,7                                    | 16                                      | Por debajo de la norma  | Se mantiene ya que no afecta el confort de los usuarios, adicional los accesorios son de 1/2" |
| Temperatura agua caliente (°C)      | 37                                      | 35                                      | Cumple  | Ninguna   |
| <b>Almacenamiento agua fría</b>     |   |   |   |   |
| Volumen del tanque cisterna (m3)    | 6,76                                    | 6,6                                     | Cumple  | Ninguna   |
| Volumen del tanque elevado (m3)     | 13,55                                   | 4,4                                     | Sobredimensionado   | Ninguna, el tanque ya está construido.  |
| <b>Almacenamiento agua caliente</b> |   |   |   |   |
| Volumen de agua (m3)                | 2,44                                    | 1,71                                    | Sobredimensionado   | Corregir, este volumen afecta el consumo de energía.  |
| Temperatura en el tanque (°C)       | 40                                      |   | Cumple  | Ninguna   |
| <b>Calentador de agua</b>           |   |   |   |   |
| Presión (mca)                       | 3,72                                    | 15                                      | Por debajo de la norma, se compensa con el equipo hidroneumático. | Ninguna   |
| Caudal (l/s)                        | 0,25                                    | 0,3                                     | Por debajo de la norma  | Ninguna, la diferencia no afecta el proceso.  |
| Diámetro de tuberías (mm)           | 19                                      | 20                                      | Por debajo de la norma  | Ninguna, la diferencia no afecta el proceso.  |
| Energía requerida (kW-h)            | 142,4                                   | 67,5                                    | Sobredimensionado   | Corregir para disminuir el consumo actual de energía  |
| Potencia (kW)                       | 17,8                                    | 9,38                                    | Sobredimensionado   | Corregir, disminuir la potencia para mejorar la eficiencia energética.                        |

Fuente: Autor

Se considera mantener el diámetro actual de las tuberías ya que el cambio de estas afecta las instalaciones y el confort de los usuarios por ser trabajos civiles, adicional estos trabajos no incurrirían en las mejoras para la eficiencia energética o reducción de uso de energía convencional.

### **3.5. Conclusiones del capítulo**

- Se calculó el uso de energía en el sistema actual, y se determinó las pérdidas de energía que se tienen en los tanques de almacenamiento de agua caliente.
- Mediante el uso de la norma NEC 11 se obtuvo valores para el sistema de calentamiento de agua en donde se puede reducir el uso de la energía y el uso del agua.
- Se realizó un cuadro de comparación entre los parámetros actuales con los que se indican por parte de la norma.

## CAPITULO IV: PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Con los valores de energía requerida para el calentamiento del agua se procede a seleccionar un equipo que ofrezca una mejor eficiencia energética en este proceso que actualmente es el mayor consumidor de energía y costo en el hotel.

El uso de energías renovables es una opción que ayudará a reducir el costo de operación y mejorará la eficiencia energética, la energía eléctrica también es más eficiente que el uso de derivados del petróleo para la producción de energía por lo que se considerará estas dos alternativas para aumentar la eficiencia energética en el sistema de distribución y calentamiento de agua.

### 4.1. Calentamiento de agua con colectores solares

#### 4.1.1. Energía solar disponible en Riobamba

A través del centro de meteorología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se obtienen los datos de la irradiancia global en  $W/m^2$  medidos desde el mes de enero a octubre del año 2017.

La institución cuenta con un piranómetro que obtiene mediciones diarias en el intervalo de una hora, con estos datos se construye la tabla 4.1 con el promedio por hora de los 10 meses medidos.

Tabla 4.1 Radiación promedio por hora en Riobamba de enero a octubre 2017

| Hora  | Radiación ( $W/m^2$ ) |
|-------|-----------------------|
| 0:00  | 0,00                  |
| 1:00  | 0,00                  |
| 2:00  | 0,00                  |
| 3:00  | 0,00                  |
| 4:00  | 0,00                  |
| 5:00  | 0,00                  |
| 6:00  | 12,00                 |
| 7:00  | 98,00                 |
| 8:00  | 272,00                |
| 9:00  | 465,00                |
| 10:00 | 649,00                |

| Hora  | Radiación (W/m <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------------------------|
| 11:00 | 753,00                        |
| 12:00 | 798,00                        |
| 13:00 | 654,00                        |
| 14:00 | 494,00                        |
| 15:00 | 365,00                        |
| 16:00 | 242,00                        |
| 17:00 | 102,00                        |
| 18:00 | 8,00                          |
| 19:00 | 0,00                          |
| 20:00 | 0,00                          |
| 21:00 | 0,00                          |
| 22:00 | 0,00                          |
| 23:00 | 0,00                          |

Fuente: (Moreno, 2018)

Con los datos de la tabla 4.1 se obtiene la figura 4.1 en donde se identifica que la mayor irradiación en la ciudad de Riobamba se produce a las 12H00 con 798 W/m<sup>2</sup>, a las 06H00 se identifican los primeros datos de radiación hasta las 18H00 que es la puesta del sol en la ciudad.

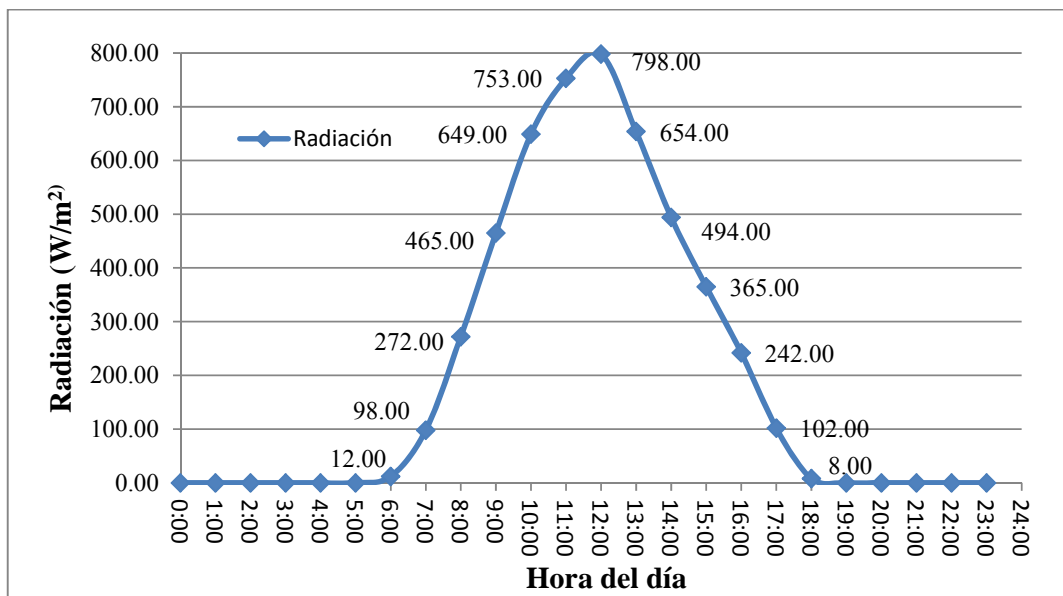


Figura 4.1 Radiación promedio por hora en Riobamba de enero a octubre 2017

Fuente: (Moreno, 2018)

La irradiación en la ciudad de Riobamba en los meses de enero a octubre 2017 se indica en la tabla 4.2, que junto a su valor promedio de 5 221.88 se representa en la figura 4.2.

Tabla 4.2 Radiación mensual en la ciudad de Riobamba

| Mes          | Radiación por mes ( $\frac{W}{m^2}$ ) |
|--------------|---------------------------------------|
| enero        | 5 112,48                              |
| febrero      | 4 815,21                              |
| marzo        | 4 520,41                              |
| abril        | 5 236,08                              |
| mayo         | 4 987,65                              |
| junio        | 5 260,97                              |
| julio        | 5 239,81                              |
| agosto       | 5 546,72                              |
| septiembre   | 5 632,42                              |
| octubre      | 5 867,06                              |
| <b>Total</b> | <b>52 218,81</b>                      |
| Promedio     | 5 221,88                              |

Fuente: (Moreno, 2018)

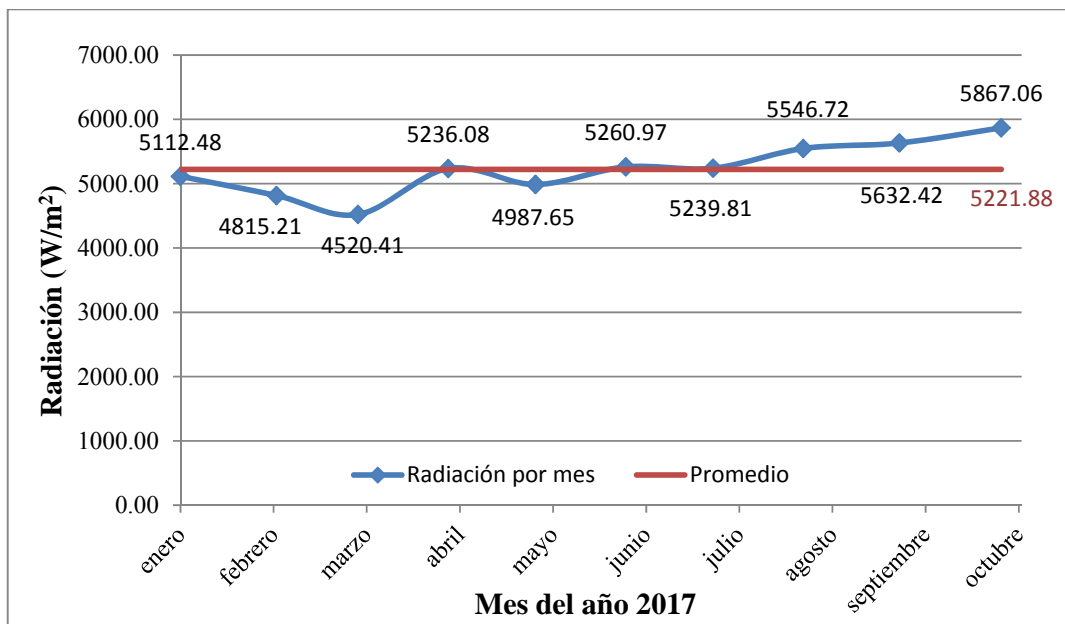


Figura 4.2 Radiación mensual en la ciudad de Riobamba

Fuente: (Moreno, 2018)

#### 4.1.2. Selección de colectores solares

La selección de colectores solares se realiza a partir de la energía que se requiere en el sistema de calentamiento, este valor de acuerdo a la norma NEC-11 es por 67,5 kW-h.

Se selecciona el calentador solar de 400 litros marca Río solar con las especificaciones de la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Especificaciones del calentador Río Solar

| Especificación                            | Valor   |
|---|---|
| Capacidad (l)                             | 400,00  |
| Material                                  | Acero inoxidable con aislamiento de poliuretano   |
| Área de captación solar (m <sup>2</sup> ) | 8,00  |
| Peso en vacío (kg)                        | 50,00   |
| Peso lleno (kg)                           | 450,00  |
| Eficiencia                                | $0,691-3,5x-12,2x^2$ $x = \frac{T_{in}-T_a}{G}$ <p>T<sub>in</sub>: Temperatura de ingreso<br/>                     T<sub>a</sub>: Temperatura ambiente<br/>                     G: Irradiación solar (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</p> |

Fuente: Río Solar

El equipo cuenta además con un controlador y resistencia eléctrica para casos que no exista la suficiente irradiación en el sitio.

La eficiencia del calentador es del 69,50% calculado de acuerdo a las especificaciones del equipo, y el tiempo de uso de 8 horas se tiene una potencia de 12,05 kW.

#### 4.1.3. Cálculo de área requerida para calentamiento de agua

El área de captación necesaria se calcula de acuerdo a la ecuación 2.18 considerando que el hotel tiene un uso a su máxima capacidad de hasta 4 días a la semana.

En la tabla 4.4 se encuentran los valores de consumo e irradiación solar por día, semana, mes y año.

*Tabla 4.4 Potencia anual requerida en el sistema y radiación solar anual*

| <b>Potencia requerida para el calentamiento de agua<br/>(kW)</b> |          | <b>Radiación Solar promedio (<math>\frac{W}{m^2}</math>)</b> |         |
|--|----------|--|---------|
| Por día  | 12,05    | 5 221,88   | Mensual |
| Por semana   | 48,20    |  |         |
| Por mes  | 192,80   | 62 662,56  | Anual   |
| Por año  | 2 313,60 |  |         |

*Fuente: Río Solar*

El área de captación de acuerdo a los datos de la tabla 4.4 es de 36,92 m<sup>2</sup>, y conocida el área de captación del calentador solar de 8 m<sup>2</sup>, se requiere 4,62 calentadores, es decir cinco calentadores solares de 400 litros.

#### *4.1.4. Análisis económico del calentamiento con colectores solares*

Los equipos solares tienen un costo unitario de \$ 1,232.10, Anexo 6, el cual incluye el quipo, la instalación y una resistencia eléctrica de 1,5 kW, el costo total por los cinco equipos se indica en la tabla 4.5. A este costo se le debe incluir el mantenimiento de \$ 50.00 por cada equipo.

Por cualquier imprevisto adicional se considera que el equipo puede requerir el uso de la resistencia eléctrica por dos horas por equipo siendo un consumo de 15 kW-h por día durante los cuatro días de mayor afluencia de usuarios en el hotel.

La vida útil de los calentadores solares suele estar en el rango de 15 a 20 años con el mantenimiento adecuado, para fines de depreciación de la inversión se realizará de forma lineal durante 15 años.

En la tabla 4.6 se reflejan el costo por operación, mantenimiento y depreciación.

Para el costo de materiales se considera el listado que se encuentra en el plano TJK – TH – 01, y el costo indicado en el Anexo 7.

Tabla 4.5 Costo de inversión en equipos solares

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| Cantidad de calentadores solares | 5                  |
| Costo por calentador             | \$ 1,232.10        |
| Costo materiales instalación     | \$ 427.34          |
| Total equipos sin IVA            | \$ 6,587.84        |
| IVA                              | 790.54             |
| <b>Total</b>                     | <b>\$ 7,378.38</b> |

Fuente: Río Solar

Tabla 4.6 Costos por operación y mantenimiento de calentadores solares

|  |                    |
|--|--------------------|
| Consumo de energía eléctrica por día (kW-h)    | 15                 |
| Consumo de energía eléctrica por semana (kW-h) | 60                 |
| Consumo de energía eléctrica por mes (kW-h)    | 240                |
| Costo de la energía eléctrica por kW-h         | \$ 0.125           |
| Costo de energía eléctrica por mes             | \$ 30.00           |
| Costo de energía eléctrica por año             | \$ 360.00          |
| Costo por mantenimiento anual                  | \$ 250.00          |
| Costo por depreciación anual                   | \$ 491.89          |
| <b>Gastos anuales</b>                          | <b>\$ 1,101.89</b> |

Fuente: Autor

Para completar el análisis económico es necesario evaluar el gasto anual del sistema actual de calentamiento con el uso de GLP. En base al Anexo 2 se tiene un gasto de 264 cilindros. Dado que el uso de este GLP no es de uso doméstico se utiliza el costo del industrial y comercial sin subsidio del estado. En la tabla 4.7 a continuación se tiene el costo por el consumo de este combustible durante el año 2 017.

Tabla 4.7 Costo de operación del sistema de calentamiento actual

|                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| Total cilindros usados en el 2 017 | 264                |
| Costo por cilindro (Anexo 8)       | \$ 18.68           |
| <b>Costo total en GLP 2 017</b>    | <b>\$ 4,931.52</b> |

Fuente: Autor

Con los valores obtenidos se procede al cálculo del VAN y TIR correspondiente para conocer si la inversión que se realizará con respecto al sistema de calentamiento con equipos solares es rentable para el propietario del hotel, la tasa de interés que se utiliza es la vigente en el Banco Central del Ecuador para diciembre 2018 (Anexo 9) y se obtiene la tabla 4.8:

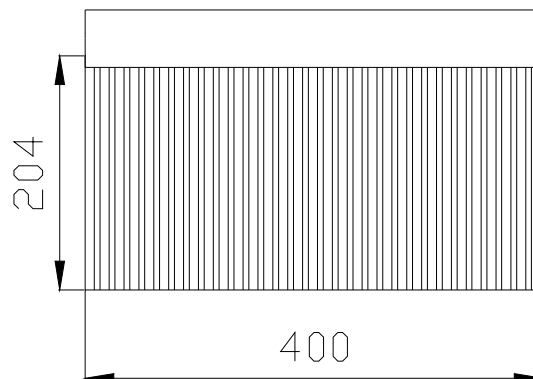
Tabla 4.8 Cálculo del VAN y TIR para los equipos de calentamiento solar

| Inversión inicial |              |             | \$ 7,378.38         |
|-------------------|--------------|-------------|---------------------|
| Año               | Ingreso      | Egreso      | Flujo de efectivo   |
| 1                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 2                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 3                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 4                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 5                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 6                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 7                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 8                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 9                 | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 10                | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 11                | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 12                | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 13                | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 14                | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
| 15                | \$ 4,931.52  | \$ 1,101.89 | \$ 3,829.63         |
|                   | <b>8.07%</b> | <b>VAN</b>  | <b>\$ 25,261.60</b> |
|                   |              | <b>TIR</b>  | <b>51.80%</b>       |

Fuente: Autor

#### 4.1.5. Disposición de los colectores solares

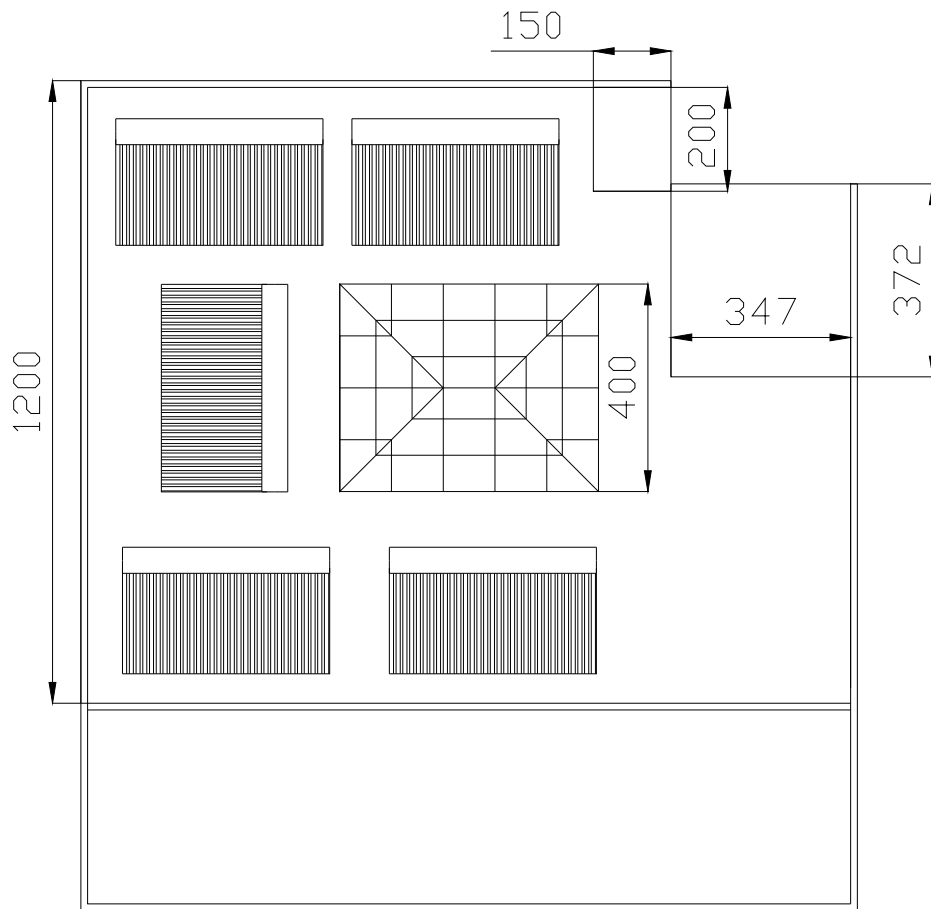
Con las dimensiones de los colectores solares y de la terraza del hotel se procede a confirmar la distribución de los calentadores en el área existente comprobándose que se cuenta con el espacio suficiente para ubicar los cinco calentadores.



Medida en centímetros

Figura 4.3 Dimensiones del calentador solar a ser instalado

Fuente: Rio solar



Medidas en centímetros

Figura 4.4 Distribución de los paneles solares en la terraza del hotel

Fuente: Autor

## 4.2. Calentamiento de agua con energía eléctrica

### 4.2.1. Selección de equipos eléctricos para calentamiento de agua

Con los valores obtenidos de energía para el sistema de calentamiento de agua de 67.5 kW-h se procede a seleccionar los calentadores eléctricos para cubrir la demanda con este tipo de energía.

Adicional al dato de energía del sistema se requiere que los calentadores cubran el volumen de agua de 1,71 m<sup>3</sup> aproximadamente 452 galones, por lo que se selecciona los calentadores de 80 galones con una potencia de 7,5 kW.

#### 4.2.2. Análisis económico

Los equipos eléctricos tienen un costo unitario de \$ 819.00, la instalación tienen un costo de \$ 500.00 adicionales, el costo total por los equipos e instalación se indica en la tabla 4.9.

Tabla 4.9 Costos de inversión de los calentadores eléctricos

|                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| Volumen calentador (Gal)           | 80          |
| Potencia (kW)                      | 7,5         |
| Tiempo de funcionamiento (h)       | 3           |
| Cantidad requerida                 | 6           |
| Costo por calentador (incluye IVA) | \$ 819.00   |
| Costo calentadores                 | \$ 4,914.00 |
| Instalación                        | \$ 500.00   |
| Costo total                        | \$ 5,414.00 |

Fuente: Autor

El tiempo que se requiere que los calentadores permanezcan encendidos para calentar el agua es de tres horas por cada uno, adicional a un costo anual de mantenimiento de \$ 15.00 por calentador. La vida útil de este tipo de calentadores es entre 10 y 15 años y depende del mantenimiento que se dé a los mismos. Para la depreciación de esta inversión se realizará de forma lineal por 15 años con lo que se obtiene la tabla 4.10 de los costos de operación, mantenimiento y depreciación.

Tabla 4.10 Costos de operación y mantenimiento calentadores eléctricos

|  |                    |
|--|--------------------|
| Energía requerida para el sistema (kW-h/día)         | 135                |
| Energía semanal (kW-h/semana)                        | 540                |
| Energía mensual (kW-h/mes)                           | 2 160              |
| Energía anual (kW-h/año)                             | 25 920             |
| Rendimiento del calentador                           | 90%                |
| Energía requerida incluido el rendimiento (kW-h/año) | 28 800             |
| Costo de energía eléctrica por kW-h                  | \$ 0.125           |
| Costo anual de energía eléctrica                     | \$ 3,600.00        |
| Costo por mantenimiento anual                        | \$ 60.00           |
| Costo por depreciación anual                         | 360.93             |
| <b>Gastos anuales</b>                                | <b>\$ 4,050.93</b> |

Fuente: Autor

Con los valores obtenidos en las tablas 4.9 y 4.10 se calcula el TIR y el VAN para analizar la inversión es factible y el tiempo de recuperación de la inversión y se muestra en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Cálculo del VAN y TIR para los equipos eléctricos

| <b>Inversión inicial</b> |                |               | \$ 5,414.00              |
|--------------------------|----------------|---------------|--------------------------|
| <b>Año</b>               | <b>Ingreso</b> | <b>Egreso</b> | <b>Flujo de efectivo</b> |
| 1                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 2                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 3                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 4                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 5                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 6                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 7                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 8                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 9                        | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 10                       | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 11                       | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 12                       | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 13                       | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 14                       | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
| 15                       | \$ 4,931.52    | \$ 4,050.93   | \$ 880.59                |
|                          | <b>8.07%</b>   | <b>VAN</b>    | <b>\$ 2,091.25</b>       |
|                          |                | <b>TIR</b>    | <b>13.98%</b>            |

Fuente: Autor

#### 4.3.Comparación de alternativas

Los dos sistemas de calentamiento propuesto pueden sustituir al sistema actual que utiliza GLP, por lo que se considera el análisis económico para seleccionar el de menor costo, de inversión, operación y mantenimiento.

Para el sistema de calentamiento con energía solar se tiene un TIR de 51,80 % para el tiempo de vida útil de los equipos, mientras que para el calentamiento con equipos eléctricos el TIR es de 13,98 %.

Al comparar estos datos se determina que el sistema de calentamiento mediante energía solar ofrece una mejor tasa de recuperación, y se selecciona el mismo.

#### **4.4. Indicadores de desempeño energético del sistema actual**

##### *4.4.1. Indicador de uso de energía*

Para este cálculo se considera la energía total utilizada en el año 2017 que se indica en el Anexo 5: 55 292,69 kW-h, y la energía requerida en el sistema de calentamiento por año indicado en la tabla 4.4 con una potencia de 2 313,60 kW y un uso del sistema de ocho horas se tiene una energía requerida de 18 508,80 kW-h. Mediante el uso de la ecuación 2.23 se obtiene:

$$I_{UE} = 0,3347$$

##### *4.4.2. Indicador de costo de producción de energía*

Para el sistema actual se considera el costo anual de combustible indicado en la tabla 4.7 y la energía que se requiere en el sistema si el mismo estuviera dimensionado de acuerdo a la norma. Se aplica la ecuación 2.24 para este cálculo.

$$I_{CE} = \frac{\$ 0,27}{kW - h}$$

#### **4.5. Indicadores de eficiencia energética del sistema seleccionado**

##### *4.5.1. Indicador de uso de energía*

Para el sistema seleccionado se considera el tiempo de aporte de energía al sistema durante las 13 horas que se tiene mediciones en el instrumento, y con el uso de la ecuación 2.22 se tiene la energía solar que recibe el sistema seleccionado.

$$E_{sol} = 32 584,53 kW - h$$

Con la energía solar calculada y la energía requerida en el sistema como se indica en el punto 4.4.1 y el uso de la ecuación 2.23 se tiene el siguiente indicador.

$$I_{UE} = 0,5680$$

#### 4.5.2. Indicador de costo de producción de energía

En el caso de los calentadores solares el costo asociado a su uso es el que se incurre en el mantenimiento de los equipos y el costo que se podría tener por el consumo eléctrico de la resistencia cuando no exista la irradiación suficiente en el área, estos valores están expresados en la tabla 4.6 dando como resultado \$ 610.00.

$$I_{CE} = \frac{\$ 0,03}{kW - h}$$

#### 4.6. Conclusiones del capítulo

- Mediante los cálculos realizados se concluye que se requiere de cinco colectores solares para reemplazar el sistema actual de calentamiento de agua.
- El indicador de uso de energía que se propone mediante calentadores solares es más eficiente que el sistema actual que utiliza GLP.
- Debido a que no se gasta en combustible para el nuevo sistema planteado el costo de producción del kW-h disminuye.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó una auditoría energética en el sistema de distribución y calentamiento de agua del hotel en donde se identifican los equipos consumidores de energía determinándose el de mayor consumo y costo el GLP para calentamiento de agua.
2. Se identifica que cuando el hotel alberga el máximo de su capacidad requiere una energía por día de 196,93 kW – h para el calentamiento de agua y una pérdida de energía en el tanque de almacenamiento de agua caliente de 54,53 kW - h.
3. En base a los datos obtenidos en la auditoría energética se plantea dos sistemas alternos para el reemplazo del calentamiento por medio de GLP, el primero utiliza cinco colectores solares con un área de 8 m<sup>2</sup> cada uno y el segundo es por medio de calentadores eléctricos.
4. Se eliminará el GLP para uso de calentamiento de agua, así se mejorará la seguridad de las instalaciones, del personal que trabaja y que visita el hotel ya que han existido varios accidentes en lugares donde se utiliza este combustible. Se reemplazará por el sistema de calentamiento por colectores solares, cuya inversión inicial es más alta pero reduce el costo por operación del calentamiento de agua.
5. El indicador de uso de energía en el nuevo sistema planteado es de 0,5680, mejor que el sistema actual con GLP de 0,3347, esta mejora se debe a que los tanques de almacenamiento de agua caliente con los que actualmente cuenta el sistema tienen un mayor volumen del requerido, y se tiene pérdidas de energía al no contar con aislamiento térmico.
6. El análisis económico es favorable ya que en los 15 años de vida útil de los equipos solares se tiene un TIR de 51,8%.
7. Mediante el nuevo sistema planteado se logra mejorar la eficiencia energética del sistema de distribución y calentamiento de agua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

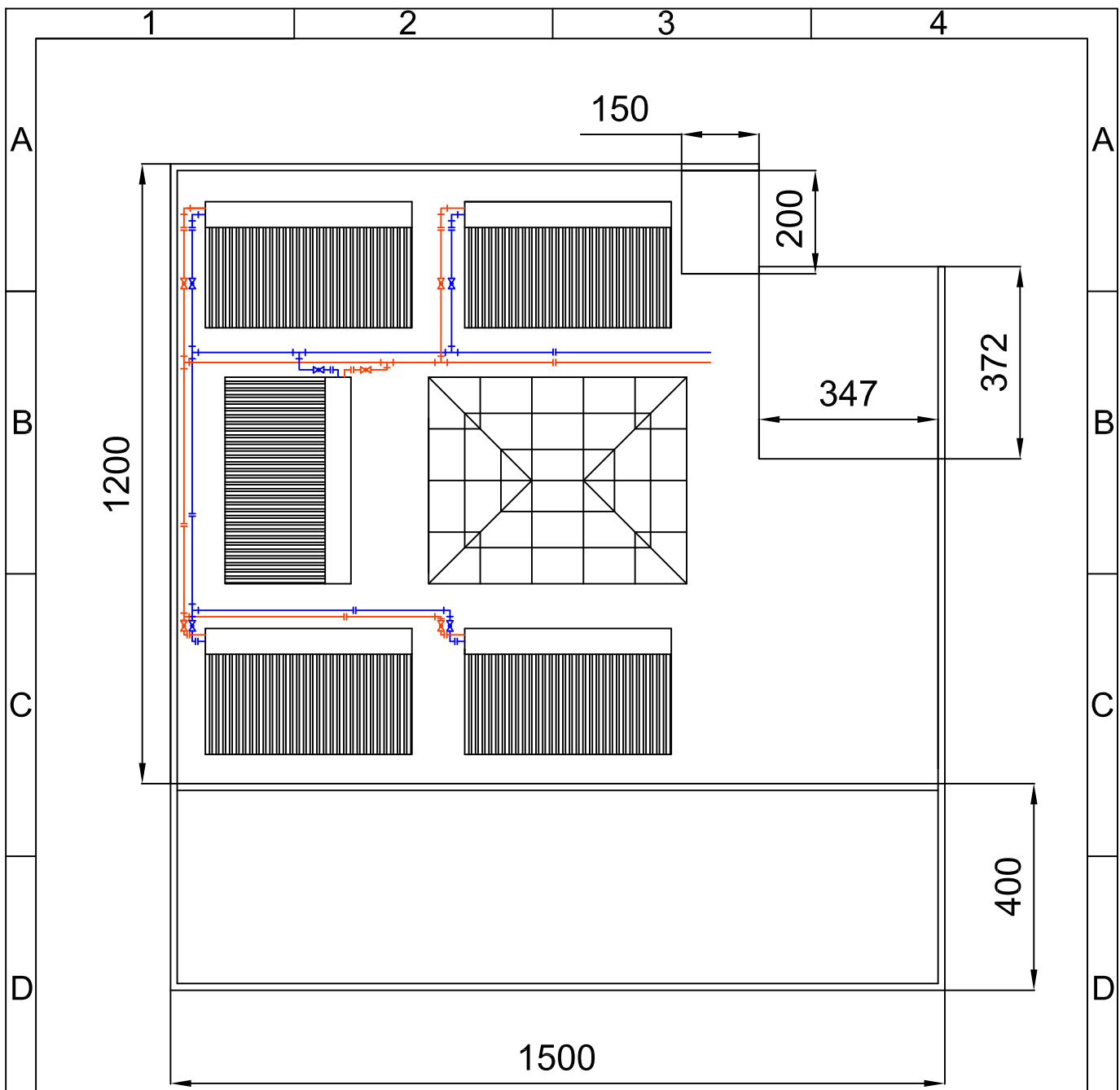
- Acciona. (s.f.). *Sostenibilidad para todos*. Obtenido de Ahorro y eficiencia energética: <http://www.sostenibilidad.com/ahorro-y-eficiencia-energetica>
- Acosta, A. V. (2011). Modelo para la predicción energética de una instalación hotelera. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 309-322.
- Aguilar Viveros, F. (2011). *Diseño e instalación de un sistema de calentamiento solar para un hotel en la ciudad de Veracruz*. Veracruz.
- Aguirre, W. (2015). *Cálculo y diseño del sistema de abastecimiento y distribución de agua de un edificio de tres pisos para departamentos habitacionales*. Machala.
- Calle, J. (2010). Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca. *INGENIUS*(4), 57-65.
- Carretero, A. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo de consumo, indicadores y mejora*. AENOR.
- Castilla, M. J. (2010). Técnicas de control del confort en edificios. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7, 5-24.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México: McGraw-Hill.
- Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción. (2011). *Norma ecuatoriana de la construcción NEC - 11*.
- Creara. (Octubre- Noviembre de 2011). *Especialidades en eficiencia y ahorro energético*. Obtenido de Plan de optimización energética municipal: <http://www.jerez.es/fileadmin/contratacion/POEM%20Jerez%202011/4%20Dependencias%20municipales/Deportes/Estudios%20Energ%20eticos/Piscina%20cubierta.pdf>
- ingemecanica. (s.f.). *ingemecanica*. Recuperado el 27 de 03 de 2018, de Cálculo de instalaciones de bombeo de agua: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn206.html>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2002). Proyecto de cuatro instalaciones de agua caliente sanitaria, por energía solar, en los hoteles "Foxa 25", "Foxa 32", "Foxa M30" y el Edificio "Serrano 240". *IDAE - Energías Renovables*.
- Instituto tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto tecnológico de Canarias.

- Kipp, & Zonen. (03 de Enero de 2015). *Principio del funcionamiento de una piranómetro*. Obtenido de <http://www.kippzonen.es/News.aspx?id=575#.WgxcslXibiU>
- Martínez, E. R. (2014). *Diagnóstico energético del proceso de generación de vapor de la empresa "Comandante Pedro Sotto Alba"*. MOA.
- Medioambiente, M. d. (11 de Agosto de 2010). *Acuerdo N° 131*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/ACUERDO-MINISTERIAL-131.pdf>
- Menneske, R. S. (5 de mayo de 2014). *Tecnoblogueando*. Recuperado el 27 de 03 de 2018, de <https://tecnoblogueando.blogspot.com/2014/05/funcionamiento-del-motor-electrico.html>
- Monteagudo, J. (2005). Herramientas para la gestión energética empresarial. *Scientia et Technica*, 169-174.
- Moreno, L. (2018). *Diagnóstico energético del sistema de calentamiento de agua en la piscina del complejo de natación Carlos Costales de la ciudad de Riobamba. Propuesta de alternativas de solución*. Latacunga.
- Nuñez, J. (2004). *Gestión energética en hoteles*. Madrid: Comunidad de Madrid.
- Peñañiel, J., & César, S. (2012). *Análisis, diseño e implementación de un sistema de energía auxiliar automatizado para colectores solares y calefones en el uso racional y eficiente de energía*. Riobamba.
- Restrepo, Á. H. (2003). Gestión Total Eficiente de la Energía: Herramienta fundamental en el mejoramiento de la productividad de las empresas. *SCIENTIA ET TECHNICA N° 21*, 109-114.
- Valenzuela, R. (2003). *Apuntes de transferencia de calor*. Riobamba: Biblioteca ESPOCH.
- Vasquez, N. (2007). *Energías renovables: ¿la energía del futuro?* Lugo.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- CALOR (Q): Se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura (Cengel & Ghajar, 2011).
- ENERGÍA: Capacidad que tiene un cuerpo para producir un cambio o una transformación. Cuando un objeto se calienta lo hace porque otro cuerpo con una temperatura mayor, le transfiere energía en forma de calor, esta sufre un cambio por lo que en el proceso se realiza algún tipo de trabajo.
- TEMPERATURA: Es una magnitud física que mide la cantidad de calor que un cuerpo posee.
- COMBUSTIBLE: Es cualquier sustancia o material capaz de entregar energía cuando se oxida, esto produce un desprendimiento de calor.
- NÚMERO DE RAYLEIGH: Se considera como la razón de las fuerzas de flotabilidad y (los productos de) las difusividades térmica y de razón de movimiento (Cengel & Ghajar, 2011).
- NÚMERO DE NUSSELT: Es el coeficiente adimensional de transferencia de calor por convección (Cengel & Ghajar, 2011).
- NÚMERO DE GRASHOF: Representa la razón entre la fuerza de flotabilidad y la fuerza viscosa que actúan sobre el fluido (Cengel & Ghajar, 2011).

**PLANOS**



— Tubería agua fría  
— Tubería agua caliente

| ITEM | DESCRIPCION                           | CANTIDAD | UNIDAD |
|------|---------------------------------------|----------|--------|
| 1    | Válvula de globo 3/4"                 | 10       | U      |
| 2    | Juntas universales 3/4"               | 16       | U      |
| 3    | Tubería plástica 3/4 agua fría        | 30       | m      |
| 4    | Tubería plástica 3/4 agua caliente    | 30       | m      |
| 5    | Tubería conduit 1/2"                  | 30       | m      |
| 6    | Te 3/4"                               | 8        | U      |
| 7    | Codos 90° 3/4"                        | 14       | U      |
| 8    | Consumibles (teflón, permatex, otros) | 1        | Global |

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Descripción:

Layout de distribución de calentadores solares en la terraza del Hotel El Libertador

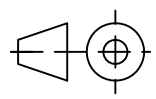


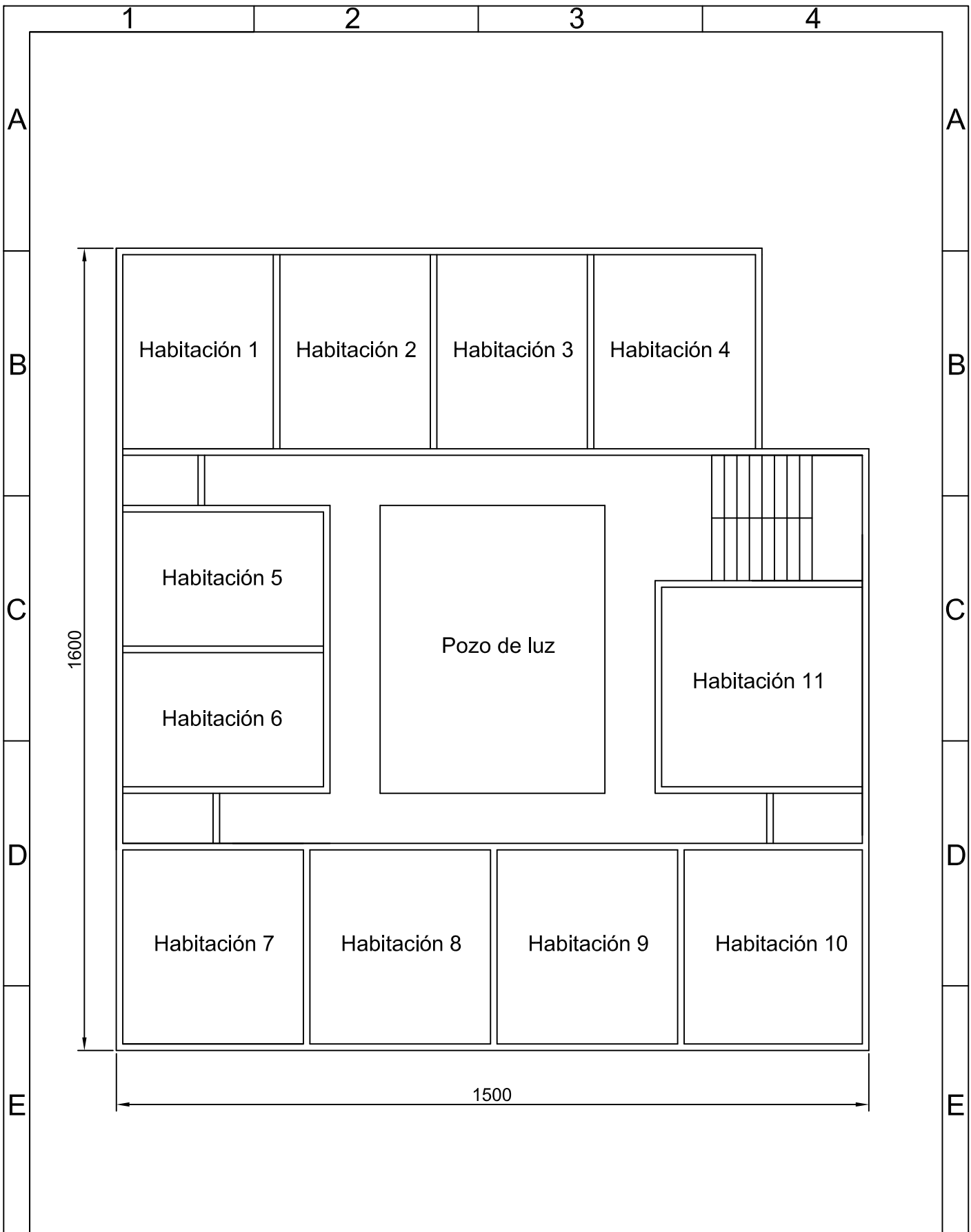
Dibujó: **Juan Palacios**

Codificación: **TJK - HL - 01**

Revisó: **Edwin Lema**

Unidad: **cm**





# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Descripción:

Layout de distribución de habitaciones en cada planta del Hotel El Libertador

Dibujó:

Juan Palacios

Codificación:

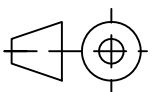
TJK - HL - 02

Revisó:

Edwin Lema

Unidad:

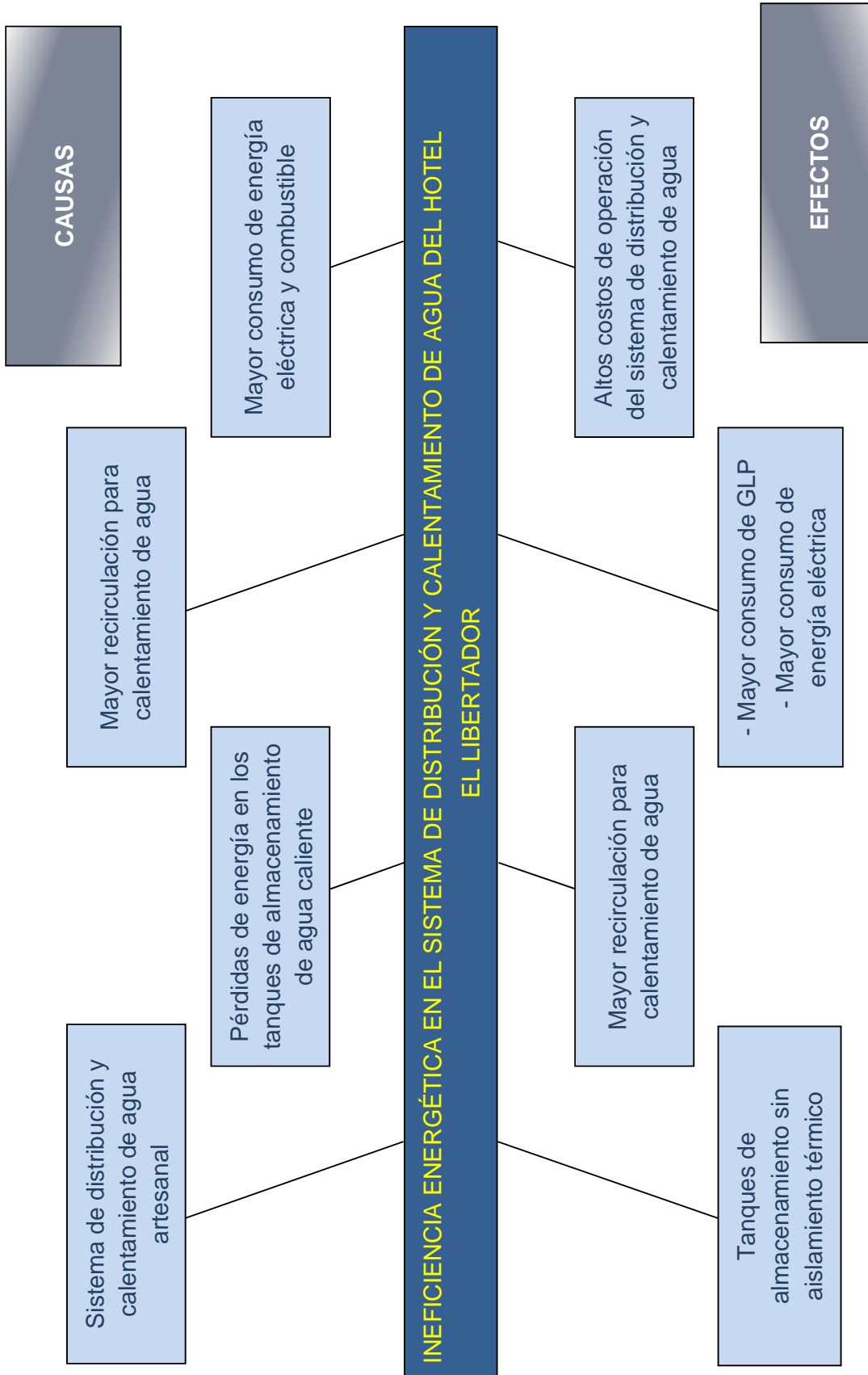
cm



# ANEXOS

# Anexo 1

## Matriz Causa - Efecto



#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** Los tanques, tuberías y las válvulas que se utilicen en las instalaciones receptoras o centralizadas de gas deben tener certificados de conformidad con norma emitidos por el fabricante o por un organismo certificador.

**4.2** Los accesorios, contadores, reguladores, válvulas, etc, que se utilicen en las instalaciones centralizadas de gas deben ser especificadas para uso con el gas a utilizarse en el proyecto.

**4.3** Las empresas y el personal que realice instalaciones de gas, deben estar calificados de acuerdo con la NTE INEN 2 333.

**4.4** Se prohíben instalaciones centralizadas de GLP cuyo abastecimiento contemple a la vez tanques estacionarios y baterías de cilindros de 15 y/o 45 kg.

#### 5. CLASIFICACION DE LOS GASES COMBUSTIBLES

**5.1** En función del valor de  $W_s$  (Wobbe) se clasifican los gases en tres familias, se resumen las principales características en la tabla 1.

**5.1.1** *La primera familia* incluye los gases manufacturados, gas de coquería y mezclas hidrocarburos-aire (aire propanado y aire metanado) de bajo poder calorífico entre 4,65 y 5,5 kWh/m<sup>3</sup>(n).

**5.1.2** *La segunda familia* incluye los gases naturales, gas natural sintético y las mezclas hidrocarburo-aire (aire propanado) de poder calorífico entre 9,3 y 14 kWh/m<sup>3</sup>(n).

**5.1.3** *La tercera familia* incluye los gases licuados de petróleo (GLP): propano y butano, con poder calorífico entre 27,9 y 36 kWh/m<sup>3</sup>(n).

a) Las presiones de uso normal en los aparatos según las familias del gas son las siguientes:

a.1) 1ª Familia: de 0,6 kPa a 1,2 kPa.

a.2) 2ª Familia: de 1,7 kPa a 2,2 kPa. (Gas Natural)

a.3) 3ª Familia: Butano: de 2,0 kPa a 2,8 kPa  
Propano: de 2,5 kPa a 3,7 kPa  
Butano/Propano: de 2,5 kPa a 3,7 kPa

b) Para usos comerciales e industriales ver tabla 5.

**TABLA 1. Clasificación de los gases combustibles**

| Familia      | Nombre del Gas    | Componente Principal      | Observación       | Densidad | PCS en volumen kWh/m <sup>3</sup> | PCS en masa kWh/kg | Índice de Wobbe MJ/m <sup>3</sup> (n) | Límites de inflamabilidad | Odorizante         |
|--------------|-------------------|---------------------------|-------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 1ra. Familia | Gas manufacturado | Metano+H <sub>2</sub> +CO | Tóxico, en desuso | < 1      | 5, 23                             | -----              | 19, 13 a 27, 64                       | 6 a 45                    |                    |
| 2da. Familia | Gas Natural       | Metano                    | No tóxico         | < 1      | 12, 2                             | -----              | 39, 1 a 54, 7                         | 5 a 15                    | Tetrahi-Drotiofeno |
|              |                   |                           | Inodoro           |          |                                   |                    |                                       |                           |                    |
|              |                   |                           | Incoloro          |          |                                   |                    |                                       |                           |                    |
| 3ra. Familia | GLP               | Propano                   | No tóxico         | > 1      | 27, 29                            | 14, 0              | 72, 9 a 87, 3                         | 2, 4 a 9, 5               | Mercaptano         |
|              |                   |                           | Inodoro           |          |                                   |                    |                                       |                           |                    |
|              |                   |                           | Incoloro          |          |                                   |                    |                                       |                           |                    |
|              |                   | Butano                    | No tóxico         | > 1      | 36, 0                             | 13, 95             |                                       | 1, 8 a 8, 4               | Mercaptano         |
|              |                   |                           | Inodoro           |          |                                   |                    |                                       |                           |                    |
|              |                   |                           | Incoloro          |          |                                   |                    |                                       |                           |                    |

(Continúa)

Tabla 4.4.5: Propiedades del vapor de agua a presión atmosférica

| T<br>(°C) | $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $c_p$<br>(kJ/kg·K) | $\mu \cdot 10^7$<br>(N·s/m <sup>2</sup> ) | $\nu \cdot 10^6$<br>(m <sup>2</sup> /s) | $k \cdot 10^3$<br>(W/m·K) | $\alpha \cdot 10^6$<br>(m <sup>2</sup> /s) | Pr     |
|-----------|--------------------------------|--------------------|---|---|---------------------------|--|--------|
| 100.1     | 0.5973                         | 2.044              | 122.7                                     | 20.54                                   | 25.10                     | 20.56                                      | 0.9992 |
| 110       | 0.5808                         | 2.023              | 126.4                                     | 21.77                                   | 25.78                     | 21.94                                      | 0.9920 |
| 120       | 0.5652                         | 2.007              | 130.2                                     | 23.04                                   | 26.50                     | 23.37                                      | 0.9861 |
| 130       | 0.5504                         | 1.995              | 134.0                                     | 24.35                                   | 27.26                     | 24.82                                      | 0.9812 |
| 140       | 0.5365                         | 1.987              | 137.9                                     | 25.71                                   | 28.05                     | 26.31                                      | 0.9771 |
| 150       | 0.5233                         | 1.981              | 141.8                                     | 27.10                                   | 28.86                     | 27.84                                      | 0.9735 |
| 160       | 0.5108                         | 1.977              | 145.8                                     | 28.53                                   | 29.70                     | 29.41                                      | 0.9703 |
| 170       | 0.4989                         | 1.975              | 149.7                                     | 30.01                                   | 30.57                     | 31.02                                      | 0.9675 |
| 180       | 0.4876                         | 1.974              | 153.7                                     | 31.52                                   | 31.45                     | 32.67                                      | 0.9649 |
| 190       | 0.4768                         | 1.975              | 157.7                                     | 33.08                                   | 32.36                     | 34.37                                      | 0.9624 |
| 200       | 0.4665                         | 1.976              | 161.8                                     | 34.68                                   | 33.28                     | 36.11                                      | 0.9602 |
| 220       | 0.4472                         | 1.980              | 169.9                                     | 37.99                                   | 35.19                     | 39.74                                      | 0.9559 |
| 240       | 0.4295                         | 1.986              | 178.1                                     | 41.46                                   | 37.16                     | 43.56                                      | 0.9519 |
| 260       | 0.4131                         | 1.994              | 186.3                                     | 45.10                                   | 39.19                     | 47.57                                      | 0.9480 |
| 280       | 0.3980                         | 2.003              | 194.6                                     | 48.89                                   | 41.28                     | 51.77                                      | 0.9444 |
| 300       | 0.3840                         | 2.013              | 202.9                                     | 52.84                                   | 43.41                     | 56.16                                      | 0.9408 |
| 350       | 0.3529                         | 2.040              | 223.7                                     | 63.38                                   | 48.96                     | 67.98                                      | 0.9323 |
| 400       | 0.3266                         | 2.070              | 244.5                                     | 74.87                                   | 54.75                     | 80.98                                      | 0.9245 |
| 450       | 0.3039                         | 2.102              | 265.2                                     | 87.26                                   | 60.76                     | 95.13                                      | 0.9173 |
| 500       | 0.2842                         | 2.135              | 285.7                                     | 100.5                                   | 66.97                     | 110.4                                      | 0.9108 |
| 550       | 0.2669                         | 2.168              | 306.1                                     | 114.7                                   | 73.35                     | 126.8                                      | 0.9048 |
| 600       | 0.2516                         | 2.203              | 326.2                                     | 129.7                                   | 79.89                     | 144.2                                      | 0.8994 |

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

Tabla 4.5: Propiedades del agua líquida a presión atmosférica

| T<br>(°C) | $\rho$<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | $c_p$<br>(kJ/kg·K) | $\mu \cdot 10^6$<br>(N·s/m <sup>2</sup> ) | $\nu \cdot 10^6$<br>(m <sup>2</sup> /s) | $k \cdot 10^3$<br>(W/m·K) | $\alpha \cdot 10^6$<br>(m <sup>2</sup> /s) | $\beta \cdot 10^3$<br>(1/K) | Pr    |
|-----------|--------------------------------|--------------------|---|---|---------------------------|--|-----------------------------|-------|
| 0.001     | 1005                           | 4.213              | 1766                                      | 1.757                                   | 567.2                     | 0.1339                                     | -0.08021                    | 13.12 |
| 5         | 1004                           | 4.201              | 1506                                      | 1.500                                   | 574.8                     | 0.1363                                     | 0.01135                     | 11.00 |
| 10        | 1003                           | 4.191              | 1300                                      | 1.297                                   | 583.0                     | 0.1387                                     | 0.08744                     | 9.348 |
| 15        | 1001                           | 4.184              | 1135                                      | 1.134                                   | 591.4                     | 0.1412                                     | 0.15230                     | 8.033 |
| 20        | 999.5                          | 4.180              | 1001                                      | 1.001                                   | 599.8                     | 0.1436                                     | 0.20900                     | 6.975 |
| 25        | 997.9                          | 4.176              | 890.1                                     | 0.8920                                  | 608.0                     | 0.1459                                     | 0.25940                     | 6.114 |
| 30        | 996.2                          | 4.175              | 797.6                                     | 0.8007                                  | 616.0                     | 0.1481                                     | 0.3051                      | 5.406 |
| 35        | 994.3                          | 4.174              | 719.6                                     | 0.7238                                  | 623.6                     | 0.1503                                     | 0.3470                      | 4.817 |
| 40        | 992.4                          | 4.174              | 653.3                                     | 0.6583                                  | 630.7                     | 0.1523                                     | 0.3859                      | 4.323 |
| 45        | 990.3                          | 4.175              | 596.3                                     | 0.6022                                  | 637.4                     | 0.1542                                     | 0.4225                      | 3.906 |
| 50        | 988.1                          | 4.177              | 547.1                                     | 0.5537                                  | 643.6                     | 0.1559                                     | 0.4572                      | 3.551 |
| 55        | 985.7                          | 4.179              | 504.2                                     | 0.5115                                  | 649.3                     | 0.1576                                     | 0.4903                      | 3.245 |
| 60        | 983.2                          | 4.182              | 466.6                                     | 0.4746                                  | 654.4                     | 0.1592                                     | 0.5221                      | 2.981 |
| 65        | 980.6                          | 4.184              | 433.5                                     | 0.4420                                  | 659.1                     | 0.1606                                     | 0.5528                      | 2.752 |
| 70        | 977.9                          | 4.188              | 404.1                                     | 0.4132                                  | 663.2                     | 0.1620                                     | 0.5827                      | 2.551 |
| 75        | 975.0                          | 4.191              | 378.0                                     | 0.3877                                  | 666.9                     | 0.1632                                     | 0.6118                      | 2.375 |
| 80        | 971.9                          | 4.195              | 354.6                                     | 0.3648                                  | 670.2                     | 0.1644                                     | 0.6402                      | 2.219 |
| 85        | 968.8                          | 4.199              | 333.6                                     | 0.3443                                  | 673.0                     | 0.1654                                     | 0.6682                      | 2.081 |
| 90        | 965.5                          | 4.204              | 314.6                                     | 0.3259                                  | 675.5                     | 0.1664                                     | 0.6958                      | 1.958 |
| 95        | 962.1                          | 4.209              | 297.5                                     | 0.3092                                  | 677.5                     | 0.1673                                     | 0.7230                      | 1.848 |
| 100       | 958.5                          | 4.214              | 281.9                                     | 0.2941                                  | 679.3                     | 0.1682                                     | 0.7501                      | 1.749 |

Fuente: S.A. Klein y F.L. Alvarado, "Engineering Equation Solver Software (EES)", Academia Versión 6.271 (20-07-2001).

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

| Temp.,<br>$T$ , °C | Densidad,<br>$\rho$ , kg/m <sup>3</sup> | Calor<br>específico,<br>$c_p$ , J/kg · K | Conductividad<br>térmica,<br>$k$ , W/m · K | Difusividad<br>térmica,<br>$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> | Viscosidad<br>dinámica,<br>$\mu$ , kg/m · s | Viscosidad<br>cinemática,<br>$\nu$ , m <sup>2</sup> /s | Número<br>de Prandtl,<br>Pr |
|--------------------|---|--|--|--|---|--|-----------------------------|
| -150               | 2.866                                   | 983                                      | 0.01171                                    | $4.158 \times 10^{-6}$   | $8.636 \times 10^{-6}$                      | $3.013 \times 10^{-6}$                                 | 0.7246                      |
| -100               | 2.038                                   | 966                                      | 0.01582                                    | $8.036 \times 10^{-6}$   | $1.189 \times 10^{-6}$                      | $5.837 \times 10^{-6}$                                 | 0.7263                      |
| -50                | 1.582                                   | 999                                      | 0.01979                                    | $1.252 \times 10^{-5}$   | $1.474 \times 10^{-5}$                      | $9.319 \times 10^{-6}$                                 | 0.7440                      |
| -40                | 1.514                                   | 1 002                                    | 0.02057                                    | $1.356 \times 10^{-5}$   | $1.527 \times 10^{-5}$                      | $1.008 \times 10^{-5}$                                 | 0.7436                      |
| -30                | 1.451                                   | 1 004                                    | 0.02134                                    | $1.465 \times 10^{-5}$   | $1.579 \times 10^{-5}$                      | $1.087 \times 10^{-5}$                                 | 0.7425                      |
| -20                | 1.394                                   | 1 005                                    | 0.02211                                    | $1.578 \times 10^{-5}$   | $1.630 \times 10^{-5}$                      | $1.169 \times 10^{-5}$                                 | 0.7408                      |
| -10                | 1.341                                   | 1 006                                    | 0.02288                                    | $1.696 \times 10^{-5}$   | $1.680 \times 10^{-5}$                      | $1.252 \times 10^{-5}$                                 | 0.7387                      |
| 0                  | 1.292                                   | 1 006                                    | 0.02364                                    | $1.818 \times 10^{-5}$   | $1.729 \times 10^{-5}$                      | $1.338 \times 10^{-5}$                                 | 0.7362                      |
| 5                  | 1.269                                   | 1 006                                    | 0.02401                                    | $1.880 \times 10^{-5}$   | $1.754 \times 10^{-5}$                      | $1.382 \times 10^{-5}$                                 | 0.7350                      |
| 10                 | 1.246                                   | 1 006                                    | 0.02439                                    | $1.944 \times 10^{-5}$   | $1.778 \times 10^{-5}$                      | $1.426 \times 10^{-5}$                                 | 0.7336                      |
| 15                 | 1.225                                   | 1 007                                    | 0.02476                                    | $2.009 \times 10^{-5}$   | $1.802 \times 10^{-5}$                      | $1.470 \times 10^{-5}$                                 | 0.7323                      |
| 20                 | 1.204                                   | 1 007                                    | 0.02514                                    | $2.074 \times 10^{-5}$   | $1.825 \times 10^{-5}$                      | $1.516 \times 10^{-5}$                                 | 0.7309                      |
| 25                 | 1.184                                   | 1 007                                    | 0.02551                                    | $2.141 \times 10^{-5}$   | $1.849 \times 10^{-5}$                      | $1.562 \times 10^{-5}$                                 | 0.7296                      |
| 30                 | 1.164                                   | 1 007                                    | 0.02588                                    | $2.208 \times 10^{-5}$   | $1.872 \times 10^{-5}$                      | $1.608 \times 10^{-5}$                                 | 0.7282                      |
| 35                 | 1.145                                   | 1 007                                    | 0.02625                                    | $2.277 \times 10^{-5}$   | $1.895 \times 10^{-5}$                      | $1.655 \times 10^{-5}$                                 | 0.7268                      |
| 40                 | 1.127                                   | 1 007                                    | 0.02662                                    | $2.346 \times 10^{-5}$   | $1.918 \times 10^{-5}$                      | $1.702 \times 10^{-5}$                                 | 0.7255                      |
| 45                 | 1.109                                   | 1 007                                    | 0.02699                                    | $2.416 \times 10^{-5}$   | $1.941 \times 10^{-5}$                      | $1.750 \times 10^{-5}$                                 | 0.7241                      |
| 50                 | 1.092                                   | 1 007                                    | 0.02735                                    | $2.487 \times 10^{-5}$   | $1.963 \times 10^{-5}$                      | $1.798 \times 10^{-5}$                                 | 0.7228                      |
| 60                 | 1.059                                   | 1 007                                    | 0.02808                                    | $2.632 \times 10^{-5}$   | $2.008 \times 10^{-5}$                      | $1.896 \times 10^{-5}$                                 | 0.7202                      |
| 70                 | 1.028                                   | 1 007                                    | 0.02881                                    | $2.780 \times 10^{-5}$   | $2.052 \times 10^{-5}$                      | $1.995 \times 10^{-5}$                                 | 0.7177                      |
| 80                 | 0.9994                                  | 1 008                                    | 0.02953                                    | $2.931 \times 10^{-5}$   | $2.096 \times 10^{-5}$                      | $2.097 \times 10^{-5}$                                 | 0.7154                      |
| 90                 | 0.9718                                  | 1 008                                    | 0.03024                                    | $3.086 \times 10^{-5}$   | $2.139 \times 10^{-5}$                      | $2.201 \times 10^{-5}$                                 | 0.7132                      |
| 100                | 0.9458                                  | 1 009                                    | 0.03095                                    | $3.243 \times 10^{-5}$   | $2.181 \times 10^{-5}$                      | $2.306 \times 10^{-5}$                                 | 0.7111                      |
| 120                | 0.8977                                  | 1 011                                    | 0.03235                                    | $3.565 \times 10^{-5}$   | $2.264 \times 10^{-5}$                      | $2.522 \times 10^{-5}$                                 | 0.7073                      |
| 140                | 0.8542                                  | 1 013                                    | 0.03374                                    | $3.898 \times 10^{-5}$   | $2.345 \times 10^{-5}$                      | $2.745 \times 10^{-5}$                                 | 0.7041                      |
| 160                | 0.8148                                  | 1 016                                    | 0.03511                                    | $4.241 \times 10^{-5}$   | $2.420 \times 10^{-5}$                      | $2.975 \times 10^{-5}$                                 | 0.7014                      |
| 180                | 0.7788                                  | 1 019                                    | 0.03646                                    | $4.593 \times 10^{-5}$   | $2.504 \times 10^{-5}$                      | $3.212 \times 10^{-5}$                                 | 0.6992                      |
| 200                | 0.7459                                  | 1 023                                    | 0.03779                                    | $4.954 \times 10^{-5}$   | $2.577 \times 10^{-5}$                      | $3.455 \times 10^{-5}$                                 | 0.6974                      |
| 250                | 0.6746                                  | 1 033                                    | 0.04104                                    | $5.890 \times 10^{-5}$   | $2.760 \times 10^{-5}$                      | $4.091 \times 10^{-5}$                                 | 0.6946                      |
| 300                | 0.6158                                  | 1 044                                    | 0.04418                                    | $6.871 \times 10^{-5}$   | $2.934 \times 10^{-5}$                      | $4.765 \times 10^{-5}$                                 | 0.6935                      |
| 350                | 0.5664                                  | 1 056                                    | 0.04721                                    | $7.892 \times 10^{-5}$   | $3.101 \times 10^{-5}$                      | $5.475 \times 10^{-5}$                                 | 0.6937                      |
| 400                | 0.5243                                  | 1 069                                    | 0.05015                                    | $8.951 \times 10^{-5}$   | $3.261 \times 10^{-5}$                      | $6.219 \times 10^{-5}$                                 | 0.6948                      |
| 450                | 0.4880                                  | 1 081                                    | 0.05298                                    | $1.004 \times 10^{-4}$   | $3.415 \times 10^{-5}$                      | $6.997 \times 10^{-5}$                                 | 0.6965                      |
| 500                | 0.4565                                  | 1 093                                    | 0.05572                                    | $1.117 \times 10^{-4}$   | $3.563 \times 10^{-5}$                      | $7.806 \times 10^{-5}$                                 | 0.6986                      |
| 600                | 0.4042                                  | 1 115                                    | 0.06093                                    | $1.352 \times 10^{-4}$   | $3.846 \times 10^{-5}$                      | $9.515 \times 10^{-5}$                                 | 0.7037                      |
| 700                | 0.3627                                  | 1 135                                    | 0.06581                                    | $1.598 \times 10^{-4}$   | $4.111 \times 10^{-5}$                      | $1.133 \times 10^{-4}$                                 | 0.7092                      |
| 800                | 0.3289                                  | 1 153                                    | 0.07037                                    | $1.855 \times 10^{-4}$   | $4.362 \times 10^{-5}$                      | $1.326 \times 10^{-4}$                                 | 0.7149                      |
| 900                | 0.3008                                  | 1 169                                    | 0.07465                                    | $2.122 \times 10^{-4}$   | $4.600 \times 10^{-5}$                      | $1.529 \times 10^{-4}$                                 | 0.7206                      |
| 1 000              | 0.2772                                  | 1 184                                    | 0.07868                                    | $2.398 \times 10^{-4}$   | $4.826 \times 10^{-5}$                      | $1.741 \times 10^{-4}$                                 | 0.7260                      |
| 1 500              | 0.1990                                  | 1 234                                    | 0.09599                                    | $3.908 \times 10^{-4}$   | $5.817 \times 10^{-5}$                      | $2.922 \times 10^{-4}$                                 | 0.7478                      |
| 2 000              | 0.1553                                  | 1 264                                    | 0.11113                                    | $5.664 \times 10^{-4}$   | $6.630 \times 10^{-5}$                      | $4.270 \times 10^{-4}$                                 | 0.7539                      |

Nota: Para los gases ideales, las propiedades  $c_p$ ,  $k$ ,  $\mu$  y Pr son independientes de la presión. Las propiedades  $\rho$ ,  $\nu$  y  $\alpha$  a una presión  $P$  (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de  $\rho$ , a la temperatura dada, por  $P$  y al dividir  $\nu$  y  $\alpha$  entre  $P$ .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 1984, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, 1970, ISBN 0-306067020-8.

## ANEXO 5

| <b>Día</b>                       | <b>Número diario de usuarios</b> | <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | <b>Energía requerida (kW-h)</b> | <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b> | <b>Total diario (kW-h)</b> | <b>Energía consumida (kW-h)</b> | <b>Eficiencia energética del sistema</b> |
|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| domingo, 01 de enero de 2017     | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| lunes, 02 de enero de 2017       | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| martes, 03 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 04 de enero de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 05 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 06 de enero de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| sábado, 07 de enero de 2017      | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 08 de enero de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 09 de enero de 2017       | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 10 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 11 de enero de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 12 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 13 de enero de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 14 de enero de 2017      | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 15 de enero de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 16 de enero de 2017       | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 17 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 18 de enero de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 19 de enero de 2017      | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 20 de enero de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 21 de enero de 2017      | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 22 de enero de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| lunes, 23 de enero de 2017       | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 24 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 25 de enero de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 26 de enero de 2017      | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 27 de enero de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 28 de enero de 2017      | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| domingo, 29 de enero de 2017     | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| lunes, 30 de enero de 2017       | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 31 de enero de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 01 de febrero de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 02 de febrero de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| viernes, 03 de febrero de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| sábado, 04 de febrero de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| domingo, 05 de febrero de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| lunes, 06 de febrero de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 07 de febrero de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 08 de febrero de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 09 de febrero de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 10 de febrero de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 11 de febrero de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 12 de febrero de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 13 de febrero de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 14 de febrero de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 15 de febrero de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 16 de febrero de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 17 de febrero de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 18 de febrero de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 19 de febrero de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| lunes, 20 de febrero de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 21 de febrero de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 22 de febrero de 2017 | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| jueves, 23 de febrero de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 24 de febrero de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| sábado, 25 de febrero de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| domingo, 26 de febrero de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| lunes, 27 de febrero de 2017     | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |

| <b>Día</b>                     | <b>Número diario de usuarios</b> | <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | <b>Energía requerida (kW-h)</b> | <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b> | <b>Total diario (kW-h)</b> | <b>Energía consumida (kW-h)</b> | <b>Eficiencia energética del sistema</b> |
|--------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| martes, 28 de febrero de 2017  | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| miércoles, 01 de marzo de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 02 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 03 de marzo de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| sábado, 04 de marzo de 2017    | 0                                | 0  | 0                               | 54.53                          | 54.53                      | 73.34                           | 0.00%                                    |
| domingo, 05 de marzo de 2017   | 0                                | 0  | 0                               | 54.53                          | 54.53                      | 73.34                           | 0.00%                                    |
| lunes, 06 de marzo de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 07 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 08 de marzo de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 09 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 10 de marzo de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 11 de marzo de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 12 de marzo de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 13 de marzo de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 14 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 15 de marzo de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 16 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 17 de marzo de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 18 de marzo de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 19 de marzo de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| lunes, 20 de marzo de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 21 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 22 de marzo de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 23 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 24 de marzo de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| sábado, 25 de marzo de 2017    | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| domingo, 26 de marzo de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| lunes, 27 de marzo de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 28 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 29 de marzo de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 30 de marzo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 31 de marzo de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 01 de abril de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 02 de abril de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 03 de abril de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 04 de abril de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 05 de abril de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 06 de abril de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 07 de abril de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 08 de abril de 2017    | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| domingo, 09 de abril de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| lunes, 10 de abril de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| martes, 11 de abril de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| miércoles, 12 de abril de 2017 | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| jueves, 13 de abril de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 14 de abril de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| sábado, 15 de abril de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| domingo, 16 de abril de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| lunes, 17 de abril de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| martes, 18 de abril de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| miércoles, 19 de abril de 2017 | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| jueves, 20 de abril de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| viernes, 21 de abril de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| sábado, 22 de abril de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| domingo, 23 de abril de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| lunes, 24 de abril de 2017     | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| martes, 25 de abril de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 26 de abril de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |

| <b>Día</b>                     | <b>Número diario de usuarios</b> | <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | <b>Energía requerida (kW-h)</b> | <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b> | <b>Total diario (kW-h)</b> | <b>Energía consumida (kW-h)</b> | <b>Eficiencia energética del sistema</b> |
|--------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| jueves, 27 de abril de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 28 de abril de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| sábado, 29 de abril de 2017    | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| domingo, 30 de abril de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| lunes, 01 de mayo de 2017      | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| martes, 02 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 03 de mayo de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 04 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 05 de mayo de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 06 de mayo de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 07 de mayo de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 08 de mayo de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 09 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 10 de mayo de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 11 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 12 de mayo de 2017    | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| sábado, 13 de mayo de 2017     | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| domingo, 14 de mayo de 2017    | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| lunes, 15 de mayo de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 16 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 17 de mayo de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 18 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 19 de mayo de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| sábado, 20 de mayo de 2017     | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| domingo, 21 de mayo de 2017    | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| lunes, 22 de mayo de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 23 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 24 de mayo de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 25 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 26 de mayo de 2017    | 33                               | 6.6  | 117.48                          | 54.53                          | 172.01                     | 231.35                          | 50.78%                                   |
| sábado, 27 de mayo de 2017     | 33                               | 6.6  | 117.48                          | 54.53                          | 172.01                     | 231.35                          | 50.78%                                   |
| domingo, 28 de mayo de 2017    | 33                               | 6.6  | 117.48                          | 54.53                          | 172.01                     | 231.35                          | 50.78%                                   |
| lunes, 29 de mayo de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 30 de mayo de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 31 de mayo de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 01 de junio de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 02 de junio de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 03 de junio de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 04 de junio de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| lunes, 05 de junio de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 06 de junio de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 07 de junio de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 08 de junio de 2017    | 24                               | 4.8  | 85.44                           | 54.53                          | 139.97                     | 188.26                          | 45.38%                                   |
| viernes, 09 de junio de 2017   | 24                               | 4.8  | 85.44                           | 54.53                          | 139.97                     | 188.26                          | 45.38%                                   |
| sábado, 10 de junio de 2017    | 24                               | 4.8  | 85.44                           | 54.53                          | 139.97                     | 188.26                          | 45.38%                                   |
| domingo, 11 de junio de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| lunes, 12 de junio de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 13 de junio de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 14 de junio de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 15 de junio de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 16 de junio de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| sábado, 17 de junio de 2017    | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| domingo, 18 de junio de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| lunes, 19 de junio de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 20 de junio de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 21 de junio de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 22 de junio de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 23 de junio de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |

| <b>Día</b>                      | <b>Número diario de usuarios</b> | <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | <b>Energía requerida (kW-h)</b> | <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b> | <b>Total diario (kW-h)</b> | <b>Energía consumida (kW-h)</b> | <b>Eficiencia energética del sistema</b> |
|---------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| sábado, 24 de junio de 2017     | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| domingo, 25 de junio de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| lunes, 26 de junio de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 27 de junio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 28 de junio de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 29 de junio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 30 de junio de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 01 de julio de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 02 de julio de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 03 de julio de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 04 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 05 de julio de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 06 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 07 de julio de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 08 de julio de 2017     | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 09 de julio de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 10 de julio de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 11 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 12 de julio de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 13 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 14 de julio de 2017    | 23                               | 4.6  | 81.88                           | 54.53                          | 136.41                     | 183.47                          | 44.63%                                   |
| sábado, 15 de julio de 2017     | 23                               | 4.6  | 81.88                           | 54.53                          | 136.41                     | 183.47                          | 44.63%                                   |
| domingo, 16 de julio de 2017    | 23                               | 4.6  | 81.88                           | 54.53                          | 136.41                     | 183.47                          | 44.63%                                   |
| lunes, 17 de julio de 2017      | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 18 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 19 de julio de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 20 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 21 de julio de 2017    | 32                               | 6.4  | 113.92                          | 54.53                          | 168.45                     | 226.56                          | 50.28%                                   |
| sábado, 22 de julio de 2017     | 32                               | 6.4  | 113.92                          | 54.53                          | 168.45                     | 226.56                          | 50.28%                                   |
| domingo, 23 de julio de 2017    | 32                               | 6.4  | 113.92                          | 54.53                          | 168.45                     | 226.56                          | 50.28%                                   |
| lunes, 24 de julio de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 25 de julio de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 26 de julio de 2017  | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 27 de julio de 2017     | 13                               | 2.6  | 46.28                           | 54.53                          | 100.81                     | 135.59                          | 34.13%                                   |
| viernes, 28 de julio de 2017    | 13                               | 2.6  | 46.28                           | 54.53                          | 100.81                     | 135.59                          | 34.13%                                   |
| sábado, 29 de julio de 2017     | 13                               | 2.6  | 46.28                           | 54.53                          | 100.81                     | 135.59                          | 34.13%                                   |
| domingo, 30 de julio de 2017    | 8                                | 1.6  | 28.48                           | 54.53                          | 83.01                      | 111.65                          | 25.51%                                   |
| lunes, 31 de julio de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 01 de agosto de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 02 de agosto de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 03 de agosto de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| viernes, 04 de agosto de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 05 de agosto de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 06 de agosto de 2017   | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| lunes, 07 de agosto de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| martes, 08 de agosto de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 09 de agosto de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 10 de agosto de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 11 de agosto de 2017   | 36                               | 7.2  | 128.16                          | 54.53                          | 182.69                     | 245.72                          | 52.16%                                   |
| sábado, 12 de agosto de 2017    | 36                               | 7.2  | 128.16                          | 54.53                          | 182.69                     | 245.72                          | 52.16%                                   |
| domingo, 13 de agosto de 2017   | 36                               | 7.2  | 128.16                          | 54.53                          | 182.69                     | 245.72                          | 52.16%                                   |
| lunes, 14 de agosto de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 15 de agosto de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 16 de agosto de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 17 de agosto de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 18 de agosto de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| sábado, 19 de agosto de 2017    | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| domingo, 20 de agosto de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |

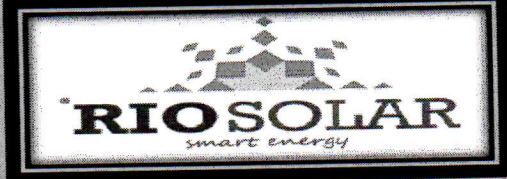
| <b>Día</b>                          | <b>Número diario de usuarios</b> | <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | <b>Energía requerida (kW-h)</b> | <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b> | <b>Total diario (kW-h)</b> | <b>Energía consumida (kW-h)</b> | <b>Eficiencia energética del sistema</b> |
|-------------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| lunes, 21 de agosto de 2017         | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 22 de agosto de 2017        | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 23 de agosto de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 24 de agosto de 2017        | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 25 de agosto de 2017       | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 26 de agosto de 2017        | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 27 de agosto de 2017       | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 28 de agosto de 2017         | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 29 de agosto de 2017        | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 30 de agosto de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 31 de agosto de 2017        | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 01 de septiembre de 2017   | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| sábado, 02 de septiembre de 2017    | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| domingo, 03 de septiembre de 2017   | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| lunes, 04 de septiembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 05 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 06 de septiembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 07 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 08 de septiembre de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| sábado, 09 de septiembre de 2017    | 12                               | 2.4  | 42.72                           | 54.53                          | 97.25                      | 130.8                           | 32.66%                                   |
| domingo, 10 de septiembre de 2017   | 12                               | 2.4  | 42.72                           | 54.53                          | 97.25                      | 130.8                           | 32.66%                                   |
| lunes, 11 de septiembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 12 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 13 de septiembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 14 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 15 de septiembre de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| sábado, 16 de septiembre de 2017    | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| domingo, 17 de septiembre de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| lunes, 18 de septiembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 19 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 20 de septiembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 21 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 22 de septiembre de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| sábado, 23 de septiembre de 2017    | 12                               | 2.4  | 42.72                           | 54.53                          | 97.25                      | 130.8                           | 32.66%                                   |
| domingo, 24 de septiembre de 2017   | 12                               | 2.4  | 42.72                           | 54.53                          | 97.25                      | 130.8                           | 32.66%                                   |
| lunes, 25 de septiembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 26 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 27 de septiembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 28 de septiembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 29 de septiembre de 2017   | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| sábado, 30 de septiembre de 2017    | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| domingo, 01 de octubre de 2017      | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| lunes, 02 de octubre de 2017        | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 03 de octubre de 2017       | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 04 de octubre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 05 de octubre de 2017       | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 06 de octubre de 2017      | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| sábado, 07 de octubre de 2017       | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| domingo, 08 de octubre de 2017      | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| lunes, 09 de octubre de 2017        | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 10 de octubre de 2017       | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 11 de octubre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 12 de octubre de 2017       | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 13 de octubre de 2017      | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| sábado, 14 de octubre de 2017       | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| domingo, 15 de octubre de 2017      | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| lunes, 16 de octubre de 2017        | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 17 de octubre de 2017       | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |

| <b>Día</b>                         | <b>Número diario de usuarios</b> | <b>Tiempo de calentamiento de agua (h)</b> | <b>Energía requerida (kW-h)</b> | <b>Pérdidas tanques (kW-h)</b> | <b>Total diario (kW-h)</b> | <b>Energía consumida (kW-h)</b> | <b>Eficiencia energética del sistema</b> |
|------------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| miércoles, 18 de octubre de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 19 de octubre de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 20 de octubre de 2017     | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| sábado, 21 de octubre de 2017      | 8                                | 1.6  | 28.48                           | 54.53                          | 83.01                      | 111.65                          | 25.51%                                   |
| domingo, 22 de octubre de 2017     | 8                                | 1.6  | 28.48                           | 54.53                          | 83.01                      | 111.65                          | 25.51%                                   |
| lunes, 23 de octubre de 2017       | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 24 de octubre de 2017      | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 25 de octubre de 2017   | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 26 de octubre de 2017      | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| viernes, 27 de octubre de 2017     | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| sábado, 28 de octubre de 2017      | 18                               | 3.6  | 64.08                           | 54.53                          | 118.61                     | 159.53                          | 40.17%                                   |
| domingo, 29 de octubre de 2017     | 8                                | 1.6  | 28.48                           | 54.53                          | 83.01                      | 111.65                          | 25.51%                                   |
| lunes, 30 de octubre de 2017       | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| martes, 31 de octubre de 2017      | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| miércoles, 01 de noviembre de 2017 | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| jueves, 02 de noviembre de 2017    | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| viernes, 03 de noviembre de 2017   | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| sábado, 04 de noviembre de 2017    | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| domingo, 05 de noviembre de 2017   | 30                               | 6  | 106.8                           | 54.53                          | 161.33                     | 216.99                          | 49.22%                                   |
| lunes, 06 de noviembre de 2017     | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| martes, 07 de noviembre de 2017    | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| miércoles, 08 de noviembre de 2017 | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| jueves, 09 de noviembre de 2017    | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| viernes, 10 de noviembre de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| sábado, 11 de noviembre de 2017    | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| domingo, 12 de noviembre de 2017   | 40                               | 8  | 142.4                           | 54.53                          | 196.93                     | 264.87                          | 53.76%                                   |
| lunes, 13 de noviembre de 2017     | 25                               | 5  | 89                              | 54.53                          | 143.53                     | 193.05                          | 46.10%                                   |
| martes, 14 de noviembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 15 de noviembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 16 de noviembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 17 de noviembre de 2017   | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| sábado, 18 de noviembre de 2017    | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| domingo, 19 de noviembre de 2017   | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| lunes, 20 de noviembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 21 de noviembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 22 de noviembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 23 de noviembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 24 de noviembre de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| sábado, 25 de noviembre de 2017    | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| domingo, 26 de noviembre de 2017   | 15                               | 3  | 53.4                            | 54.53                          | 107.93                     | 145.16                          | 36.79%                                   |
| lunes, 27 de noviembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 28 de noviembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 29 de noviembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 30 de noviembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 01 de diciembre de 2017   | 16                               | 3.2  | 56.96                           | 54.53                          | 111.49                     | 149.95                          | 37.99%                                   |
| sábado, 02 de diciembre de 2017    | 16                               | 3.2  | 56.96                           | 54.53                          | 111.49                     | 149.95                          | 37.99%                                   |
| domingo, 03 de diciembre de 2017   | 16                               | 3.2  | 56.96                           | 54.53                          | 111.49                     | 149.95                          | 37.99%                                   |
| lunes, 04 de diciembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 05 de diciembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 06 de diciembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 07 de diciembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| viernes, 08 de diciembre de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| sábado, 09 de diciembre de 2017    | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| domingo, 10 de diciembre de 2017   | 20                               | 4  | 71.2                            | 54.53                          | 125.73                     | 169.11                          | 42.10%                                   |
| lunes, 11 de diciembre de 2017     | 5                                | 1  | 17.8                            | 54.53                          | 72.33                      | 97.28                           | 18.30%                                   |
| martes, 12 de diciembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| miércoles, 13 de diciembre de 2017 | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |
| jueves, 14 de diciembre de 2017    | 10                               | 2  | 35.6                            | 54.53                          | 90.13                      | 121.22                          | 29.37%                                   |

| Día                                | Número diario de usuarios | Tiempo de calentamiento de agua (h) | Energía requerida (kW-h) | Pérdidas tanques (kW-h) | Total diario (kW-h) | Energía consumida (kW-h) | Eficiencia energética del sistema |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| viernes, 15 de diciembre de 2017   | 18                        | 3.6                                 | 64.08                    | 54.53                   | 118.61              | 159.53                   | 40.17%                            |
| sábado, 16 de diciembre de 2017    | 18                        | 3.6                                 | 64.08                    | 54.53                   | 118.61              | 159.53                   | 40.17%                            |
| domingo, 17 de diciembre de 2017   | 18                        | 3.6                                 | 64.08                    | 54.53                   | 118.61              | 159.53                   | 40.17%                            |
| lunes, 18 de diciembre de 2017     | 20                        | 4                                   | 71.2                     | 54.53                   | 125.73              | 169.11                   | 42.10%                            |
| martes, 19 de diciembre de 2017    | 20                        | 4                                   | 71.2                     | 54.53                   | 125.73              | 169.11                   | 42.10%                            |
| miércoles, 20 de diciembre de 2017 | 25                        | 5                                   | 89                       | 54.53                   | 143.53              | 193.05                   | 46.10%                            |
| jueves, 21 de diciembre de 2017    | 30                        | 6                                   | 106.8                    | 54.53                   | 161.33              | 216.99                   | 49.22%                            |
| viernes, 22 de diciembre de 2017   | 30                        | 6                                   | 106.8                    | 54.53                   | 161.33              | 216.99                   | 49.22%                            |
| sábado, 23 de diciembre de 2017    | 35                        | 7                                   | 124.6                    | 54.53                   | 179.13              | 240.93                   | 51.72%                            |
| domingo, 24 de diciembre de 2017   | 35                        | 7                                   | 124.6                    | 54.53                   | 179.13              | 240.93                   | 51.72%                            |
| lunes, 25 de diciembre de 2017     | 35                        | 7                                   | 124.6                    | 54.53                   | 179.13              | 240.93                   | 51.72%                            |
| martes, 26 de diciembre de 2017    | 30                        | 6                                   | 106.8                    | 54.53                   | 161.33              | 216.99                   | 49.22%                            |
| miércoles, 27 de diciembre de 2017 | 30                        | 6                                   | 106.8                    | 54.53                   | 161.33              | 216.99                   | 49.22%                            |
| jueves, 28 de diciembre de 2017    | 25                        | 5                                   | 89                       | 54.53                   | 143.53              | 193.05                   | 46.10%                            |
| viernes, 29 de diciembre de 2017   | 25                        | 5                                   | 89                       | 54.53                   | 143.53              | 193.05                   | 46.10%                            |
| sábado, 30 de diciembre de 2017    | 30                        | 6                                   | 106.8                    | 54.53                   | 161.33              | 216.99                   | 49.22%                            |
| domingo, 31 de diciembre de 2017   | 30                        | 6                                   | 106.8                    | 54.53                   | 161.33              | 216.99                   | 49.22%                            |
| <b>Total por año</b>               | <b>5957</b>               | <b>1191.4</b>                       | <b>21206.92</b>          | <b>19903.45</b>         | <b>41110.37</b>     | <b>55292.69</b>          |                                   |
| <b>Promedio</b>                    | <b>16.32</b>              | <b>3.26</b>                         | <b>58.1</b>              | <b>54.53</b>            | <b>112.63</b>       | <b>151.49</b>            | <b>35.32%</b>                     |

|  |               |
|--|---------------|
| Poder calorífico GLP ((kW-h)/kg)               | 13.95         |
| Peso por cilindro de GLP (kg)                  | 15            |
| Energía producida por cilindro de 15 kg (kW-h) | 209.25        |
| <b>Total cilindros año 2017</b>                | <b>264.00</b> |

ANEXO 6



**Dirección:**

Riobamba

RUC: 0603658683001

Av. Jose Veloz 39-60 y Carlos Zambrano bajos de CC E Politécnico **PROFORMA:** 996

**Telf. (03) 2965-802 / 0987757754 - 0983867878**

**NOMBRE: Juan Carlos Palacios**

e-mail:

**RUC: n/d**

**DIRECCIÓN: Los Cactus**

**TELÉFONO:**

**FECHA: 28 de Julio del 2018**

| Ord | Descripción   | Cant. | Precio | Valor Total |
|-----|---|-------|--------|-------------|
| 1   | <p><b>Equipo de 400 Litros Marca: Rio Solar Smart Energy</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*Incluido Instalación</li> <li>*Tanque de Acero Inoxidable con aislamiento térmico de poliuretano</li> <li>*Computador (Controllers for Solar)</li> <li>*Ánodo de Magnesio (Protección Catódica)</li> <li>*Juego de tubos al vacío</li> <li>*Sensor de Temperatura</li> <li>*Calentador Eléctrico (Conexión Opcional)</li> <li>*Juntas mediante roscado y aplicación de sellador</li> </ul> <p><b>Área de Instalación : 8m2</b><br/> <b>Peso de los equipos sin llenar : 50 kg</b><br/> <b>Peso de los equipos llenos: 450 kg</b></p> | 6     | 1232,1 | 7393        |

|                 |         |
|-----------------|---------|
| <b>SUBTOTAL</b> | 7392,84 |
| <b>IVA 12%</b>  | 887,14  |
| <b>TOTAL</b>    | 8280    |

DOCUMENTO SIN VALIDEZ TRIBUTARIA

**EL CLIENTE**

CEPTO CONFORME LOS PRECIOS ESTABLECIDOS

**FIRMA**

NOMBRE

CÉDULA:

# FERRETERIA "SAN PEDRITO"

AV. PEDRO VICENTE MALDONADO Y JUAN MACHADO



## ANEXO 7

RUC: 0602325839001  
TELEFONO: 032317377

CLIENTE: JUAN CARLOS PALACIOS

CODIGO: 1000                      060290327-0

DIRECCION: Bernardo Darquea 31-22 y Buenos Aires

TELEF: 032945643

### PROFORMA N° 0000155

EMISION: 03 /01/2019

VENDEDOR: ALMACEN

#### LISTA DE MATERIALES

| ITEM  | DESCRIPCION                           | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|-------|---------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| 1     | Válvula de globo 3/4"                 | 10       | U      | \$ 15.00        | \$ 150.00    |
| 2     | Juntas universales 3/4"               | 16       | U      | \$ 2.00         | \$ 32.00     |
| 3     | Tubería plástica 3/4 agua fría        | 30       | m      | \$ 1.33         | \$ 39.90     |
| 4     | Tubería plástica 3/4 agua caliente    | 30       | m      | \$ 2.90         | \$ 87.00     |
| 5     | Tubería conduit 1/2"                  | 30       | m      | \$ 0.05         | \$ 1.50      |
| 6     | Te 3/4"                               | 8        | U      | \$ 0.98         | \$ 7.84      |
| 7     | Codos 90° 3/4"                        | 14       | U      | \$ 0.65         | \$ 9.10      |
| 8     | Consumibles (teflón, permatex, otros) | 1        | Global | \$ 100.00       | \$ 100.00    |
| TOTAL |                                       |          |        |                 | \$ 427.34    |

LA CANTIDAD DE: CUATROCIENTOS VEINTE Y SIETE con 34/100

PEDRO MAJI

FERRETERIA "SAN PEDRITO"  
R.U.C.: 0602325839001  
Av. Pedro Vicente Maldonado y Juan Machado  
Teléfono: 03 2 317 377  
PEDRO MANUEL MAJI YUNDA

Teléfono: 032317377

Cel: 0982308922-0987954919

Correo: majipetro2013@hotmail.com

PERIODO DE VIGENCIA: DEL 01 AL 31 DE ENERO DE 2019

DECRETO EJECUTIVO No. 799, 352 y 619

| PRODUCTO                       | Unidad de medida | PRECIO EN TERMINAL<br>(Incluye el 12% del I.V.A.)<br>Expresado en US\$ |
|--------------------------------|------------------|--|
| <b>SECTOR PETROLERO MINERO</b> |                  |  |
| ABSORVER PETROLERO             | Galones          | \$ 2,340510  |
| DIESEL 1 PETROLERO             | Galones          | \$ 2,340510  |
| DIESEL 2 PETROLERO             | Galones          | \$ 2,340510  |
| DIESEL PREMIUM PETROLERO       | Galones          | \$ 2,358764  |
| FUEL OIL PETROLERO             | Galones          | \$ 1,074154  |
| GASOLINA EXTRA PETROLERO       | Galones          | \$ 2,212730  |
| EXTRA CON ETANOL PETROLERO     | Galones          | \$ 2,212730  |
| GASOLINA SUPER PETROLERO       | Galones          | \$ 2,379703  |

| <b>SECTOR INDUSTRIAL</b>                        |                   |                    |
|---|-------------------|--------------------|
| DIESEL 1 INDUSTRIAL                             | Galones           | \$ 2,340510        |
| DIESEL 2 INDUSTRIAL                             | Galones           | \$ 2,340510        |
| DIESEL PREMIUM INDUSTRIAL                       | Galones           | \$ 2,358764        |
| EXTRA INDUSTRIAL                                | Galones           | \$ 2,212730        |
| EXTRA CON ETANOL INDUSTRIAL                     | Galones           | \$ 2,212730        |
| SUPER INDUSTRIAL                                | Galones           | \$ 2,379703        |
| FUEL OIL No. 6 INDUSTRIAL                       | Galones           | \$ 1,165170        |
| FUEL OIL LIVIANO                                | Galones           | \$ 1,074154        |
| <b>GAS LICUADO DE PETROLEO (GLP) INDUSTRIAL</b> | <b>Kilogramos</b> | <b>\$ 0,829245</b> |
| RESIDUO CEMENTERO                               | Galones           | \$ 0,866552        |
| RESIDUO INDUSTRIAL                              | Galones           | \$ 0,866552        |

| <b>SECTOR NAVIERO</b>  |         |             |
|------------------------|---------|-------------|
| DIESEL PREMIUM MARINO  | Galones | \$ 2,358764 |
| DIESEL PREMIUM TURISTA | Galones | \$ 2,358764 |
| DIESEL 2 MARINO        | Galones | \$ 2,340510 |
| DIESEL 2 NACIONAL      | Galones | \$ 2,340510 |
| GASOLINA EXTRA         | Galones | \$ 2,212730 |
| EXTRA ETANOL MARINO    | Galones | \$ 2,212730 |


| <b>SECTOR USO PARTICULAR Y PESCA DEPORTIVA</b> |         |             |
|--|---------|-------------|
| DIESEL 2 INTERNACIONAL                         | Galones | \$ 2,340510 |
| DIESEL PREMIUM INTERNACIONAL                   | Galones | \$ 2,358764 |
| EXTRA CON ETANOL INTERNACIONAL                 | Galones | \$ 2,212730 |
| EXTRA INTERNACIONAL                            | Galones | \$ 2,212730 |
| SUPER INTERNACIONAL                            | Galones | \$ 2,379703 |

| <b>SECTOR AÉREO</b> |                  |   |
|---------------------|------------------|---|
| PRODUCTO            | Unidad de medida | PRECIO<br>COMERCIALIZADORA EP<br>PETROECUADOR<br>(Incluye el 12% del I.V.A.)<br>Expresado en US\$ |
| AVGAS INTERNACIONAL | Galones          | \$ 5,423203   |
| AVGAS NACIONAL      | Galones          | \$ 2,700320   |
| JET FUEL            | Galones          | \$ 1,961053   |

Nota: RESOLUCION No. 004-002-DIRECTORIO-ARCH-2015

DECRETOS EJECUTIVOS No. 338, 799, 352 y 619

| PRODUCTO  | Unidad de medida | PRECIO EN TERMINAL<br>(Incluye el 12% del I.V.A.)<br>Expresado en US\$ |
|---|------------------|--|
| CRUDO REDUCIDO ELECTRICO 5,000 S.R.                         | Galones          | \$ 0,423756  |
| DESEL 2 PESQUERO  | Galones          | \$ 1,012704  |
| DIESEL 2 CAMARONERO   | Galones          | \$ 2,340510  |
| DIESEL 2 ATUNERO  | Galones          | \$ 2,340510  |
| DIESEL 2 ELÉCTRICO  | Galones          | \$ 0,900704  |
| DIESEL 2 / DIESEL PREMIUM (AUTOMOTRIZ)                      | Galones          | \$ 0,900704  |
| DIESEL PREM. TRANSPORTE DE CARGA PESADA PLACA INTERNACIONAL | Galones          | \$ 2,405939  |
| DIESEL 2 TRANSPORTE DE CARGA PESADA PLACA INTERNACIONAL     | Galones          | \$ 2,201374  |
| FUEL OIL 4 ELECTRICO LIBERTAD                               | Galones          | \$ 0,537600  |
| GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) AGRÍCOLA                   | Kilogramos       | \$ 0,188384  |
| GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) DOMÉSTICO                  | Kilogramos       | \$ 0,106667  |
| GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) TAXIS                      | Kilogramos       | \$ 0,188384  |
| GASOLINA EXTRA AUTOMOTRIZ                                   | Galones          | \$ 1,679000  |
| GASOLINA EXTRA CON ETANOL AUTOMOTRIZ                        | Galones          | \$ 1,679000  |
| GASOLINA EXTRA CAMARONERO                                   | Galones          | \$ 2,212730  |
| GASOLINA EXTRA CON ETANOL CAMARONERO                        | Galones          | \$ 2,212730  |
| GASOLINA EXTRA PESQUERO                                     | Galones          | \$ 1,679000  |
| GASOLINA EXTRA CON ETANOL PESQUERO                          | Galones          | \$ 1,679000  |
| GASOLINA PESCA ARTESANAL                                    | Galones          | \$ 0,799120  |
| GASOLINA SUPER AUTOMOTRIZ                                   | Galones          | \$ 2,345713  |
| MINERAL TURPENTINE  | Galones          | \$ 1,742867  |
| RUBBER SOLVENT  | Galones          | \$ 1,712757  |
| CEMENTOS ASFALTICOS NO OBRA PUBLICA                         | Kilogramos       | \$ 0,390320  |
| ASFALTOS INDUSTRIALES NO OBRA PUBLICA                       | Kilogramos       | \$ 0,390320  |
| CEMENTOS ASFALTICOS OBRA PUBLICA                            | Kilogramos       | \$ 0,298480  |
| ASFALTOS INDUSTRIALES OBRA PUBLICA                          | Kilogramos       | \$ 0,298480  |

 Nota:  Precios vigentes desde el 15 de enero de 2019, conforme Decreto Ejecutivo No. 619

# ANEXO 9 Tasas de Interés

## diciembre - 2018

### 1. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO PRIVADO, PÚBLICO Y, POPULAR Y SOLIDARIO

| Tasas Referenciales                                |         | Tasas Máximas                                 |         |
|--|---------|---|---------|
| Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento: | % anual | Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento: | % anual |
| Productivo Corporativo                             | 8.81    | Productivo Corporativo                        | 9.33    |
| Productivo Empresarial                             | 9.85    | Productivo Empresarial                        | 10.21   |
| Productivo PYMES                                   | 11.23   | Productivo PYMES                              | 11.83   |
| Comercial Ordinario                                | 8.07    | Comercial Ordinario                           | 11.83   |
| Comercial Prioritario Corporativo                  | 8.69    | Comercial Prioritario Corporativo             | 9.33    |
| Comercial Prioritario Empresarial                  | 9.80    | Comercial Prioritario Empresarial             | 10.21   |
| Comercial Prioritario PYMES                        | 10.81   | Comercial Prioritario PYMES                   | 11.83   |
| Consumo Ordinario                                  | 16.63   | Consumo Ordinario                             | 17.30   |
| Consumo Prioritario                                | 16.62   | Consumo Prioritario                           | 17.30   |
| Educativo  | 9.48    | Educativo                                     | 9.50    |
| Inmobiliario                                       | 10.02   | Inmobiliario                                  | 11.33   |
| Vivienda de Interés Público                        | 4.82    | Vivienda de Interés Público                   | 4.99    |
| Microcrédito Minorista <sup>1.</sup>               | 26.52   | Microcrédito Minorista*                       | 28.50   |
| Microcrédito de Acumulación Simple <sup>1.</sup>   | 23.53   | Microcrédito de Acumulación Simple*           | 25.50   |
| Microcrédito de Acumulación Ampliada <sup>1.</sup> | 20.24   | Microcrédito de Acumulación Ampliada*         | 23.50   |
| Inversión Pública                                  | 8.58    | Inversión Pública                             | 9.33    |

1. Las tasas de interés para los segmentos Microcrédito Minorista, Microcrédito de Acumulación Simple y Microcrédito de Acumulación Ampliada se calculó con información del sector financiero privado y de la economía popular y solidaria (cooperativas de ahorro y crédito del segmento 1 y mutualistas).

### 2. TASAS DE INTERÉS ACTIVAS EFECTIVAS VIGENTES PARA EL SECTOR FINANCIERO POPULAR Y SOLIDARIO (SEGMENTOS 2, 3, 4 Y 5)\*

| Tasas Referenciales                                |         | Tasas Máximas                                 |         |
|--|---------|---|---------|
| Tasa Activa Efectiva Referencial para el segmento: | % anual | Tasa Activa Efectiva Máxima para el segmento: | % anual |
| Microcrédito Minorista <sup>2.</sup>               | 23.58   | Microcrédito Minorista*                       | 30.50   |
| Microcrédito de Acumulación Simple <sup>2.</sup>   | 22.45   | Microcrédito de Acumulación Simple*           | 27.50   |
| Microcrédito de Acumulación Ampliada <sup>2.</sup> | 20.85   | Microcrédito de Acumulación Ampliada*         | 25.50   |

2. Las tasas de interés para los segmentos Microcrédito Minorista, Microcrédito de Acumulación Simple y Microcrédito de Acumulación Ampliada se calculó con información del sector de la economía popular y solidaria (cooperativas de ahorro y crédito del segmento 2, 3, 4 y 5).

**Nota:** Para los demás segmentos de crédito regirán las tasas activas efectivas referenciales y máximas establecidas para el sector financiero privado, público y, popular y solidario.

\*Resolución 437-2018-F de 26 de enero de 2018 de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera.

### 3. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS PROMEDIO POR INSTRUMENTO

| Tasas Referenciales    | % anual | Tasas Referenciales           | % anual |
|------------------------|---------|-------------------------------|---------|
| Depósitos a plazo      | 5.43    | Depósitos de Ahorro           | 1.04    |
| Depósitos monetarios   | 0.67    | Depósitos de Tarjetahabientes | 1.11    |
| Operaciones de Reporto | 0.10    |                               |         |

| <b>4. TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS REFERENCIALES POR PLAZO</b>  |                |                            |                |
|---|----------------|----------------------------|----------------|
| <b>Tasas Referenciales</b>  | <b>% anual</b> | <b>Tasas Referenciales</b> | <b>% anual</b> |
| Plazo 30-60   | 4.07           | Plazo 121-180              | 5.68           |
| Plazo 61-90   | 4.07           | Plazo 181-360              | 6.21           |
| Plazo 91-120  | 5.30           | Plazo 361 y más            | 7.73           |
| <b>5. <a href="#">TASAS DE INTERÉS PASIVAS EFECTIVAS MÁXIMAS PARA LAS INVERSIONES DEL SECTOR PÚBLICO</a></b><br>(según regulación No. 133-2015-M) |                |                            |                |
| <b>6. <a href="#">TASA BÁSICA DEL BANCO CENTRAL DEL ECUADOR</a></b>   |                |                            |                |
| <b>7. OTRAS TASAS REFERENCIALES</b>   |                |                            |                |
| Tasa Pasiva Referencial   | 5.43           | Tasa Legal                 | 8.69           |
| Tasa Activa Referencial   | 8.69           | Tasa Máxima Convencional   | 9.33           |
| <a href="mailto:pub.econ@bce.ec">Para mayor información. contáctenos: pub.econ@bce.ec</a>   |                |                            |                |