

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS
AMÉRICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Informe final de graduación

*Optimizar el sistema de generación de energía eléctrica en
un hotel de montaña, por medio de biogás*

Nombre del autor

Katherine María Alvarado Acuña

San José, Costa Rica

Marzo de 2017

TABLA DE CONTENIDOS

TRIBUNAL EXAMINADOR.....	III
FÓRMULA DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PUESTA EN PRÁCTICA DE LA MODALIDAD DE GRADUACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
CALIFICACIÓN DEL TUTOR.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	VII
CARTA DEL FILÓLOGO.....	VIII
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS CÓDIGO DE ÉTICA.....	IX
DECLARACIÓN JURADA.....	X
TABLA DE CONTENIDOS.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS E ILUTRACIONES.....	XVI
RESUMEN EJECUTIVO.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1
1. EXPLICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. OBJETIVOS.....	3
3.1.1. <i>Objetivo general</i>	3
3.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
4. ALCANCE.....	4
5. LIMITACIONES.....	4
6. ANTECEDENTES.....	5
6.1. <i>Antecedente N.º 1</i>	5
6.2. <i>Antecedente N.º 2</i>	10
1. CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO.....	12
1.1. <i>Diagnóstico</i>	13

1.2.	<i>Análisis FODA</i>	13
1.2.1.	Fortalezas	14
1.2.2.	Oportunidades	14
1.2.3.	Debilidades	14
1.2.4.	Amenazas	14
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	17
2.1.1.	<i>Conceptos básicos</i>	17
2.1.2.	<i>Partes de una instalación eléctrica</i>	19
2.1.3.	<i>Artículos de interés</i>	20
2.2.	¿QUÉ ES LA BIOMASA?.....	24
2.2.1.	<i>Algunas características de la biomasa</i>	26
2.2.2.	<i>Convirtiendo biogás en energía</i>	26
2.3.	BIODIGESTORES	27
2.3.1.	<i>Tipos de biodigestores</i>	29
2.4.	GENERACIÓN ELÉCTRICA POR MEDIO DE BIOGÁS	34
2.4.1.	<i>Motores de gas</i>	35
2.4.2.	<i>Motores de diésel</i>	36
2.5.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	37
2.5.1.	<i>Valor actual neto</i>	37
2.5.2.	<i>Tasa interna de retorno</i>	38
3.	CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	40
3.1.	¿CÓMO SE DEFINE EL TÉRMINO INVESTIGACIÓN?.....	41
3.2.	TIPO DE ENFOQUES	41
3.2.1.	<i>Enfoque cuantitativo</i>	41
3.2.2.	<i>Enfoque cualitativo</i>	42
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.3.1.	<i>Investigación descriptiva</i>	43
3.3.2.	<i>Investigación exploratoria</i>	44
3.3.3.	<i>Investigación correlacional</i>	45
3.3.4.	<i>Investigación explicativa</i>	45
3.4.	FUENTES DE INFORMACIÓN	46
3.4.1.	<i>Fuentes primarias</i>	46
3.4.2.	<i>Fuentes secundarias</i>	46
3.5.	VARIABLES	47
3.5.1.	<i>Definición conceptual</i>	48
3.5.2.	<i>Definición instrumental</i>	48
3.5.3.	<i>Definición operacional</i>	49
3.6.	<i>Definición de instrumentos</i>	50
3.6.1.	Observación	50
3.6.1.1.	Entrevistas	51
4.	CAPÍTULO IV: DESARROLLO	53

4.1.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	54
4.1.1.	<i>Zona de recepción.....</i>	56
4.1.2.	<i>Cocina.....</i>	57
4.1.3.	<i>Oficina administrativa Brisa Morada.....</i>	60
4.1.4.	<i>Zona de lavandería.....</i>	62
4.1.5.	<i>Área de dormitorios para empleados.....</i>	67
4.1.6.	<i>Bodega de limpieza.....</i>	70
4.1.7.	<i>Habitación de huéspedes típica.....</i>	72
4.1.8.	<i>Zona de casitas.....</i>	73
4.2.	MEMORIA DE CÁLCULO DEL REDISEÑO ELÉCTRICO.....	75
4.2.1.	<i>Tableros C.....</i>	79
4.2.2.	<i>Tablero R.....</i>	80
4.2.3.	<i>Tablero BM.....</i>	81
4.2.4.	<i>Tablero L.....</i>	82
4.2.5.	<i>Tablero D.....</i>	82
4.2.6.	<i>Tablero E.....</i>	83
4.2.7.	<i>Tableros H.....</i>	85
4.2.8.	<i>Tablero K.....</i>	86
4.2.9.	<i>Cálculo de carga total y carga demandada.....</i>	86
4.2.10.	<i>Cálculo de costos para la remodelación de la instalación eléctrica.....</i>	93
4.3.	DISEÑO DE LA PROPUESTA BIODIGESTOR.....	95
4.3.1.	<i>Tipo de animales y peso promedio.....</i>	95
4.3.2.	<i>Volumen de agua.....</i>	96
4.3.3.	<i>Volumen de estiércol producido.....</i>	97
4.4.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	108
4.5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	111
	CONCLUSIONES.....	114
1.....		114
2.....		115
4.....		117
5.....		118
6.....		119
7.....		120
	RECOMENDACIONES.....	122
1.....		122
2.....		123
3.....		124
4.....		125
5.....		126
6.....		127
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128

ANEXO 1: TABLAS DEL CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL 130
ANEXO 2: TABLA DE PRECIOS BIODIGESTOR, MARCA VIOGAZ..... 133
ANEXO 3: GRÁFICA REPORTE DE MEDICIÓN DE POTENCIA ACTIVA PROMEDIO, AÑO 2016. TOMADAS CON UN EQUIPO FLUKE MOD:1730..... 134

ÍNDICE DE CUADROS

TABLA 4.1 CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO R	57
TABLA 4.2: CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO C	58
TABLA 4. 3: CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO BM	62
TABLA 4. 4: TABLERO DE LAVANDERÍA	64
TABLA 4. 5: TABLERO B FUENTE: LA AUTORA.....	67
TABLA 4.6: TABLERO D FUENTE: LA AUTORA.....	69
TABLA 4. 7: TABLERO E	69
TABLA 4.8: TABLERO P.....	71
TABLA 4.9: MEMORIA DE CÁLCULO DE REDISEÑO ELÉCTRICO	86
TABLA 4.10: LISTA DE PRECIOS	94
TABLA 4.11: PESO PROMEDIO DE LOS ANIMALES	96
TABLA 4.12: VOLUMEN DE AGUA	96
TABLA 4.13: VOLUMEN DE ESTIÉRCOL.....	97
TABLA 4.14: PRODUCCIÓN DE ESTIÉRCOL.....	98
TABLA 4.15: MEZCLA DE ESTIÉRCOL Y AGUA.....	99
TABLA 4.16: RÉCORD DE CONSUMO ENERGÉTICO	100
TABLA 4.17: TABLA DE RESUMEN DE CARGAS ELÉCTRICAS.....	101
TABLA 4.18: DESGLOSE DE PRECIO	108
TABLA 4.19: CÁLCULO DE AHORRO	108
TABLA 4.20: PROMEDIO DE CONSUMO	109
TABLA 4.21: ANÁLISIS VAN	109
TABLA 4.22: ANÁLISIS TIR	110

ÍNDICE DE FIGURAS E ILUTRACIONES

ILUSTRACIÓN 2.1: BIODIGESTOR TIPO COBERTOR DE LAGUNA	31
ILUSTRACIÓN 2.2: BIODIGESTOR CONVENCIONAL	31
ILUSTRACIÓN 2.3: BIODIGESTOR CON AGITADOR.....	32
ILUSTRACIÓN 2.4: BIODIGESTOR DE FILTRO ANAERÓBICO	33
ILUSTRACIÓN 2.5: BIODIGESTOR DE FILTRO ANAERÓBICO CON AGITADOR.....	33
ILUSTRACIÓN 2.6: BIODIGESTOR TIPO RELLENO SANITARIO	34
ILUSTRACIÓN 2.7: FÓRMULA VAN	37
ILUSTRACIÓN 3.1: PROCESO CUANTITATIVO.....	42
ILUSTRACIÓN 3.2: PROCESO CUALITATIVO	43
ILUSTRACIÓN 4.1: PROCESO CUANTITATIVO.....	55
ILUSTRACIÓN 4.2: ZONA DE RECEPCIÓN FUENTE: LA AUTORA	56
ILUSTRACIÓN 4.3: TABLERO C	60
ILUSTRACIÓN 4.4: TABLERO BM.....	61
ILUSTRACIÓN 4.5: ZONA DE LAVANDERÍA	63
ILUSTRACIÓN 4.6: TRANSFORMADOR SECO DE 80KVA	64
ILUSTRACIÓN 4.7: TABLERO L FUENTE: LA AUTORA	66
ILUSTRACIÓN 4.8: TABLERO E	68
ILUSTRACIÓN 4.9: TABLERO D.....	68
ILUSTRACIÓN 4.10: TABLERO S	72
ILUSTRACIÓN 4.11: TABLERO DE HUÉSPEDES	73
ILUSTRACIÓN 4.12: TABLERO K	75
ILUSTRACIÓN 4.13: OFICINA ADMINISTRATIVA BRISA MORADA.....	81
ILUSTRACIÓN 4.14: OFICINA ADMINISTRATIVA BRISA MORADA.....	84
ILUSTRACIÓN 4.15: OFICINA ADMINISTRATIVA BRISA MORADA.....	85
ILUSTRACIÓN 4.16: DIAGRAMA UNIFILAR RE-DISEÑO ELÉCTRICO	92

RESUMEN EJECUTIVO

En el hotel de montaña Lapa Ríos Ecolodge al que se refiere este proyecto, el sistema de suministro energético que se utiliza actualmente tiene como objetivo abastecerlo de la energía necesaria para que en el inmueble se puedan realizar las labores de operación durante los 365 días del año. Este suministro se da en su totalidad por medio de generadores eléctricos ya que la ubicación geográfica del hotel dificulta el acceso, lo que impide instalar ahí infraestructura eléctrica por parte de empresas de servicios públicos. Este sistema abastece de la energía necesaria para cada una de las necesidades de forma adecuada; sin embargo, genera mayor gasto en el rubro de compra de combustible. También se utiliza gas LPG para alimentar un porcentaje de equipos ubicados en la zona de cocina y restaurante del hotel.

El uso de las energías limpias y renovables para minimizar gastos se ha convertido en una práctica frecuente y en una atractiva opción para que sectores como el comercial puedan incursionar en la generación de electricidad, lo cual produce un excedente energético que está por encima de sus necesidades, a un bajo costo.

Como consecuencia de eso, en el hotel de montaña Lapa Ríos Ecolodge, ubicado en el cantón de Osa, en el sector de Corcovado, provincia de Puntarenas, ha surgido la necesidad de utilizar alternativas de suministro de energía, utilizando el biogás, para llevar esa energía a zonas específicas. Se espera que esto contribuya a disminuir el trabajo del generador eléctrico y, por ende, a una rebaja en

el gasto por compra de combustible diésel para su operación. También, por medio de un rediseño, se evalúan las oportunidades de mejora que puedan presentarse en la construcción existente, lo cual ayudaría en el aspecto de ahorro, ya que el generador va a disminuir su carga de trabajo diaria.

Se determinará la capacidad del sistema con base en dos importantes factores, como son la demanda de energía eléctrica y la cantidad de gas producido, dependiendo de la cantidad de unidades animales con que se cuente.

El desarrollo del proyecto se inicia con una introducción, en la que se explica qué justifica su elaboración, la problemática que se enfrenta actualmente y los objetivos que se espera lograr con su ejecución.

En el capítulo de diagnóstico se hace un análisis de la situación actual de la empresa.

En el marco teórico se explican los conceptos técnicos bajo los cuales se desarrolla el proyecto; esto para ayudar al lector a comprender los componentes utilizados en las diferentes etapas del desarrollo.

En el apartado del marco metodológico se detalla el método de investigación utilizado en el hotel para obtener la información necesaria y cumplir con los requerimientos del modelo que se implementará para poder alcanzar un verdadero ahorro.

En el capítulo de desarrollo se analizan los datos recolectados y el diseño del modelo de solución que se propone. También contiene el análisis financiero del prototipo para la solución del caso.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones las cuales están fundamentadas en el logro de los objetivos específicos del proyecto.

Introducción

1. Explicación del problema

Para dimensionar el problema que se pretende solucionar se parte de la siguiente pregunta:

¿Cuál es el diseño óptimo para una generación ideal de energía, con base en las condiciones actuales del hotel y buscando mejoras de tipo ahorrativo?

2. Justificación

Debido a la demanda de energía que presenta el inmueble para su operación se requiere seguir una estrategia ecológica que contribuya en la disminución de la carga que el generador eléctrico debe suministrar, por ejemplo procurando mejoras en la instalación eléctrica existente en el hotel.

3. Objetivos

3.1.1. Objetivo general

Reducir el consumo de carga eléctrica que debe aportar el grupo electrógeno por medio de opciones de mejora dentro de la instalación eléctrica existente, y con ello determinar la viabilidad de la generación de electricidad con el uso de biogás.

3.1.2. Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento eléctrico que muestre las condiciones actuales en las que opera el sistema del hotel.
- Estudiar las oportunidades de mejora y ahorro que se puedan presentar en la edificación existente.
- Determinar si la generación actual de biogás satisface la demanda que requiere el generador.
- Proponer una solución integral de generación energética.
- Realizar un análisis económico de las ventajas y desventajas del uso de biogás para la viabilidad del proyecto.
- Evaluar la posibilidad de usar biogás en el generador como combustible alternativo.

4. Alcance

La investigación tiene como fin o producto final la entrega de un rediseño de las condiciones eléctricas actuales, el cual contempla las memorias de cálculo en las que se detallan los datos recolectados y calculados para el mejor funcionamiento del generador de energía.

Además, se entregará un análisis financiero del costo de la inversión en relación con los beneficios obtenidos.

5. Limitaciones

- Las condiciones eléctricas actuales en las que se encuentra el hotel impiden obtener valores reales de consumo en situación de operación.
- Restricciones en la capacidad del generador existente para trabajar de forma dual.
- La cantidad de animales para producir el biogás necesario para satisfacer la demanda del hotel podría no ser suficiente.

6. Antecedentes

6.1. Antecedente N.º 1

Título: Reporte de visita de diagnóstico al sistema eléctrico.

Autor: Andrés Morales Jiménez

Institución: Econs Structor, S.A.

Fecha: 19 de febrero del 2010.

Se hizo una inspección del sistema eléctrico existente desde el punto de acometida y generación eléctrica hasta las diferentes edificaciones dentro del hotel. En ello se contó con la ayuda de la gerencia del hotel y personal de mantenimiento para ir visitando todo el sitio e ir aclarando algunas dudas que se fueron presentando acerca de las condiciones de la instalación.

Cuarto eléctrico: Descripción

Se compone de dos plantas generadoras de electricidad a base de combustible diésel, trifásicas, con voltaje de generación 480Vac, 31KW/39KVA, en operación continua ("prime rating"), y otro de 25KW/22KVAs a 480Vac. Ambos trabajan en forma alternada. La alternancia se realiza de forma manual mediante un interruptor de transferencia manual de 80 amperios, el cual se ubica contiguo a las dos plantas.

De ahí se sale a un ducto eléctrico que sirve para hacer las conexiones o empates entre los cables, que luego se derivan en diferentes acometidas hacia varias zonas del hotel.

El primer disyuntor instalado es de 60 amperios, en caja independiente, y de ahí se deriva una acometida en cable protoduro calibre N.º 3/0, directamente enterrado en el suelo hacia dos transformadores. El segundo disyuntor también es de 60 amperios. De ahí sale en cable calibre N.º 3x6 TSJ, directamente enterrado hacia el transformador de la alimentación del área de “ranchito”.

El tercer disyuntor es de 80 amperios y se dirige hacia el área de lavandería, en calibre aparentemente N.º 3x6 TSJ.

- Análisis

La capacidad de las plantas parece la adecuada para el consumo del hotel. Se realizaron mediciones puntuales en ese momento (viernes, 11:15 am), en las que se habló de una carga aproximada de 20KVA. Es decir, de poco más de 50% del tamaño del generador. Ambas plantas tienen cable de tierra conectado entre ellas.

El interruptor de transferencia también es el adecuado en tamaño y tipo. El cambio de los generadores se hace en forma manual, y no parece ser confiable sugerir un sistema automático por las particularidades del hotel, complejidad técnica, lejanía, etc.

Del interruptor sale una acometida que “se divide” dentro de un ducto en tres subacometidas. Esto se hace por medio de empalmes y conectores, los cuales siempre pueden convertirse en punto de falla. Esta “división” debe hacerse por medio de un tablero eléctrico con sus respectivos ramales.

Acometidas: Descripción

La acometida que sale del interruptor es de instalación reciente y con capacidad suficiente para la carga consumida actualmente. Además, está especificado para viajar directamente enterrado, sin necesidad de tuberías. Cuando este llega al primer transformador el cable hace una derivación por medio de una caja metálica en la misma bodega de limpieza.

La acometida del disyuntor viaja hacia el “ranchito” en un cable que tiene la capacidad necesaria para llevar la carga demandada, pero no la especificación para el uso que se le da, enterrado o viajando entre las ramas de los árboles. Además, cruza un cauce de agua.

La acometida viaja a la lavandería con iguales condiciones que la del ranchito: enterrado en un cable que no es para ese uso.

- Análisis

La acometida que viaja hacia la zona del restaurante y las cabinas es nueva. El cable está especificado para esa aplicación y existe cierta señalización sobre la ruta por la que viaja.

En las otras dos acometidas principales no sucede lo mismo. Aunque tienen la capacidad para llevar la carga actual lo cierto es que no son confiables por el tipo de cable que utilizan y la forma en que viajan. Además, deberían estar completamente señalizadas sus rutas, al menos en puntos críticos y en el caso de planos.

No queda claro el nivel de profundidad de los cables, lo que aumenta el riesgo.

Transformadores secos: descripción

La salida de los generadores es en 480Vac. A este nivel de voltaje viajan las acometidas y cuando llegan a un “punto de consumo” se baja la tensión a sistemas 120/208V.

Es evidente que todos los transformadores tienen capacidad de sobra para la carga actual.

- Análisis

La ubicación del transformador que está debajo del área de cocina se considera que es un punto de difícil acceso y mantenimiento.

Se considera necesario revisar si los transformadores cuentan con la protección primaria “de llegada” correcta.

Los transformadores se alimentan sin cable de tierra en el primario. Lo que se hace es sacar una tierra “nueva” en el secundario de cada transformador. Debe quedar claro el punto de aterrizamiento, debidamente registrable.

Consideraciones finales:

- La capacidad de los generadores está bien para la carga actual.
- Se recomienda diseñar un tablero principal en el cuarto eléctrico.

- Se recomiendan un levantamiento de las rutas del cableado enterrado y un programa de sustitución por cable especial, para ser directamente instalado sin necesidad de tubería.
- Particular atención merece el recorrido al “ranchito” que cruza un cauce de agua y cuya soportería no es confiable actualmente.
- Sustituir algunos tableros viejos y aprovechar para instalarlos a alturas más cómodas para dar mantenimiento.
- Instalar cable de tierra de los transformadores “aguas abajo”: búngalos, restaurantes, lavandería, ranchito, y tanto el cableado de alimentación como los circuitos internos.

6.2. Antecedente N.º 2

Título: Diseño generador eléctrico utilizando biogás.

Autor: Ing. Gerardo Lewis Díaz

Año: 2014.

Institución: Universidad Internacional de las Américas

En el 2014 fue presentado a la Universidad Internacional de las Américas el trabajo final de graduación titulado Diseño generador eléctrico utilizando biogás, del estudiante Gerardo Lewis Díaz, como requisito para optar por el grado de bachillerato en ingeniería electromecánica.

Esta investigación tenía como finalidad obtener información técnica sobre cómo generar energía eléctrica a partir de biogás, como lo hace una finca lechera ubicada en la finca Santísima Trinidad en San Cristóbal de Desamparados.

Primero se explican los diferentes tipos de biodigestores que se utilizan en fincas lecheras, dentro de los cuales se destaca el biodigestor tipo salchicha, que es la opción que se recomienda en el estudio.

Luego se presentan los cálculos para dimensionar el biodigestor y como resultado de ellos se decide comprar un biodigestor de 33,6 M3 marca VIOGAZ, modelo D9, que llega a producir hasta 7,4 M3 de biogás por día. También se seleccionó una planta de 8 KW que cubre la demanda de la finca.

Al finalizar el estudio se llegó a la conclusión de que para un futuro proyecto de generación este se debe diseñar con base en la carga instalada en la finca y no

en la cantidad de animales con los que se cuenta, ya que la cantidad de materia prima se puede ajustar con las horas-establo.

Al propietario se le recomienda modificar el sistema de trabajo y por eso es necesario maximizar los recursos a la hora de ordeñar vacas y cortar pasto. Como actualmente se realiza una labor y luego se efectúa la otra, se recomienda llevarlas a cabo en paralelo, para aprovechar la potencia del generador eléctrico.

Además, se hizo una evaluación del biodigestor existente para determinar si puede utilizarse en la generación eléctrica, pero no puede utilizarse porque se encuentra en un estado elevado de deterioro.

Capítulo I

Diagnóstico

El siguiente diagnóstico se aplica al proceso de control de tiempo que lleva el hotel Lapa Ríos Ecolodge, con el propósito de conocer el estado actual del proceso y cuál es el impacto que tiene para la organización.

1.1. Diagnóstico

En la actualidad la organización cuenta con un sistema eléctrico de carácter y costos tradicionales. Aunque se cuenta con una zona designada para establecer un generador de biogás, el terreno en sí no está siendo aprovechado.

Adicionalmente, la empresa cuenta con un total de 15 cerdos en crecimiento los cuales están a disposición inmediata de ser cumplidos los objetivos y el proyecto puesto en marcha; sin embargo, se desconoce aún si la cantidad actual será suficiente para generar electricidad considerable para reducir los costos.

La existencia de procesos manuales y la carencia de controles hacen que estos procesos tengan altas probabilidades de errores y abren la posibilidad de que se llenen de vicios.

Por último, de ser necesaria más materia prima para la generación de biogás, no se estiman la cantidad de cerdos por conseguir; pero se prevé espacio para acomodar más cerdos, de ser necesario.

1.2. Análisis FODA

En el presente apartado se realiza un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que presenta el hotel Lapa Ríos Ecolodge, enfocado mayormente en el problema existente.

1.2.1. Fortalezas

- Cuenta con terreno preparado y disponible para la implementación del generador de biogás.
- Cuenta con cerdos disponibles para comenzar a almacenar materia prima de manera inmediata, de ponerse en fase de ejecución el proyecto.

1.2.2. Oportunidades

- La faceta turística de la zona representa una oportunidad para cualquier empresa que quiera tildarse de socialmente responsables, y un proyecto como el generador de biogás potencialmente puede darle una ventaja sobre la competencia.

1.2.3. Debilidades

- Se tiene un mal manejo de la cantidad de materia prima que será necesaria para poner el proyecto como viable.
- El proceso cuenta con costos de arranque que podrían estar sujetos a resistencia al cambio.

1.2.4. Amenazas

- Es posible que la infraestructura de la zona, así como las tarifas gubernamentales que de los costos de la electricidad, cambien a través del tiempo y desbalancen el potencial beneficio de este proyecto. proceso

cuenta con costos de arranque que podrían estar sujetos a resistencia al cambio.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Instalación eléctrica

Se le llama instalación eléctrica residencial, comercial o industrial al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos dependientes de esta. El diseño de una instalación eléctrica contempla la selección de una variedad de equipos y materiales para que los beneficiarios tengan un suministro confiable y seguro.

A nivel nacional estos proyectos se encuentran regulados por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), respaldado en la última versión en español del Código Eléctrico Nacional, edición 2008 (NFPA 70). Por eso se busca que tales proyectos puedan “contar con instalaciones de alta calidad, seguras y confiables”, ya que tienen como objetivo contribuir a salvaguardar a los usuarios y equipos que usan la energía eléctrica para desempeñar sus labores.

2.1.1. Conceptos básicos

En el artículo 100, definiciones del capítulo I del Código Eléctrico Nacional 2008, se citan las definiciones siguientes:

Alimentador: “Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito ramal final.”

Canalización: “Conducto encerrado construido con materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras

conductoras. Las canalizaciones incluyen, pero no están limitadas a Conduit rígido metálico, Conduit rígido no metálico, Conduit metálico intermedio, Conduit flexible e impermeable, tuberías metálicas flexibles, Conduit metálico flexible, tuberías eléctricas no metálicas, tuberías eléctricas metálicas, canalizaciones subterráneas, canalizaciones para piso de concreto celular, para piso de metal celular, canalizaciones para superficie, de cables y de barras.

Dispositivo: “Elemento de un sistema eléctrico destinado a transportar la energía eléctrica, pero no a utilizarla.” Enchufe o clavija: “Dispositivo que, mediante inserción en un tomacorriente, establece una conexión entre los conductores del cable flexible unido a él y los conductores conectados en forma permanente al tomacorriente.”

Electrodoméstico: “Equipo de utilización, generalmente no industrial, que se fabrica normalmente en tamaños o tipos normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como por ejemplo lavar ropa, acondicionamiento del aire, mezclar alimentos, freír, etc.”

Equipo de acometida: “Equipo necesario, que consiste generalmente en un(os) interruptor(es) automático(s), o interruptor(es) y fusible(s), con sus accesorios, conectado(s) al extremo de carga de los conductores de acometida a una edificación u otra estructura u otra área designada, y destinado para constituir el control principal y de desconexión del suministro.”

Equipo de utilización: “Equipo que utiliza la energía eléctrica con propósitos electrónicos, electromecánicos, químicos, de calefacción, de alumbrado o similares.”

Factor de demanda: “Relación entre la demanda máxima de un sistema, o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo, en estudio.”

Gabinete: "Envolvente diseñado para montaje superficial o empotrado y consta de un marco o contramarco, del cual se sostiene(n) o puede(n) sostener una(s) puerta(s) de bisagra"

2.1.2. Partes de una instalación eléctrica

El diseño de una instalación eléctrica se puede dividir en diversas partes, empezando en el punto de conexión con la empresa distribuidora en donde se tiene la acometida. Esta incluye todos los dispositivos encargados de llevar la energía hasta el disyuntor principal.

Luego, a la conexión entre el disyuntor principal y el tablero principal se le conoce como alimentador. Algunas veces el diseño requiere varios tableros para mejorar la distribución. En estos casos la conexión entre el tablero principal y los tableros secundarios se conoce como sub-alimentador.

Después de los tableros se debe llevar la energía eléctrica hasta los puntos de consumo. Estas conexiones son llamadas circuitos ramales. En algunos casos estas conexiones serán dedicadas a un solo equipo, mientras que en otros conectará a un conjunto de dispositivos.

Las regulaciones para hacer una correcta selección se pueden encontrar en el Código Eléctrico Nacional. (NEC 2008).

En la selección de calibres, además de corroborar que la corriente nominal del circuito ramal no supere la corriente máxima que puede circular por el cable se debe revisar la caída de tensión en los conductores. Esta pérdida es debida a que la

resistencia eléctrica del cobre está limitada por los artículos 210 y 215 del NEC (ver 2.1.3 Artículos de interés).

El diseño eléctrico debe ser capaz de protegerse contra sobrecargas y cortocircuitos. Para esto se debe seleccionar una serie de protecciones que se colocan en los tableros, ya sea principales o secundarios. Los dispositivos de protección suelen ser disyuntores o fusibles. Ambos interrumpen el paso de corriente ante una eventualidad. Sin embargo, la diferencia radica en que el disyuntor es reutilizable; mientras que en el fusible destruye un filamento interno para poder interrumpir el paso de la corriente, el cual no es reemplazable.

2.1.3. Artículos de interés

Debido a la gran extensión y profundidad que posee el Código Eléctrico Nacional, a continuación se muestran los artículos más distinguidos para el rediseño eléctrico por desarrollar.

- 210.19(A)(1)

En este artículo se aclara que el calibre de cada ramal debe tener la capacidad de soportar la carga máxima de lo que tiene conectado. Además, “cuando un circuito ramal alimente cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor del circuito ramal, antes de la aplicación de cualquier factor de corrección o ajuste, debe tener una capacidad permisible no inferior a la carga no continua más 125% de la carga continua”. (National Fire Protection Association, 2008).

- 220.12

En este artículo se presenta la tabla 220.12 (ver los anexos), la cual muestra la carga mínima para iluminación según el tipo de actividad que se desarrolle dentro de la instalación. Para el caso de los bancos se deben tomar como mínimo 22 VA/m² (2 VA/ft²).

- 220.14

El artículo 220.14 habla de la estimación de la carga mínima para las salidas de toma corrientes de uso general para distintos casos. En este apartado se dice que se puede tomar una potencia mínima de 11 VA/m² (1 VA/ft²) o calcularse según el artículo 220.14(I), el cual dice que cada receptáculo simple o múltiple de un solo yugo se debe considerar a un mínimo de 180 VA.

- 220.61(A)

A la hora de diseñar el alimentador, “la carga máxima no equilibrada debe ser la carga neta máxima calculada entre el conductor neutro y cualquier otro conductor no puesto a tierra”. (National Fire Protection Association, 2008). Se permitirá que una acometida o un alimentador que alimente las siguientes cargas tenga un factor de demanda adicional de 70%, que se aplica a la cantidad indicada en 220.61 (B) (1).

- 250.30 (A)

Sistemas puestos a tierra. Un sistema de corriente alterna derivado separadamente que está puesto a tierra debe cumplir con lo que se establece en las secciones 250.30(A) (1) hasta (A) (8).

- 310.4

En el punto (A) establece que los conductores instalados en paralelo no deben ser inferiores al calibre AWG #1/0. Y en su nota (B) se aclaran las características que deben tener los conductores en paralelo para acometidas:

1. De igual longitud
2. Del igual material
3. Del mismo calibre (área circular en mils)
4. De igual aislamiento
5. Terminar en los mismos nodos de conexión

- 310. 15(B)

En este artículo se establece que, para la selección de conductores con una tensión menor a 2000 V nominales, se debe usar la capacidad de los calibres que se muestran en las tablas de la 310.16 hasta la 310.19.

- 310. 15(B) (2)(a)

Cuando se tienen más de tres cables portadores de corriente en una canalización se debe castigar su capacidad por un factor de corrección. Estos factores de corrección se pueden encontrar en la tabla 310.15 (B) (2) (a) (ver en los anexos). Hay que tener claro que “cada conductor portador de corriente de un grupo paralelo de conductores se debe contar como un conductor portador de corriente”. (National Fire Protection Association, 2008).

- 310.15(B)(2)(a)

Tabla de “Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts y 60° C a 90° C” (National Fire Protection Association, 2008) (ver en los anexos).

- 430.6

Para cuando se tengan motores dentro del diseño eléctrico, este artículo dice que los calibres deben ser seleccionados según las tablas de capacidad permisibles. Además, aclara que las ampacidades de los motores se deben establecer según lo especificado en las secciones 430.6(A), (B) y (C).

- 430.6(A)(2)

“La protección independiente contra sobrecarga de un motor se debe basar en el valor nominal de corriente de la placa de características del motor”. (National Fire Protection Association, 2008)

- 445.13

En cuanto a la capacidad de los calibres que conectan al generador con el primer dispositivo de distribución, los calibres deben tener una capacidad de al menos “115 por ciento de la corriente nominal marcada en la placa de características del generador”. (National Fire Protection Association, 2008)

Para el cable de neutro se debe diseñar de acuerdo con el artículo 220.61; mientras que el calibre para la puesta a tierra tiene que respetar lo estipulado en el artículo 250.30(A)

2.2. ¿Qué es la biomasa?

Para (BUN-CA), 2002.

La biomasa es toda materia o sustancia orgánica renovable de origen vegetal o animal. Con el uso masivo de combustibles fósiles la generación energética por medio de la biomasa fue disminuyendo progresivamente. En la actualidad los países en vías de desarrollo representan 50% de la población mundial dependiente de la biomasa tradicional, principalmente la leña, como fuente de energía primaria. Esto provoca en algunos casos problemas como la deforestación o reducción de la biodiversidad.

En los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente. El elevado costo de los combustibles fósiles y los avances tecnológicos han facilitado la aparición de sistemas para el aprovechamiento energético a partir de la biomasa, que son cada vez más eficientes, confiables y limpios. Se hace una conversión de biomasa en energía y esta se transforma en combustibles líquidos o gaseosos, los cuales son más eficientes.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas. En ellos se producen residuos que normalmente son dejados en el campo, de los que se aprovecha solo un bajo porcentaje con fines energéticos.

El uso de la biomasa ofrece una alternativa para reducir los costos de generación por concepto de consumo energético. Además, presenta una solución para los problemas higiénicos ocasionados por los desechos orgánicos y mejora la calidad

de los suelos agrícolas con el uso de los fertilizantes producto del desecho del proceso.

La biomasa es considerada una fuente renovable de energía cuya esencia proviene del sol. Mediante el proceso de la fotosíntesis los vegetales absorben y almacenan una parte de la energía solar que llega a la tierra, la clorofila de las plantas captura la energía del sol y convierte el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos. Así se forma la materia orgánica⁴

Cuando estos carbohidratos se queman regresan a su forma original, dióxido de carbono y agua y se libera la energía que contienen⁵. Por lo tanto, se puede considerar que la biomasa es un gran acumulador de energía que almacena la energía del sol, por lo que se produce en forma sostenida. Este ciclo puede durar indefinidamente.

El reino animal también transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos.

Los recursos productores de biomasa están compuestos por cualquier fuente de materia orgánica, como desechos agrícolas y forestales, plantas acuáticas, desechos animales y la basura de las ciudades. Por ello su disponibilidad varía según las regiones, la actividad productiva, la geografía, la densidad de población etc. Su aprovechamiento depende del manejo y la recolección de la materia orgánica y de las condiciones específicas de cada proceso.

2.2.1. Algunas características de la biomasa

BUN-CA (2002) señala que “los recursos biomásicos se presentan en diferentes estados físicos que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos de conversión de energía que se puede utilizar en cada caso en particular. Por ejemplo, los desechos forestales indican procesos de combustión directa o termoquímica, los desechos animales indican el uso de procesos anaeróbicos o bioquímicos”.

Las características químicas y físicas de la biomasa determinan el tipo de combustible que se puede generar. El contenido de humedad de la biomasa es la relación de la masa del agua contenida por kilogramo de materia seca. Es necesario que para los procesos de conversión de la energía la cantidad de humedad sea inferior a 30%. El poder calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa y está relacionado directamente con su contenido de humedad. Por eso un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión, debido a que una parte del calor liberado se utiliza en la evaporación del agua.

2.2.2. Convirtiendo biogás en energía

Según lo indica BUN-CA (2002), el contenido calórico por unidad de masa es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa. Su poder calórico está relacionado directamente con su contenido de humedad.

Un elevado porcentaje de humedad reduce la eficiencia de la combustión, debido a que una gran parte del calor liberado se usa para evaporar el agua y no se aprovecha en la reducción química del material.

La electricidad generada a partir de los recursos biomásicos puede ser comercializada como “energía verde”, pues no contribuye al efecto invernadero por estar libre de emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Este tipo de energía puede ofrecer nuevas opciones al mercado, ya que su estructura de costos permitirá a los usuarios soportar mayores niveles de inversión en tecnologías eficientes, lo cual incrementará la industria bioenergética.

2.3. Biodigestores

BUN-CA (2002)

Para poder producir el biogás se necesita de un biodigestor, que es un reactor similar al estómago de los seres vivos, el cual realiza un proceso de digestión en ausencia de oxígeno.

Para diseñar, construir y operar plantas de biogás, llamadas biodigestores, es necesario conocer los procesos fundamentales involucrados en la fermentación del metano. Este proceso anaeróbico involucra la actividad de cuatro diferentes comunidades bacterianas. Así, el biogás se obtiene al descomponerse la materia orgánica debido a la acción de cuatro tipos de bacterias, en ausencia de oxígeno, lo cual se llama fermentación anaeróbica.

Los tipos de bacterias presentes en el proceso son las siguientes:

- a. Las hidrolíticas, que producen ácido acético, de compuestos monocarbonados, ácidos grasos orgánicos y otros compuestos policarbonados.
- b. Las acetogénicas, que son productoras de hidrógeno.
- c. Las homoacetogénicas, que pueden convertir una cantidad considerable de compuestos multicarbonados o monocarbonados en ácido acético.
- d. Las metanogénicas, productoras del gas metano, principal componente del biogás, con una proporción de 40 a 70 % de metano (CH_4) y de 30 a 60% de dióxido de carbono (CO_2).

El sustrato o afluente es el material de partida en la producción de biogás. En principio todos los materiales orgánicos pueden fermentar o ser digeridos. Sin embargo, solo algunos pueden ser utilizados como sustratos en plantas de producción sencillas. Excremento y orina de vacas, cerdos y posiblemente aves de corral son algunos ejemplos.

Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente y efluente, respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás. La materia que abandona el biodigestor llamada efluente se constituye en un magnífico abono orgánico.

En el año 1980 el Instituto Tecnológico de Costa Rica organizó un simposio, en el mes de agosto, en el que se expuso la forma correcta de diseñar un biodigestor,

tomando como referencia la teoría estudiada por el autor Charles C. Ross en su libro en inglés titulado “Manual para la utilización del biogás”. Posteriormente a este simposio, la Editorial Tecnológica de Costa Rica publica un manual en español en el que se detalla cómo diseñar y construir un biodigestor, que serviría de base para cualquier diseño eléctrico en que se utilice biogás.

2.3.1. Tipos de biodigestores

Existen diversos tipos o modelos de biodigestores los cuales varían en forma y tamaño de acuerdo con su aplicación o caso específico.

En general, los biodigestores son recipientes cerrados con ausencia total de oxígeno. Los microorganismos que son estrictamente anaeróbicos descomponen la materia orgánica para producir metano más otros gases. Por lo tanto, se requiere que el biodigestor esté completamente sellado para facilitar el crecimiento de bacterias anaeróbicas; además, para evitar pérdida del gas producido.

Según se describió en el Simposio Centroamericano sobre Aplicaciones de Energía Biomásica (1985), los biodigestores cuentan con dos partes fundamentales:

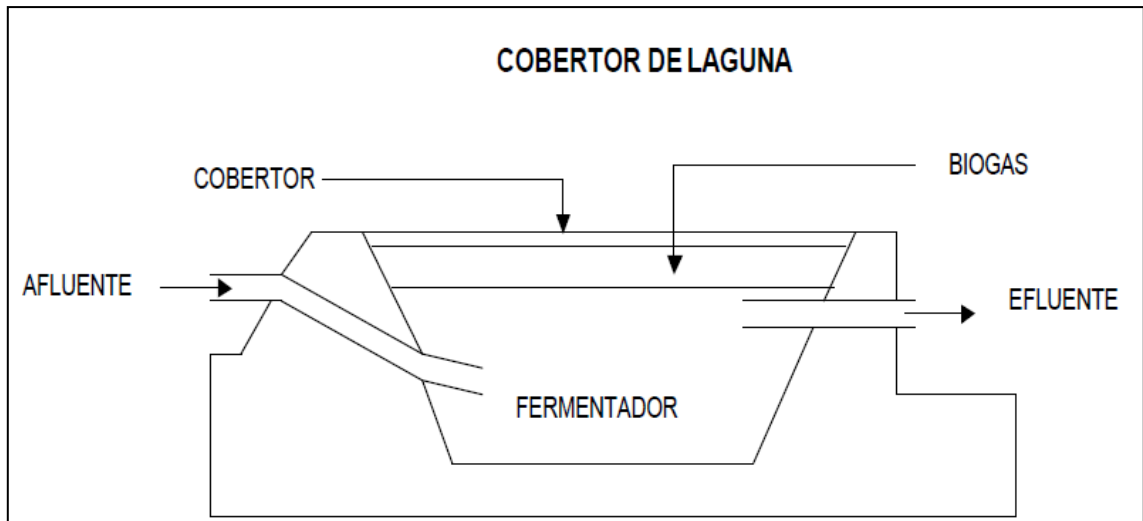
- La cámara de fermentación, en donde la biomasa sufre la descomposición por parte de las bacterias anaeróbicas y se produce un gas combustible llamado biogás, compuesto en su mayoría por metano.
- La segunda es la cámara en la que se almacena el gas.

- La pila de carga es por donde ingresa el afluente al biodigestor. Este afluente se debe preparar con una relación determinada de agua o líquidos orgánicos, dependiendo del tipo de biomasa que se utiliza.
- En la pila de descarga es por donde se obtiene el efluente, que es un excelente abono orgánico, para ser esparcido en los terrenos de cultivo.
- El agitador que se utiliza para remover las natas que se forman en la superficie del digestor.
- Por la tubería del gas es por donde sale el gas del biodigestor para luego ser quemado.

Para Ross (1988), entre los tipos de biodigestores están:

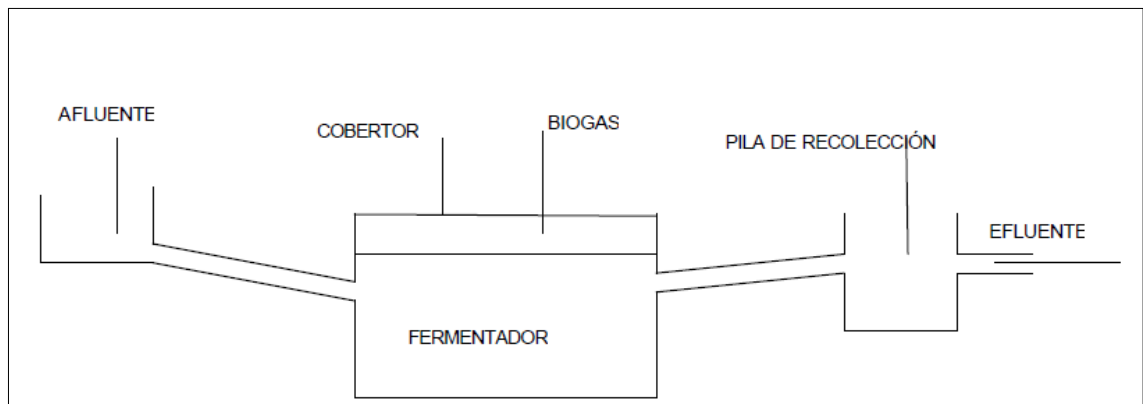
Biodigestor tipo cobertor de laguna. Este se encarga de cubrir parte de un pantano o laguna para aprovechar la biomasa presente en los sedimentos del pantano. La Ilustración 2.1 muestra la técnica utilizada para el aprovechamiento de la biomasa de la laguna utilizando un biodigestor anaeróbico.

Ilustración 2.1: Biodigestor tipo cobertor de laguna
Fuente: Ross, C. (1988)



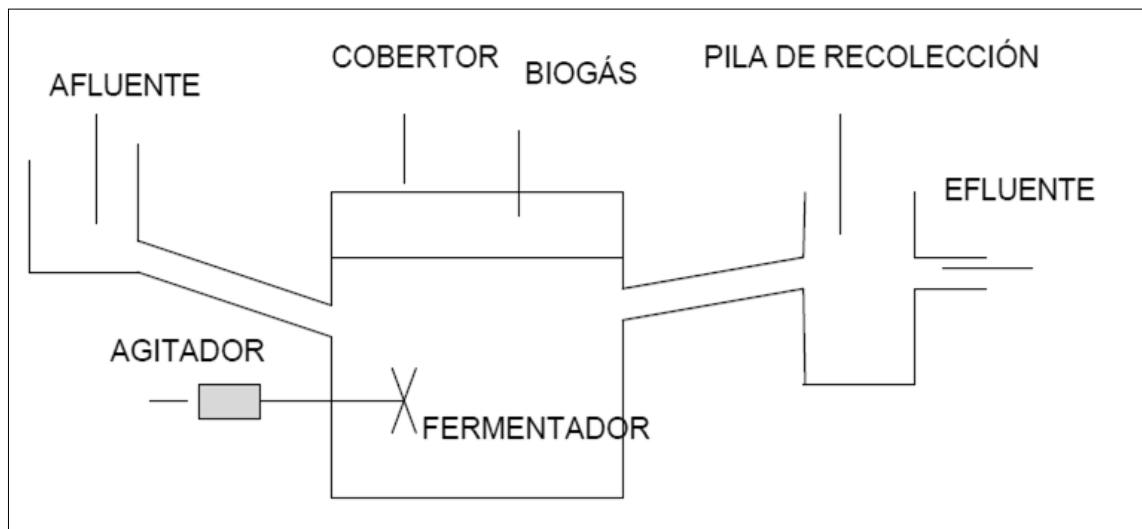
Biodigestor convencional. El dispositivo más simple de este tipo está formado por un recipiente cerrado de base cónica saliente, dotado de un conducto lateral para la entrada de los residuos, otro superior de escape del gas y un tercero inferior para evacuar los demás productos de la digestión.

Ilustración 2.2: Biodigestor convencional
Fuente: Ross, C. (1988)



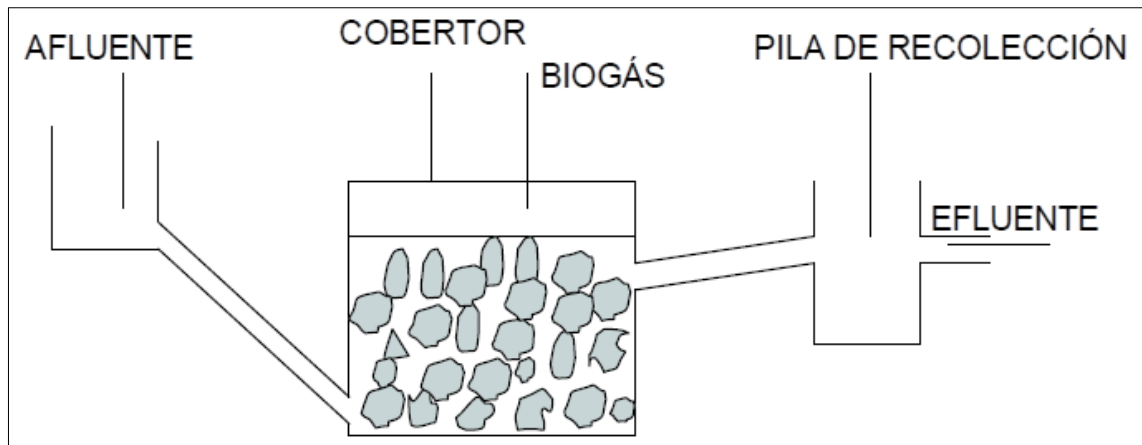
Biodigestor con agitador. Los biodigestores son más perfeccionados. Disponen de un agitador y de un calefactor que regulan la homogeneidad y la temperatura del proceso.

Ilustración 2.3: Biodigestor con agitador
Fuente: Ross, C. (1988)



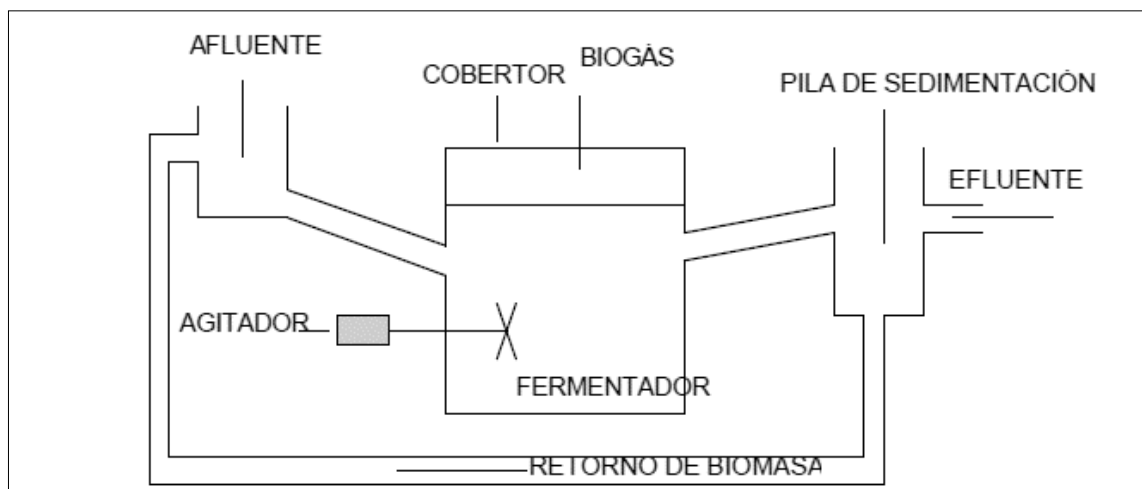
Biodigestor de filtro anaeróbico. Estos cuentan, además de agitador y calefactor, con otros sistemas para enriquecer la flora bacteriana.

Ilustración 2.4: Biodigestor de filtro anaeróbico
Fuente: Ross, C. (1988)



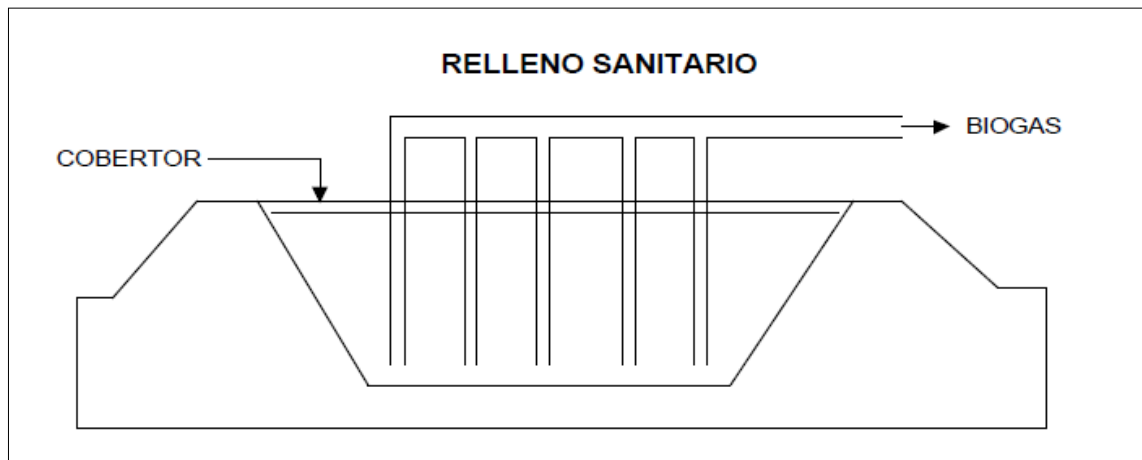
Biodigestor de filtro anaeróbico con agitador. Este tipo de biodigestor cuenta con una pila de sedimentación de efluente para la eliminación de sólidos suspendidos, incluidos microorganismos, los cuales son separados y devueltos al biodigestor.

Ilustración 2.5: Biodigestor de filtro anaeróbico con agitador
Fuente: Ross, C. (1988)



Biodigestor tipo relleno sanitario. Este tipo corresponde a los rellenos sanitarios en donde por el proceso de tratado de la basura queda como dentro de una gran bolsa, en la que se introduce tubería para la extracción del biogás.

Ilustración 2.6: Biodigestor tipo relleno sanitario
Fuente: Ross, C. (1988)



2.4. Generación eléctrica por medio de biogás

Bastos (2003)

Para las aplicaciones de generación eléctrica por medio de biogás se alimenta el motor de combustión interna con biogás, que está conectado a un generador. Estos motores pueden consumir GLP, gasolina o diésel. Existen diversos tipos o modelos de biodigestores los cuales varían en forma y tamaño de acuerdo con su aplicación o caso específico.

En general, los biodigestores son recipientes cerrados en que hay ausencia total de oxígeno. Los microorganismos que son estrictamente anaeróbicos descomponen la

materia orgánica y producen metano, más otros gases. Por lo tanto, se requiere que el biodigestor esté completamente sellado para facilitar el crecimiento de bacterias anaeróbicas; además, para evitar pérdida del gas producido.

2.4.1. Motores de gas

Los motores de gas mecánicamente son idénticos a los motores de combustión de gasolina. La diferencia radica en la admisión del combustible. En los motores de gas esta admisión se realiza por medio de una válvula que regula la presión, con la que se inyecta el gas licuado directamente en el carburador.

Las modificaciones que se deben realizar a este motor para utilizarlo en la generación de electricidad, a partir del consumo de biogás, es modificar levemente la presión de inyección del gas, para que se ajuste a las condiciones del biogás. El porcentaje de sustitución de biogás por gas GLP es de 100%. Así, se puede realizar una conexión de la tubería de biogás al sistema de modo que el equipo pueda operar con ambos combustibles.

Se recomienda que las cargas aplicadas sean constantes, para evitar los problemas de regulación del motor y por tanto una ineficiente calidad de la energía suministrado por el generador.

Para el caso de cargas variables el flujo de gas hacia el motor se debe regular por medio de un sistema de control especialmente diseñado, que garantice el flujo del gas al motor para responder a las diferentes demandas de potencia generadas por las cargas aplicadas.

2.4.2. Motores de diésel

Los motores de diésel se pueden operar con una sustitución por biogás hasta en 70%, y un consumo de diésel del 30% restante, por lo que el motor no sufre ninguna alteración al consumir los dos tipos de combustible al mismo tiempo. Para realizar estas adaptaciones se puede de colocar una tubería de tipo “T” entre el filtro y el sistema de admisión del aire, donde se conecta la tubería del biogás. Idealmente, se deberá instalar una válvula en esta tubería para regular el suministro del biogás y ajustarlo al porcentaje requerido de operación.

Para este tipo motores la mezcla de diésel y biogás se realiza directamente en la cámara de combustión del motor. Cuando el motor recibe el biogás por la entrada de aire, este se acelera, por lo que el gobernador de la bomba de inyección reduce la cantidad de diésel suministrado a la cámara de combustión. Se logra así una estabilidad en la aceleración y la potencia del motor. Estos motores soportan las variaciones de carga sin tener que operar la válvula de regulación del biogás, lo que permite operar en un rango más amplio de carga.

Para los arranques del motor se debe alimentar únicamente con diésel. Una vez arrancado el motor se realiza la transferencia de biogás gradualmente hasta alcanzar el porcentaje deseado. Se recomienda una sustitución que no sobrepase 70% de biogás por diésel, porque pueden ocurrir daños en el motor.

2.5. Análisis financiero

2.5.1. Valor actual neto

El valor actual neto, también conocido como VAN por sus iniciales, es una técnica que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión y calcular su diferencia. Esto se logra trazando una línea de tiempo de valor real y descontándolos a un tipo de interés determinado. El propósito del VAN es dar a conocer el valor económico que tiene un proyecto en un momento determinado.

Para poder calcular el VAN se requieren una serie de valores, los cuales son:

- Inversión inicial del proyecto, la cual debe estar enumerada en valor económico, es decir, en una moneda.
- Tasa de descuento con respecto a la inversión. Esta tasa hace referencia a un porcentaje, como puede ser un préstamo bancario para la cantidad de la inversión inicial.
- Flujos de caja definidos en el periodo. El periodo se define por años, normalmente, aunque puede ser fijado a conveniencia según cómo se desee utilizar la fórmula.

La siguiente fórmula ejemplifica cómo calcular el VAN de manera simplificada:

Ilustración 2.7: Fórmula VAN

Fuente: La autora

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+k)} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{Qn}{(1+k)^n}$$

En este caso la variable 'A' define la inversión inicial, es decir, el costo de poner un proyecto en marcha. Luego, por cada periodo se debe ir sumando una fracción compuesta por 'Q', que hace referencia al flujo de caja de ese periodo, y se divide entre 'k', que se refiere a la tasa de descuento predeterminada sumado a uno.

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones. En primer lugar, determina si del todo las inversiones son tangibles y logrables y, en segundo lugar, es para ver cuál inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- Si el valor actual neto del periodo supera 0, lo cual quiere decir que el proyecto generará beneficios, sí se realiza para esa cantidad de periodos.
- Si el valor actual neto es igual a 0, quiere decir que el proyecto no generará ni ganancias ni pérdidas.
- Si el valor actual neto es menor a 0, entonces el proyecto producirá pérdidas para ese periodo y por tal se considera una mala inversión para ese periodo.

2.5.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno busca, de manera similar al caso del VAN, valoración de inversiones generadas por una inversión; pero en vez de buscar un

valor a través de los años busca el porcentaje ideal de inversión que causaría al valor actual neto igualar y superar 0.

Por eso mismo, para el cálculo de la tasa interna de retorno se utiliza la misma fórmula del VAN, con la diferencia de que el valor VAN se substituye por 0, y, en vez de utilizar una tasa de descuento predeterminada, este es el valor que debe ser despejado. Cuando el VAN sea cero, entonces 'k' corresponderá a la tasa interna de retorno.

Esto permite determinar de manera crítica y objetiva cuál es el límite porcentual aceptable de descuento que se debe tener en una inversión. En otras palabras, cualquier inversionista que desea apoyar el proyecto debe estar dispuesto a dar un porcentaje de TIR mayor al calculado con esta fórmula, y cuanto más alto sea el valor mejor financiamiento tendrá el proyecto.

$$0 = \text{Inversión Inicial} + \frac{\text{Flujo de caja}}{(k + \text{Tasa de interés})^1} + \frac{\text{Flujo de caja}}{(k + \text{Tasa de interés})^n}$$

La TIR puede describirse también como aquel valor de (k) que satisface la siguiente ecuación:

$$I_0 = \frac{\text{Flujo de caja}}{(1 + k)^1} + \frac{\text{Flujo de caja}}{(1 + k)^n}$$

Capítulo III

Marco metodológico

En este capítulo se explican los aspectos metodológicos utilizados para elaborar el proyecto: tipo de investigación, fuentes, variables y definiciones. Para poder elegir la metodología utilizada en la investigación es necesario conocer y detallar los diferentes tipos de investigación utilizables.

3.1. ¿Cómo se define el término investigación?

Hernández, Fernández y Baptista (2010) definen la investigación como "...un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno" (p. 4).

La necesidad de investigar surge cuando se conoce la existencia de un problema o un asunto que necesita aclararse y se necesita profundizar más y obtener más información. Entonces se busca aquello que sirva de base para poder solucionarlo o aclararlo.

3.2. Tipo de enfoques

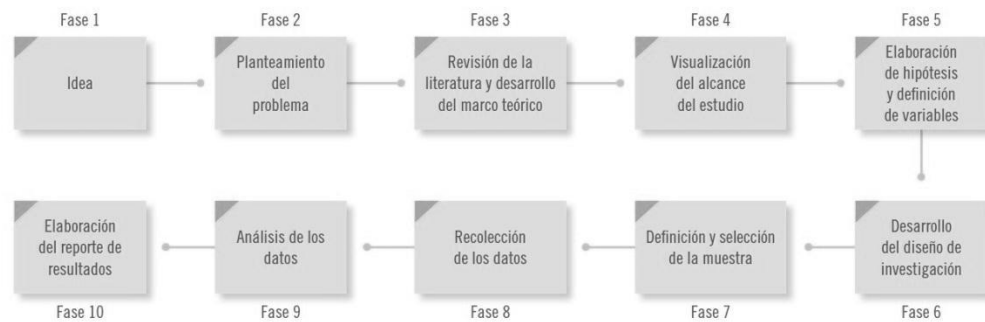
3.2.1. Enfoque cuantitativo

Para Hernández *et al* (2010) cada etapa precede a la siguiente, por lo que no se puede proceder "brincando o eludiendo" pasos. El orden es riguroso aunque, desde luego, se puede redefinir alguna fase. Se parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación. Se revisa la literatura y se construye un marco o perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables. Se elabora un diseño para probarlas y se miden las variables en un determinado contexto. Luego se analizan las

mediciones obtenidas (con frecuencia utilizando métodos estadísticos) y se establecen una serie de conclusiones respecto de la(s) hipótesis (p. 4). La siguiente ilustración muestra el proceso cuantitativo:

Ilustración 3.1: Proceso cuantitativo

Fuente: Hernández *et al* (2010, p. 5)



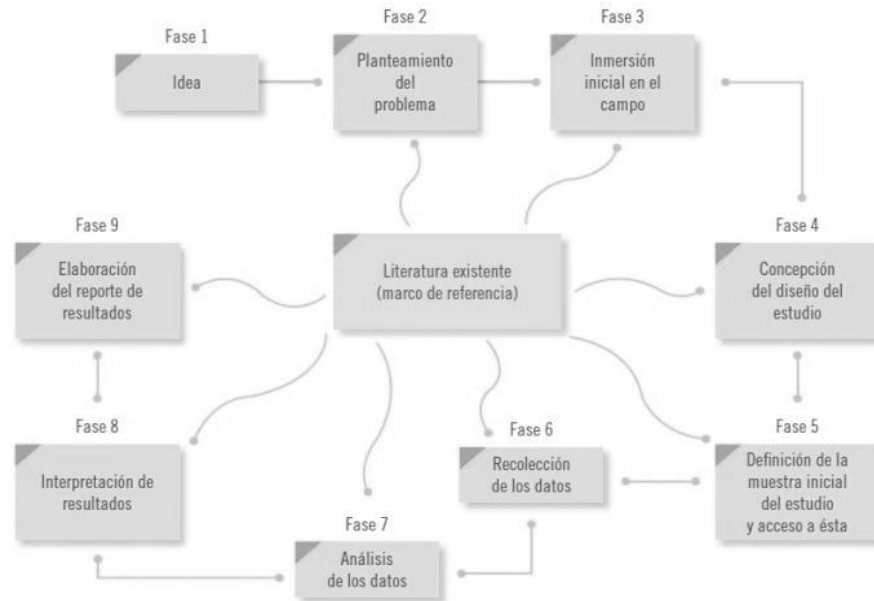
3.2.2. Enfoque cualitativo

Para Hernández *et al* (2010) el enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis anteceda a la recolección y el análisis de los datos, como en la mayoría de los estudios cuantitativos, los estudios cualitativos pueden generar preguntas e hipótesis antes, durante o después del análisis y la recolección de los datos.

Con frecuencia estas acciones sirven primero para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes y, después, para refinarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera eficiente en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien

“circular” en el que su secuencia no es la misma; varía de acuerdo con cada estudio en particular (p. 7). La siguiente Ilustración muestra el proceso cualitativo:

Ilustración 3.2: Proceso cualitativo
Fuente: Hernández *et al* (2010, p. 8)



3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación descriptiva

Para Hernández *et al* (2010) los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos, o cualquier otro fenómeno que se someta a análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, que su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas (p. 80).

Así como los estudios exploratorios sirven para descubrir y prefigurar, los estudios descriptivos son útiles para mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, contexto o situación. En esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué se medirá (cuáles conceptos, variables, elementos, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, comunidades, objetos, animales, hechos, etc.) (p. 80).

3.3.2. Investigación exploratoria

Para Hernández *et al* (2010) los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan solo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si se desea indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas (p. 79).

Los estudios exploratorios sirven para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados (p. 79).

Los estudios exploratorios en pocas ocasiones constituyen un fin en sí mismos, pues generalmente determinan tendencias e identifican áreas, ambientes, contextos y situaciones de estudio, relaciones y estudios exploratorios. Se realizan cuando el

objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o relaciones potenciales entre variables; o cuando establecen el “tono” de investigaciones posteriores más elaboradas y rigurosas (p. 79-80).

3.3.3. Investigación correlacional

Para Hernández *et al* (2010) este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. En ocasiones solo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio relaciones entre tres, cuatro o más variables. Los estudios correlacionales, al evaluar el grado de asociación entre dos o más variables, miden cada una de ellas (presuntamente relacionadas) y después cuantifican y analizan la vinculación. Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a prueba (p. 81).

La utilidad principal de los estudios correlacionales es saber cómo se puede comportar un concepto o una variable al conocer el comportamiento de otras variables vinculadas. Es decir, intentar predecir el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos o casos en una variable, a partir del valor que poseen en la o las variables relacionadas (p. 81).

3.3.4. Investigación explicativa

Para Hernández *et al* (2010) los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es

decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (p. 83-84)

3.4. Fuentes de información

3.4.1. Fuentes primarias

Para Hernández *et al* (2010) las referencias o fuentes primarias proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes. Ejemplos de estas son: libros, antologías, artículos de publicaciones periódicas, monografías, tesis y disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, trabajos presentados en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, testimonios de expertos, documentales, videocintas en diferentes formatos, foros y páginas en internet, etcétera (p. 53).

3.4.2. Fuentes secundarias

Para Salkind (1999) las fuentes secundarias son las que se examinan si se quiere encontrar un resumen erudito de las investigaciones que se han realizado en un área específica, o si busca fuentes de referencia adicionales. (p. 62)

Para Hernández *et al* (2010), en general, las funciones de las fuentes secundarias se pueden dividir en dos categorías principales. En primer lugar, para proporcionar a los usuarios una síntesis de la información que existe en los documentos primarios

acerca de temas de interés y, segundo, para remitirlos a las obras cuyos contenidos pueden ayudar a ubicar y obtener la información necesaria (p. 90).

Algunos ejemplos de fuentes de información secundaria pueden ser:

- Publicaciones
- Enciclopedias
- Diccionarios
- Índices
- Resúmenes
- Patentes
- Normas

3.5. Variables

Hernández *et al* (2010) opinan que la investigación como una variable es una propiedad que puede oscilar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse. Ejemplos de variables son el género, la motivación intrínseca hacia el trabajo, el atractivo físico, el aprendizaje de conceptos, la religión, la resistencia de un material, la agresividad verbal, la personalidad autoritaria, la cultura fiscal y la exposición a una campaña de propaganda política. El concepto de variable se aplica a personas u otros seres vivos, objetos, hechos y fenómenos, los cuales adquieren diversos valores respecto de la variable referida. Por ejemplo, la inteligencia, ya que es posible clasificar a las personas de acuerdo con su inteligencia, pues no todas las personas la poseen en el mismo nivel; es decir, varían en ello (p. 93).

Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando llegan a relacionarse con otras variables, es decir, si forman parte de una hipótesis o una teoría. En este caso se les suele denominar constructos o construcciones hipotéticas (p. 93).

3.5.1. Definición conceptual

Hernández *et al* (2010) indican que una definición conceptual trata a la variable con otros términos. Así, inhibición proactiva se podría definir como: “la dificultad de evocación que aumenta con el tiempo”; y poder como: “influir más en los demás que lo que estos influyen en uno”. Se trata de definiciones de diccionarios o de libros especializados (Kerlinger, 2002; Rojas, 2001) y cuando describen la esencia o las características de una variable, objeto o fenómeno se les denomina definiciones reales (Reynolds, 1986). Estas últimas constituyen la adecuación de la definición conceptual a los requerimientos prácticos de la investigación. De esa forma, el término actitud se definiría como “una tendencia o predisposición a evaluar de cierta manera un objeto o un símbolo de este objeto” (Haddock y Maio, 2007; Kahle, 1985; y Oskamp, 1991) (p. 110).

3.5.2. Definición instrumental

Para Barrantes (1999) no solo deben definirse las variables conceptuales y operacionalmente; también deben instrumentalizarse. Para ello deben definirse y elaborarse los instrumentos y medios con los que se recolectará la información:

observación, encuestas, registros o cualquier otra técnica que sea el medio útil para tal efecto. Los instrumentos nacen de las variables y de los objetivos. Nunca podría elaborarse, por ejemplo un cuestionario, sin tener definida la variable o variables que den origen a los diferentes ítems o preguntas que buscarán la información pertinente. Solo así nunca faltarán o sobrarán preguntas en un cuestionario (p. 139).

3.5.3. Definición operacional

Hernández *et al* (2010) indican que una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describe las actividades que un observador debe realizar para recibir las impresiones sensoriales, las cuales indican la existencia de un concepto teórico en mayor o menor grado (Reynolds, 1986, p. 52). En otras palabras, especifica cuáles actividades u operaciones deben realizarse para medir una variable. Una definición operacional dice que para recoger datos respecto de una variable hay que hacer esto y esto otro. Además, articula los procesos o acciones de un concepto que son necesarios para identificar ejemplos de este (McGregor, 2006). Así, la definición operacional de la variable “temperatura” sería el termómetro; e “inteligencia” se definiría operacionalmente como las respuestas a una determinada prueba de inteligencia (por ejemplo: Stanford-Binet o Wechsler) (p. 111).

3.6. Definición de instrumentos

Existen diversos instrumentos para recolectar la información necesaria para llevar a cabo la investigación. A continuación se describen de forma teórica los instrumentos utilizados.

3.6.1. Observación

Valles (1999) señala: La distinción entre observación científica y observación común suele ser uno de los ejes entorno a los que gira la reflexión de algunos metodólogos. Se trata de un planteamiento que parte de la experiencia humana de observar y señala una serie de requisitos para dar a ésta una categoría de científicidad. Por ejemplo, Ruiz Olabuénaga & Ispizua (1989: pp. 79-80) lo expresan claramente en el siguiente extracto:

“La observación es una de las actividades comunes de la vida diaria... Esta observación común y generalizada puede transformarse en una poderosa herramienta de investigación social y en técnica científica de recogida de información si se efectúa:

Orientándola y enfocándola a un objeto concreto de investigación formulado de antemano.

Planificándola sistemáticamente en fases, aspectos, lugares y personas.

Controlándola y relacionándola con posiciones y teorías sociales.

Sometiéndola a controles de veracidad, de objetividad, de fiabilidad y de precisión.”

(pp. 142-143).

3.6.1.1. Entrevistas

Hernández *et al* (2010) comentan que al hablar sobre los contextos en los cuales se aplica un cuestionario (instrumentos cuantitativos) se comentaron algunos aspectos de las entrevistas. No obstante, la entrevista cualitativa es más íntima, flexible y abierta (King y Horrocks, 2009). Esta se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados). En el último caso podría ser tal vez una pareja o un grupo pequeño como una familia (claro está), en la que se puede entrevistar a cada miembro del grupo individualmente o en conjunto; esto sin intentar llevar a cabo una dinámica grupal, lo que sería un grupo de enfoque).

En la entrevista, por medio de las preguntas y respuestas se logra una comunicación y la construcción conjunta de significados respecto a un tema (Janesick, 1998).

Las entrevistas se dividen en estructuradas, semiestructuradas o no estructuradas, o abiertas (Grinnell y Unrau, 2007). En las primeras (entrevistas estructuradas) el entrevistador realiza su labor con base en una guía de preguntas específicas y se sujeta exclusivamente a esta (el instrumento prescribe cuáles cuestiones se preguntarán y en qué orden). Las entrevistas semiestructuradas, por su parte, se basan en una guía de asuntos o preguntas y el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre los temas deseados (es decir, no todas las preguntas están predeterminadas). Las entrevistas abiertas se fundamentan en una guía general de contenido y el entrevistador tiene toda la flexibilidad para manejarla (él o ella es quien lleva el ritmo, mantiene la estructura y fija el contenido). Regularmente, en la

investigación cualitativa las primeras entrevistas son abiertas y de tipo “piloto”, y van estructurándose conforme avanza el trabajo de campo, pero no es lo usual que sean estructuradas (p. 418).

Capítulo IV

Desarrollo

Como resultado de este estudio o proyecto se diseñará un modelo de biodigestor para el hotel que le sirva de herramienta complementaria para la generación de la energía requerida para su funcionamiento. Con esta fórmula se contribuirá a disminuir el volumen de consumo de combustible utilizado actualmente para la operación de la planta de generación de energía, lo cual se hace utilizando diésel. Como ya se indicó, en busca de dicha mejora el proyecto consiste en diseñar un modelo de biodigestor que llene las necesidades de la empresa para los propósitos ya dichos.

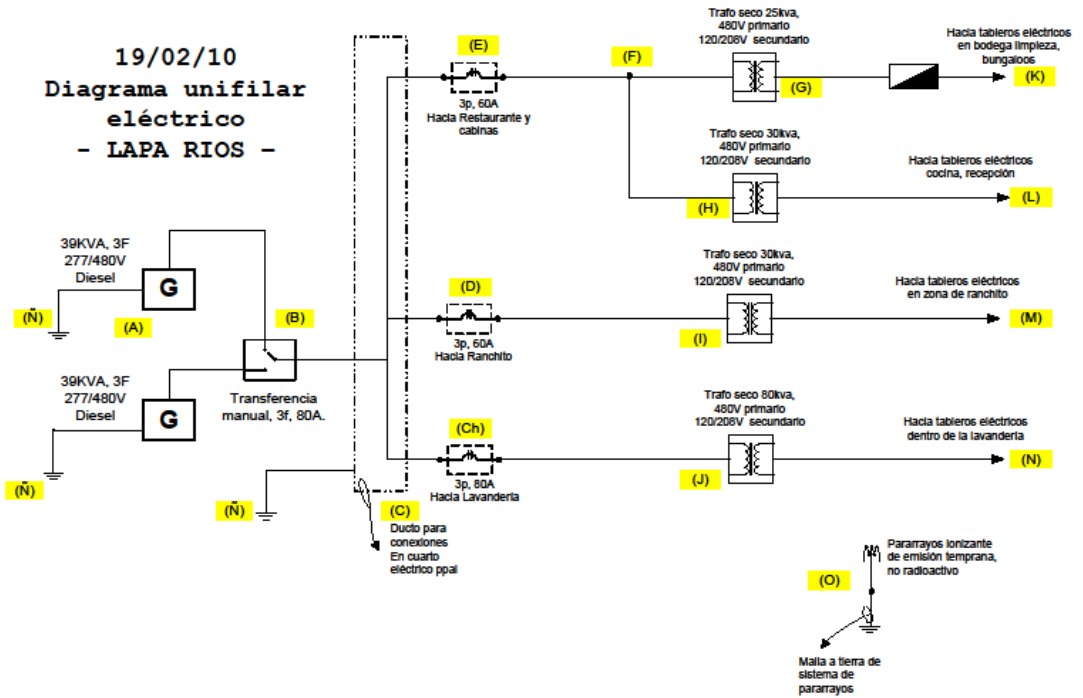
Para determinar el desempeño, la rentabilidad y la capacidad de producción de energía eléctrica por medio de biogás en principio se realizó un análisis de los sistemas instalados en la propiedad.

4.1. Diagnóstico de la situación actual

Se realizó, en conjunto con los empleados de mantenimiento del hotel, un listado de los equipos eléctricos instalados, para determinar las pautas de mejora y volumen de consumo total. De este modo se logró tener un parámetro del diseño óptimo.

En la siguiente Ilustración se puede ver el diagrama unifilar de la instalación para poder entender un poco mejor la por qué la distribución actual de los tableros.

Ilustración 4.1: Proceso cuantitativo
 Autor: Econs Structor, S.A.



Este levantamiento o listado de cargas reflejó lo siguiente:

4.1.1. Zona de recepción

Esta zona comprende las áreas de recepción, oficina, servicios sanitarios, salón principal.

Ilustración 4.2: Zona de recepción

Fuente: La autora



Se ubica el subtablero denominado TR (ver la imagen 4.1) cuya acometida de alimentación proviene de un tablero principal situado en la cocina (TC), un tablero de configuración monofásica (120/208V). Este se encuentra instalado en un lugar de difícil acceso, detrás de un escritorio. Cuenta con ocho espacios y carece de barra de tierras. Hay desgaste en los disyuntores ramales. La tabla 4.1 refleja la conexión de los circuitos ramales:

Tabla 4.1 Características del tablero R
Fuente: La autora

TABLERO R				
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	FASE
1	TOMACORRIENTES RECEPCIÓN	1/20	2X12, 13mm Ø	A
2	TOMACORRIENTES GENERALES	1/20	2X12, 13mm Ø	B
3	LUMINARIAS SALÓN	1/20	2X12, 13mm Ø	A
4	LIBRE			B
5	ABANICOS SALÓN	1/20	2X12, 13mm Ø	A
6	LIBRE			B
7	LUMINARIAS RECEPCIÓN/BAÑO	1/20	2X12, 13mm Ø	A
8	ILUMINACIÓN RECEPCIÓN	1/20	2X12, 13mm Ø	B
<i>CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO</i>				
TIPO CH8AS, N/S, 3H, 120/240V, 1Ø. BARRAS DE 125 AMPERIOS, DE 8 ESPACIOS				
CONDUCTORES DE ALIMENTACIÓN:		3 #4 THHN	C. 32mm Ø	

4.1.2. Cocina

Como se indicó, fue ubicado el tablero principal, el TC (ver la imagen 4.2). Este tablero trae una acometida directa desde el cuarto eléctrico, pasando por un transformador seco de 30KVA, en configuración 480V en el primario – 120/208V en el secundario. Este transformador está ubicado en una pequeña bodega debajo de las instalaciones de la cocina. El tablero se encuentra instalado en la entrada

principal de la cocina; cuenta con 42 espacios y configuración trifásica, y carece de barra de tierras. Hay desgaste en los disyuntores ramales. Se identifican tres salidas de 220V, dedicadas a equipos especiales de cocina que no se conectan a un disyuntor sino que van conectados directamente a las barras del tablero. La tabla 4.2 refleja la conexión de los circuitos ramales.

Una mala práctica encontrada es la combinación de cargas en los circuitos ramales. Hay varios circuitos ramales que tienen conectados equipos dedicados a electrodomésticos y algunas luminarias. En caso de que se presente un corto circuito en el tomacorriente el hotel se puede quedar sin luz o dañarse los equipos.

Tabla 4.2: Características del tablero C
Fuente: La autora

TABLERO C			
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	FASE
1	CÁMARA REFIGERACIÓN	1/20	A
2	ILUMINACIÓN COCINA	1/20	B
3	CAMPANA DE EXTRACTOR	1/20	C
4	CÁMARA MESA FRIA	1/15	A
5	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	1/20	B
6	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	1/20	C
7	CONGELADOR CC01	1/15	A
8	CÁMARA CC03	1/20	B
9	LIBRE		C
10	HORNO	2/15	A
11			B

12	TABLERO HABITACION #2	1/15	C
13	MESA CALIENTE CR04	1/15	A
14/15	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	2/20	B/C
16/17	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	2/15	A/B
18	TOMACORRIENTES COCINA	1/20	C
19	ILUMINACIÓN	1/20	A
20	ILUMINACIÓN COCINA	1/20	B
21	ILUMINACIÓN COMEDOR STAFF	1/15	C
22	ILUMINACIÓN	1/20	A
23	TABLERO R	2/40	B
24			C
25	TABLERO BM	2/20	A
26			B
27	TABLERO HABITACIÓN N.º 1	1/20	C
28	ZONA DE RANCHO GUÍAS	1/20	A
29/30	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	2/40	B/C
CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO			
TIPO CH30ET200F, N/S, 4H, 120/208V, 3Ø, TIERRA SÓLIDA DE 30 POSICIONES. CON SUPRESOR DE PICOS, 60HZ			

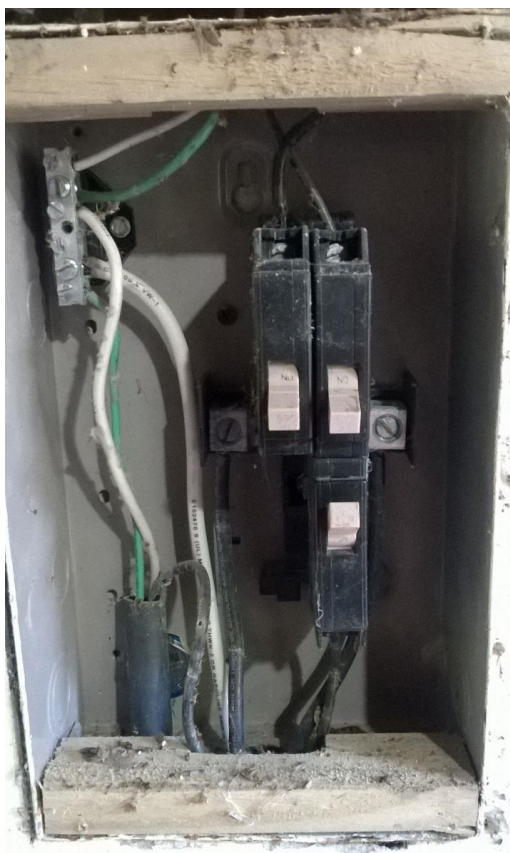
Ilustración 4.3: Tablero C
Fuente: La autora



4.1.3. Oficina administrativa Brisa Morada

En esta oficina se encuentra el subtablero denominado TBM, el cual es alimentado por el tablero de la cocina (TC). Es un tablero de configuración monofásica, voltaje 120/208, de cuatro espacios. Hay un desgaste notorio en los disyuntores ramales. Además, este tablero presenta deterioro debido al poco mantenimiento. Se nota que ya su vida útil caducó y tampoco incluye una barra de tierras integrada (ver la imagen 4.3).

Ilustración 4.4: Tablero BM
Fuente: La autora



Las características del tablero, así como los circuitos ramales conectados se indican de seguido en la tabla 4.3:

Tabla 4. 3: Características del tablero BM
Fuente: La autora

TABLERO BM				
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	FASE
1	TOMACORRIENTE TRIPLE	1/20	2X12, 13mm Ø	A
2	LIBRE			B
	ILUMINACIÓN	1/20	2X12, 13mm Ø	A
4	TOMACORRIENTES GENERALES	1/20	2X12, 13mm Ø	B
<i>CARACTERISTICAS DEL TABLERO</i>				
TIPO CH4AS, N/S, 3H, 120/240V, 1Ø. BARRAS DE 125 AMPERIOS, DE 4 POSICIONES				
CONDUCTORES DE ALIMENTACION:		3 #8 THHN	C. 32mm Ø	

4.1.4. Zona de lavandería

En la bodega de lavandería se encuentra ubicado el tablero principal, al cual se le denomina aquí TL (ver la imagen 4.4). Este tablero trae una acometida directa desde el cuarto eléctrico y está protegido con un disyuntor trifásico de 80 amperios. Este pasa por un transformador seco de 80KVA en configuración 480V (en el primario) y 120/208V en el secundario, ubicado en la parte exterior de la misma bodega (ver la imagen 4.5). El tablero cuenta con 24 espacios y su configuración es trifásica, y también carece de barra de tierras. Hay desgaste en los disyuntores ramales. Se identifican dos salidas de 220V dedicadas a equipos especiales de lavandería que no se conectan a un disyuntor (van conectados directamente a las barras del tablero). La tabla 4.4 muestra la conexión de los circuitos ramales.

Ilustración 4.5: Zona de lavandería
Fuente: La autora



Ilustración 4.6: Transformador seco de 80KVA

Fuente: La autora



Tabla 4. 4: Tablero de Lavandería

Fuente: La autora

TABLERO L				
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	FASE
1				A
2	LAVANDORA N.° 1	3/30	4x10	B
3				C
4	SECADORA N.° 2	2/30	3x8	A
5				B
6	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	1/30	2x8	C

7	TOMACORRIENTES GENERALES	1/20	3x12	A
8				B
9	LAVADORA N.º 2	3/30	4x8	C
10				A
11	LIBRES			B
12	LIBRES			C
13	LIBRES			A
14	TABLERO D	1/40	2x8	B
15	TOMACORRIENTES GENERALES	1/15	2x12	C
16	TOMACORRIENTES GENERALES	1/20	2x12	A
17	CIRCUITO SIN IDENTIFICAR	1/20	2x12	B
18	LUMINARIAS	1/20	2x12	C
19	LUMINARIAS	1/15	2x12	A
20				B
21	SECADORA N.º 2	2/20	3x10	C
22	LIBRES			
23	LIBRES			
24	TABLERO E	1/20	2x10	C
CARACTERISTICAS DEL TABLERO				
MODELO CH24ET200S N/S, 4H, 120/208V, 3Ø. BARRAS DE 200 AMPERIOS, 24 POSICIONES.				
CONDUCTORES DE ALIMENTACIÓN:			4 N.º 2 THHN	

Adicionalmente, afuera de la bodega se encuentra ubicado un subtablero, el cual puede denominarse TB (ver la imagen 4.6). Este tablero se alimenta desde el tablero TL. Cuenta con seis espacios, es de configuración monofásica y carece de

barra de tierras. Hay desgaste en los disyuntores ramales así como en el tablero en general. La tabla 4.5 refleja la conexión de los circuitos ramales.

Ilustración 4.7: Tablero L
Fuente: La autora



Tabla 4. 5: Tablero B
Fuente: La autora

TABLERO B (BODEGA LAVANDERIA)				
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	FASE
1	TOMACORRIENTES	1/20	3#12	A
2	ILUMINACIÓN	1/20	3#12	B
3	CIRCUITO NO IDENTIFICADO	1/20	3#12	A
4/5	SALIDA ESPECIAL	2/40	3#8	B/A
6	LIBRES			
<i>CARACTERISTICAS DEL TABLERO</i>				
TIPO CH6AS, N/S, 3H, 120/240V, 1Ø. BARRAS DE 125 AMPERIOS, TIERRA SÓLIDA DE 6 POSICIONES				
CONDUCTORES DE ALIMENTACIÓN:			3 N.º 6 THHN	

4.1.5. Área de dormitorios para empleados

En esta zona se encuentran dos diferentes tableros los cuales se denominarán TD y TE (ver las imágenes 4.7 y 4.8). Ambos tableros se alimentan desde el tablero TL. Tienen una configuración monofásica y voltaje de operación 120/208. El tablero D cuenta con 6 espacios y el tablero E con 12 espacios. Ambos tableros carecen de barra de tierras. Hay desgaste en los disyuntores ramales, así como un desgaste notorio en cada uno de los tableros en general. Las tablas 4.6 y 4.7 reflejan las conexiones de los circuitos ramales.

Ilustración 4.8: Tablero E
Fuente: La autora



Ilustración 4.9: Tablero D
Fuente: La autora

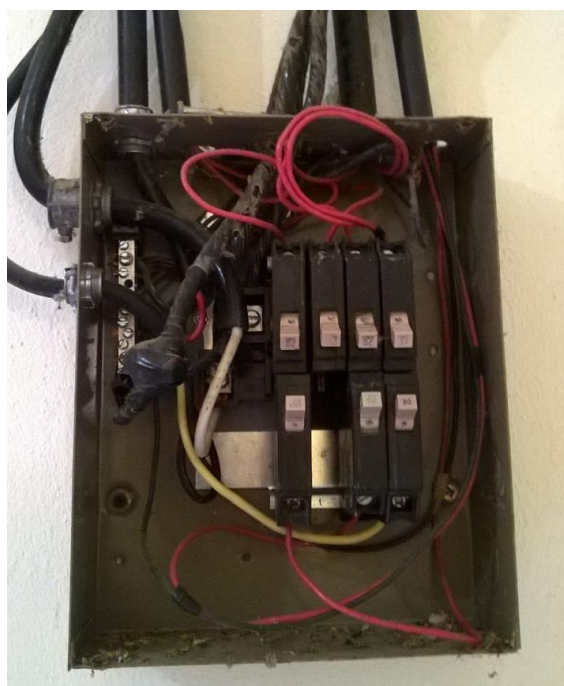


Tabla 4.6: Tablero D

Fuente: La autora

TABLERO D					
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	BREAKER	FASE
1	TOMACORRIENTES HABITACIÓN	1/20	3 N.º12	CH-120	A
2	TOMACORRIENTES HABITACIÓN	1/20	3 N.º12	CH-120	B
3	TOMACORRIENTES HABITACIÓN	1/20	3 N.º12	CH-120	A
4	ILUMINACIÓN HABITACIÓN	1/15	3 N.º12	CH-115	B
5	ILUMINACIÓN EXTERIOR	1/20	3 N.º12	CH-120	A
6	LIBRE				
7	CIRCUITO NO IDENTIFICADO	1/20	3 N.º12	CH-120	A
8	TERMODUCHA	1/30	3 N.º10	CH-130	B
<i>CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO</i>					
TIPO CH8I125, N/S, 3H, 120/240V, 1Ø. BARRAS DE 125 AMPERIOS, TIERRA SÓLIDA DE 8 POSICIONES					

Tabla 4. 7: Tablero E

Fuente: La autora

TABLERO E				
N° CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	FASE
1	ILUMINACIÓN CUARTO N.º 2	1/15	2X12	A
2	ILUMINACIÓN CUARTO N.º 1	1/15	2X12	B
3	TOMACORRIENTES CUARTO N.º 1	1/20	2X12	A

4	CIRCUITO NO IDENTIFICADO	1/20	2X12	B
5	CIRCUITO NO IDENTIFICADO	1/30	2X12	A
6	TERMODUCHA N.º 1	1/30	2X12	B
7	ILUMINACIÓN EXTERIORES	1/15	2X12	A
8	ILUMINACIÓN CUARTO N.º 3	1/15	2X12	B
9	TOMACORRIENTES CUARTO N.º 2	1/20	2X12	A
10	TOMAS COCINAS/TOMAS CUARTO N.º 3	1/20	2X12	B
11	ABANICOS	1/20	2X12	A
12	TOMACORRIENTES GENERALES / TERMODUCHA N.º 2 Y TERMODUCHA N.º 3	1/30	2X12	B
<i>CARACTERISTICAS DEL TABLERO</i>				
TIPO CH12AS, N/S, 3H, 120/208V, 1Ø. BARRAS DE 125 AMPERIOS, DE 12 POSICIONES				
EL CIRCUITO #11 CONTABA CON UN <i>BREAKER</i> 1 POLO / 50 AMP EL CUAL SE INTERCAMBIO POR UN <i>BREAKER</i> DE 20 AMP DEL TABLERO L CIRCUITO N.º 24.				

4.1.6. Bodega de limpieza

En esta zona se encuentra un transformador seco ubicado a la intemperie sobre una losa de concreto contiguo a la bodega. Es un transformador de 25 KVA, en configuración 480V en el primario – 120/208V en el secundario; protegido con un disyuntor trifásico de 60 amperios. Está ubicado en el cuarto del eléctrico. En esta bodega se encuentran instalados dos tableros a los cuales se les denomina TP y TS. El tablero P, trifásico, de doce espacios, está destinado para alimentar doce de

las cabañas de habitaciones con disyuntores de un polo, 20 amperios o un polo de 15 amperios. La tabla 4.8 refleja las conexiones de los circuitos.

En el tablero TP hay alimentaciones conectadas directamente a las barras del tablero, específicamente a la habitación N.º 11 y al tablero S, respectivamente. Las alimentaciones de este tablero vienen expuestas y están sin aterrizar (sin cable de tierra). Tanto este tablero como el tablero TS no cuentan con barra de tierras.

Tabla 4.8: Tablero P
Fuente: La autora

TABLERO P				
Nº CIRCUITO	DESCRIPCIÓN	POLOS / AMP	CALIBRE CONDUCTOR	FASE
1	HABITACIÓN N.º 3	1/20	2X12, 13mm Ø	A
2	HABITACIÓN N.º 4	1/15	2X12, 13mm Ø	B
3	HABITACIÓN N.º 5	1/15	2X12, 13mm Ø	A
4	HABITACIÓN N.º 6	1/15	2X12, 13mm Ø	B
5	HABITACIÓN N.º 7	1/15	2X12, 13mm Ø	A
6	HABITACIÓN N.º 8	1/15	2X10, 13mm Ø	B
7	HABITACIÓN N.º 17	1/15	2X10, 13mm Ø	A
8	HABITACIÓN N.º 15	1/15	2X10, 13mm Ø	B
9	HABITACIÓN N.º 16	1/15	2X10, 13mm Ø	A
10	HABITACIÓN N.º 10	1/15	2X12, 13mm Ø	B
11	HABITACIÓN N.º 14	1/15	2X12, 13mm Ø	A
12	HABITACIÓN N.º 13	1/20	2X12, 13mm Ø	B

CONDUCTORES DE
ALIMENTACIÓN:

3 N.º4 THHN, HASTA
TRANSFORMADOR

El tablero S (ver la ilustración 4.10), monofásico, de cuatro espacios, está destinado para alimentar dos de las cabañas de habitaciones con disyuntores de un polo, 20 amperios y, además, para alimentar los elementos eléctricos (tomacorrientes y lámparas) que se encuentran en esta bodega.

Ilustración 4.10: Tablero S
Fuente: La autora

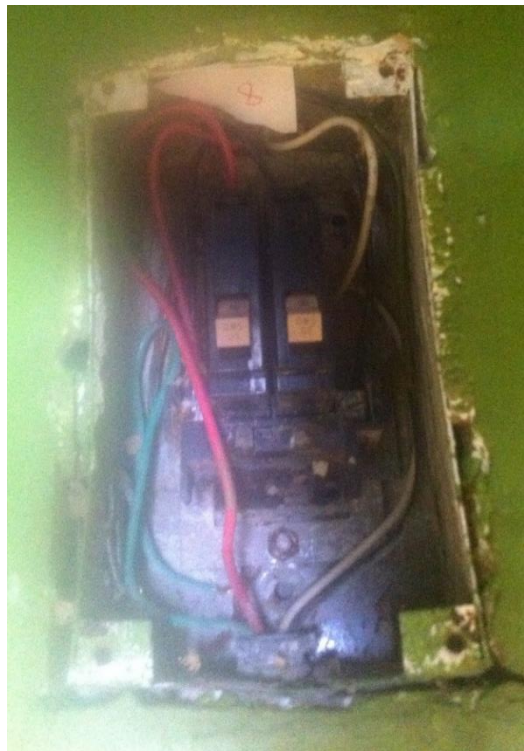


4.1.7. Habitación de huéspedes típica

Los tableros de cada habitación son típicos y la alimentación de las habitaciones proviene desde un circuito ramal, ya sea del tablero TP ubicado en la

bodega de limpieza o del tablero TC ubicado en la cocina. Hay dos circuito (ver la imagen 4.10), un circuito para conexión de iluminación y tomacorrientes generales de la habitación, y el otro circuito para alimentar la iluminación de los senderos hacia la cabaña. Estos tableros no se encontraban debidamente aterrizados y no incluían barra de tierra ni un conductor para tierra proveniente del tablero principal.

Ilustración 4.11: Tablero de huéspedes
Fuente: La autora



4.1.8. Zona de casitas

Aquí se encuentra ubicado el tablero principal al cual se denominará TK (ver la imagen 4.10). Este tablero conecta una acometida principal directa desde el cuarto eléctrico, pasando por un transformador seco de 30KVA, en configuración 480V en

el primario – 120/208V en el secundario. Este transformador está ubicado en la cocina debajo del mueble de preparación. El tablero se encuentra instalado en la entrada principal de la cocina. Cuenta con 24 espacios y configuración monofásica, por lo cual una de las fases del interruptor principal está sin uso. Carece de barra de tierras y en él se nota un desgaste en los disyuntores ramales. En esta zona se encuentra también un gimnasio abierto para los empleados. En estas localidades se ven conductores expuestos, tomacorrientes dañados, tuberías que no son aptas para estar expuestas, alimentaciones de los circuitos ramales sin canalización, tomacorrientes del área de cocina no polarizados (sin cable de tierra) y sin protección “falla a tierra”, y alimentaciones con cables tipo TSJ.

Ilustración 4.12: Tablero K
Fuente: La autora



4.2. Memoria de cálculo del rediseño eléctrico

Para determinar la capacidad y rentabilidad de producción de energía eléctrica por medio de biogás, se realizó un análisis con las mejoras en la instalación eléctrica que el hotel pueda implementar, con el fin de reducir la capacidad de la carga demandada por él mismo. Dichos cálculos se muestran a continuación.

El hotel cuenta con un área aproximada de 1.300m². Esta área contempla habitaciones tipo cabaña para huéspedes, cocina y restaurante, *lobby*, área administrativa, zona de terraza, cocina de empleados, gimnasio al aire libre para

empleados, área de lavandería, dos zonas separadas de habitaciones para el personal, la chanchera y un cuarto eléctrico.

El diseño actual tiene 29 tableros en toda la estructura. De ellos diecisiete son para las cabañas de habitaciones. Los sobrantes doce tableros se distribuyen entre los restantes aposentos.

Al diseño eléctrico actual no se le ha dado el correcto mantenimiento. Al ser un edificio antiguo y con un crecimiento no previsto a la instalación eléctrica se le han realizado modificaciones para adaptarla a las necesidades, por lo que se presentan inconsistencias con respecto al Código Eléctrico Nacional. Entre los defectos que tiene la instalación eléctrica actual está la mala elección de disyuntores y calibres. Estas fallas se presentan tanto en circuitos ramales como en la alimentación de los subalimentadores. Los tableros -en su mayoría- se encuentran muy deteriorados, instalados en zonas inadecuadas o a alturas de difícil acceso e incluso que dificultan un buen mantenimiento. Ninguno contaba con barra de tierras, por lo que se recomienda sustituirlos por nuevos tableros, listados, certificados, que incluyan barra de neutros y barra de tierras.

El diseño propuesto tendrá cinco tableros principales. Uno de ellos reemplazará el ducto de alimentadores del cuarto eléctrico, saliendo de la transferencia manual, y en el cual se harán las conexiones hacia los restantes cuatro tableros principales. Este tablero, al cual se le denominará TG, requiere una barra de neutros, una barra de tierras y un supresor de transitorios para proteger la

integridad de los equipos conectados. Deberá ser trifásico, de voltaje 480 de operación.

En este tablero se harán las conexiones para los tableros de las zonas primordiales de operación. Uno de ellos será el tablero TC, ubicado en la cocina del hotel. Otro será el tablero para la lavandería llamado TL y el tercero será el tablero TP, con la función de reunir las cargas de los tableros de las quince habitaciones. Además, se tendrá un cuarto tablero llamado TK ubicado en donde actualmente se encuentra el área de preparación de alimentos para los empleados.

Luego de definir la ubicación estratégica de los tableros, las cargas eléctricas se deben repartir entre los tableros propuestos.

Se agrupan algunas cargas para formar los circuitos ramales. Cada uno de estos subgrupos tiene una potencia asociada, la cual es estimada según la naturaleza de la carga.

En el caso de la iluminación, la totalidad se deberá sustituir por luminarias con tecnología LED, PAR20, 6W. Se decidió calcular la iluminación con los totales de cargas, ya que se pensó en iluminación LED, por la cual la tabla 220.12 del Código Eléctrico Nacional no era adecuada. Para la estimación de la potencia del circuito ramal para tomacorrientes se respeta el Código Eléctrico Nacional, específicamente del artículo 220.14(K), que especifica que se debe tomar como mínimo una carga de 180 VA por cada receptáculo.

A los supresores de transitorios no se les asignan potencia eléctrica porque son dispositivos de protección.

Para la selección de los cables se utiliza la tabla 310.16 del Código Eléctrico Nacional, ya que se está trabajando a menos de 2.000 V y los conductores deberán viajar dentro de una canalización. Las ampacidades de esta tabla deben ser corregidas por dos factores. Uno de ellos es por agrupamiento, de ser necesario, y el otro un factor de corrección por la temperatura ambiental.

El factor de agrupamiento especificado en la tabla 310.15 (B)(2)(a) (ver en los anexos). Es aplicado únicamente si se tienen más de tres conductores portadores de corriente en una canalización. El factor de corrección por temperatura se encuentra en la misma tabla en donde están las ampacidades (tabla 310.16 del NEC), y se toma en cuenta cuando la temperatura ambiente es superior a 30 °C.

Además, hay que tomar en cuenta la caída de tensión en los cables seleccionados. Según el artículo 210.19(A) (1) NLM N.º 4, no se puede tener una caída de tensión en los circuitos ramales superior a 3%. Para calcular la resistencia del cable se utilizaron la resistencia por unidad de longitud de la tabla 9 del NEC y la distancia estimada según los planos.

Para la selección del conductor de puesta a tierra en cada circuito ramal se hace uso de la tabla 250.122 del Código Eléctrico Nacional.

En seguida se explican los criterios de diseño para la selección de calibres, ductos y protecciones para los circuitos ramales.

4.2.1. Tableros C

Se deberá sustituir el tablero existente por un tablero de 42 posiciones. Se recomienda que el tablero incluya un supresor de transientes, para que proteja las cargas instaladas dedicadas a los equipos de cocina, así como a los subtableros de oficinas y habitaciones.

Circuito N.º 1, diez luminarias = **60VA**

Circuito N.º 2, cinco luminarias; además de 2 abanicos, 150W cada uno = **816**

VA

Circuito N.º 3, dos tomacorrientes, tipo GFCI para áreas trabajo= **720VA**

Circuito N.º 4, dos tomacorrientes, tipo GFCI para áreas trabajo = **720VA**

Circuito N.º 5, un tomacorriente para conexión de un refrigerador= **1500VA**

Circuito N.º 6, un tomacorriente para conexión de un congelador = **1500VA**

Circuito N.º 7, dos tomacorrientes para áreas de Guías = **360VA**

Circuito N.º 8, un tomacorriente para conexión de un congelador = **1500VA**

Circuito N.º 9, un tomacorriente para microondas = **1500VA**

Circuito N.º 10, un tomacorriente para mesa fría = **1500VA**

Circuito N.º 11, un tomacorriente electrodoméstico = **1500VA**

Circuito N.º 12, un tomacorriente electrodoméstico = **1500VA**

Circuito N.º 13-14, habitación N.º 1 = **1476VA**

Circuito N.º 15-16, habitación N.º 2 = **1476VA**

Circuito N.º 17, un tomacorriente para conexión de una cámara= **1500VA**

Circuito N.º 18, un tomacorriente para conexión de una cámara= **1500VA**

Circuito N.º 19, doce luminarias = **72VA**

Circuito N.º 20, dos tomacorrientes tipo GFCI para áreas trabajo= **720VA**

Circuito N.º 21, dos tomacorrientes tipo GFCI para áreas trabajo = **720VA**

4.2.2. Tablero R

Se deberá sustituir el tablero existente por un tablero nuevo de ocho posiciones. Además, se recomienda que el tablero sea instalado a una altura que permita el acceso fácil en caso de mantenimiento.

Circuito N.º 1, 23 luminarias = **480VA**

Circuito N.º 2, 11 luminarias; además de 5 abanicos, 150W cada uno =**816 VA**

Circuito N.º 3, cuatro tomacorrientes para recepción= **720VA**

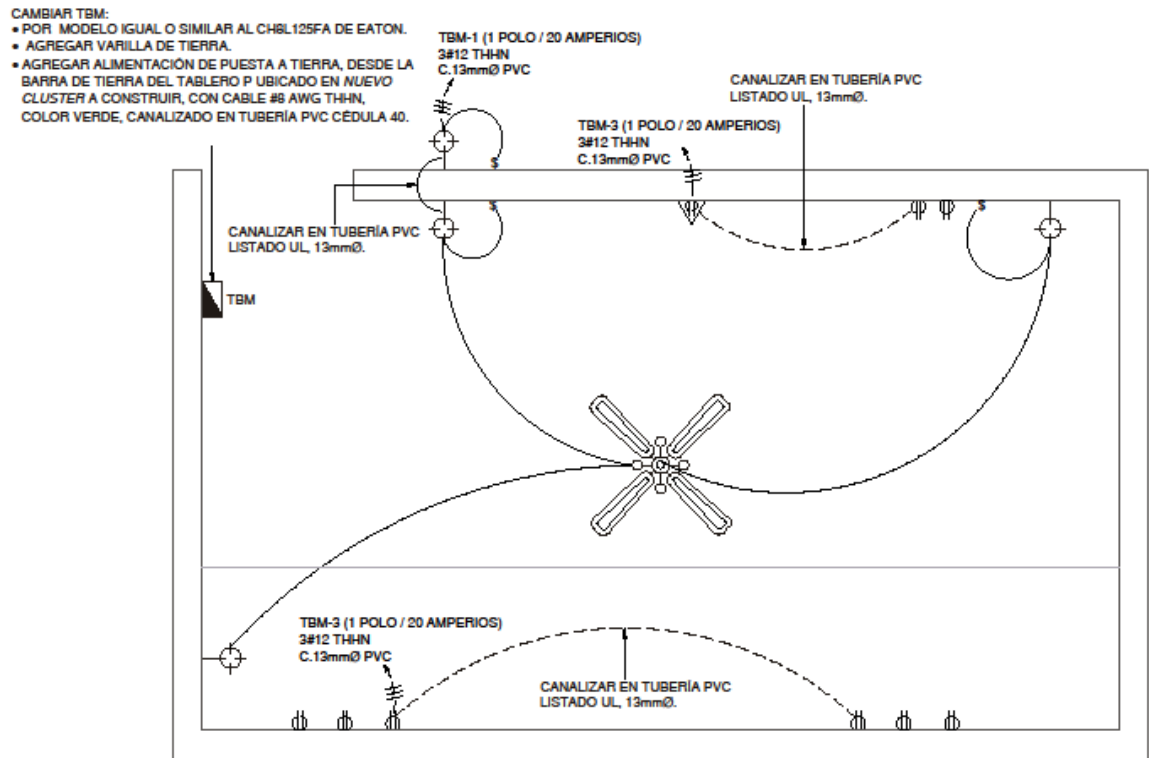
Circuito N.º 4, cuatro tomacorrientes para la oficina de recepción= **720VA**

Circuito N.º 5, tres tomacorrientes para la oficina de recepción= **540VA**

Circuito N.º 6, siete tomacorrientes generales para la zona de restaurante=
1260VA

4.2.3. Tablero BM

Ilustración 4.13: Oficina administrativa Brisa Morada
Fuente: La autora



PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

OFICINAS ADMINISTRATIVAS ESCALA 1.25

Se deberán sustituir los disyuntores ramales. También se recomienda que el tablero sea instalado a una altura que permita el fácil acceso en caso de mantenimiento.

Circuito N.º 1, cuatro luminarias; además de 1 abanico, 150W cada uno =
174VA

Circuito N.º 2, tres tomacorrientes para oficina= **540VA**

Circuito N.º 3, seis tomacorrientes para oficina= **1080 VA**

4.2.4. Tablero L

Se deberá sustituir el tablero existente por un tablero de 42 posiciones. Se recomienda que el tablero incluya un supresor de transientes, para que proteja las cargas instaladas dedicadas a los equipos de cocina, así como a los subtableros de oficinas y habitaciones.

Circuito N.º 1-2-3, lavadora N.º 1 = **9000VA**

Circuito N.º 4-5, secadora N.º 2 =**5200 VA**

Circuito N.º 6, un tomacorriente tipo GFCI para áreas trabajo= **1500VA**

Circuito N.º 7, un tomacorriente tipo GFCI para áreas trabajo = **1500VA**

Circuito N.º 8-9-10, lavadora N.º 2 = **9000VA**

Circuito N.º 11, un tomacorriente tipo GFCI para áreas trabajo= **1500VA**

Circuito N.º 12, un tomacorriente tipo GFCI para áreas trabajo= **1500VA**

Circuito N.º 13-14, circuito N.º 4-5, secadora N.º 2 =**5200 VA**

Circuito N.º 15, 10 luminarias= **60VA**

Circuito N.º 16, cinco luminarias= **30VA**

4.2.5. Tablero D

Se deberán sustituir los disyuntores ramales. Incluso se recomienda que los termo-ducha se sustituyan por un calentador de paso de 9KW.

Circuito N.º 1, 12 luminarias= **72VA**

Circuito N.º 2, seis tomacorrientes generales = **1080 VA**

Circuito N.º 3, seis tomacorrientes generales = **1080 VA**

Circuito N.º 4, tres tomacorrientes tipo GFCI para el área de comedor = **540 VA**

Circuito N.º 5-6, un calentador de paso = **9000 VA**

4.2.6. Tablero E

Se deberán sustituir los disyuntores ramales y se recomienda que las termocupas se sustituyan por un calentador de paso de 9KW.

Circuito N.º 1, doce luminarias; además de 2 abanicos, 150W cada uno = **372VA**

Circuito N.º 2, seis tomacorrientes generales = **1080 VA**

Circuito N.º 3, 12 luminarias= **72VA**

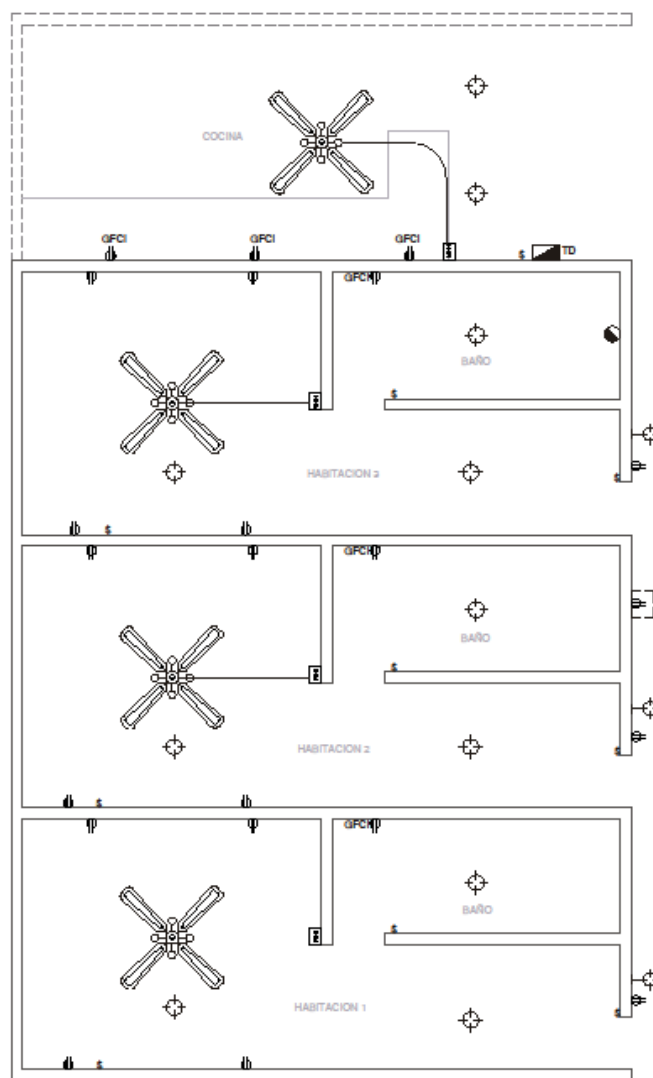
Circuito N.º 4, seis tomacorrientes generales = **1080 VA**

Circuito N.º 5, un tomacorriente para microondas = **1500 VA**

Circuito N.º 6, tres tomacorrientes tipo GFCI para el área de comedor = **540 VA**

Circuito N.º 7-8, un calentador de paso = **9000 VA**

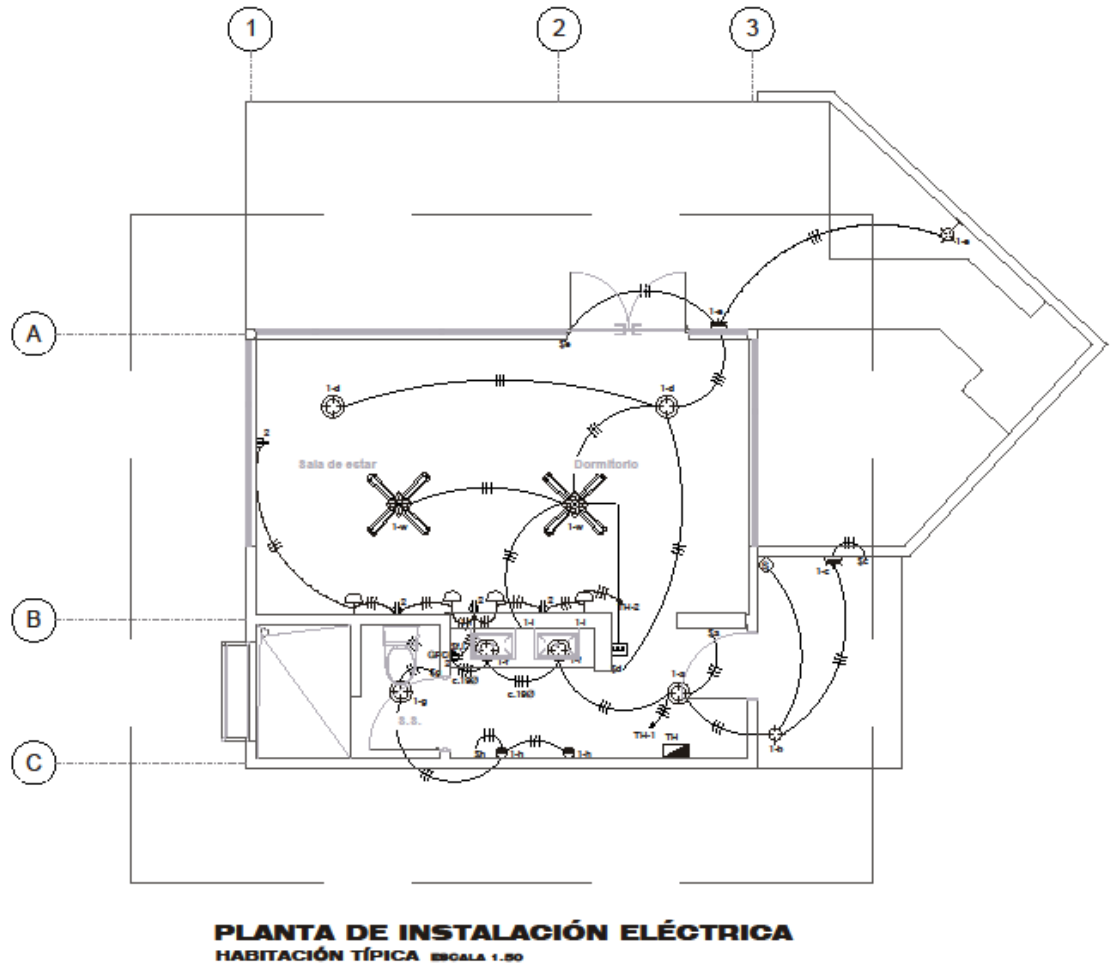
Ilustración 4.14: Oficina administrativa Brisa Morada
Fuente: La autora



PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
DORMITORIOS EMPLEADOS ESCALA 1:50

4.2.7. Tableros H

Ilustración 4.15: Oficina administrativa Brisa Morada
Fuente: La autora



Se deberán sustituir los disyuntores ramales y también se recomienda que el tablero sea instalado a una altura que permita acceso fácil en caso de mantenimiento.

Circuito N.º 1, 16 luminarias. Además de dos abanicos, 150W cada uno =
396VA

Circuito N.º 2, seis tomacorrientes para cabina = **1080 VA**

4.2.8. Tablero K

Se deberán sustituir los disyuntores ramales.

Circuito N.º 1, cuatro luminarias además de dos abanicos, 150W cada uno = **324VA**

Circuito N.º 2, tres tomacorrientes tipo GFCI para áreas de trabajo = **540 VA**

Circuito N.º 3, tres tomacorrientes tipo GFCI para áreas de trabajo = **540 VA**

Circuito N.º 4, cinco tomacorrientes para zona de gimnasio = **900 VA**

Circuito N.º 5, un tomacorriente para microondas = **1500 VA**

4.2.9. Cálculo de carga total y carga demandada

Tabla 4.9: Memoria de cálculo de rediseño eléctrico
Fuente: La autora

Nº Circuito	Descripción	Capa cidad (VA)	Tensión (V)	Corriente (A)			Protección	
				Fase A	Fase B	Fase C	Polo s	Amperio s
Tablero G								
Tablero C								
1	Iluminación	60	120	0,5			1	15
2	Iluminación	816	120		6,8		1	15
3	Tomacorriente s	720	120			6	1	15
4	Tomacorriente s	720	120	6			1	15

5	Refrigerador	1500	120		12,5	1	20
6	Congelador	1500	120		12,5	1	20
7	Zona guías	360	120	3		1	15
8	Congelador	1500	120		12,5	1	20
9	Microondas	1500	120		12,5	1	20
10	Mesa fría	1500	120	12,5		1	20
11	Electrodoméstico	1500	120		12,5	1	20
12	Electrodoméstico	1500	120		12,5	1	20
13-14	Habitación N.º1	1476	208	2,051	2,051	2	30
15-16	Habitación N.º2	1476	208	2,051	2,051	2	30
17	Cámara fría	1500	120		12,5	1	20
18	Cámara fría	1500	120		12,5	1	20
19	Iluminación	72	120	0,600		1	20
20	Tomacorrientes	720	120		6	1	15
21	Tomacorrientes	720	120		6	1	15
Tablero BM							
1	Iluminación	174	120	1,45		1	15
2	Tomacorrientes	1080	120		9	1	15
3	Tomacorrientes	540	120		4,5	1	15

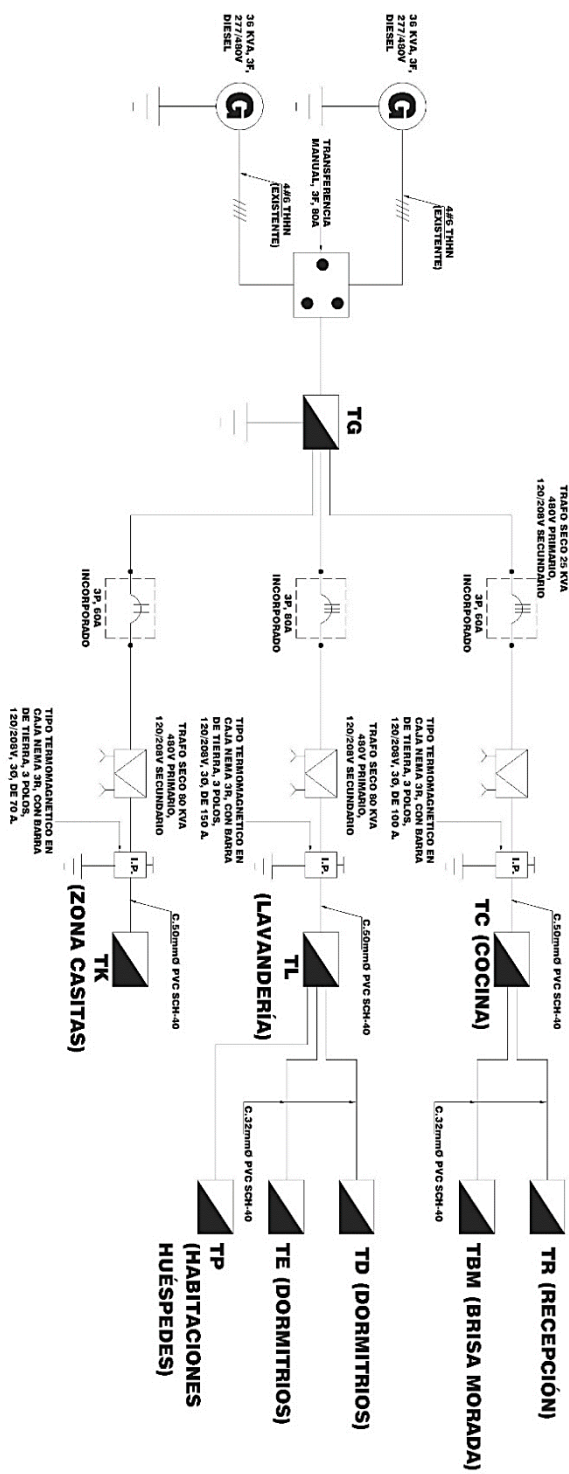
Tablero R								
1	Iluminación	480	120	4			1	15
2	Iluminación	816	120		6,8		1	15
3	Tomacorrientes	720	120			6	1	15
4	Tomacorrientes	720	120	6			1	15
5	Tomacorrientes	540	120		4,5		1	15
6	Tomacorrientes	1260	120			10,5	1	20
Tablero L								
1-2-3	Lavadora N.º1	9000	208	8,337	8,337	8,337	3	30
4-5	Secadora N.º1	5200	208	7,225	7,225		2	30
6	Tomacorrientes	1500	120			12,5	1	20
7	Tomacorrientes	1500	120	12,5			1	20
8-9-10	Lavadora N.º2	9000	208	8,337	8,337	8,337	3	30
11	Tomacorrientes	1500	120		3,613		1	20
12	Tomacorrientes	1500	120			3,613	1	20
13-14	Secadora N.º2	5200	208	7,225	7,225		2	30
15	Iluminación	60	120			0,5	1	20
16	Iluminación Bodega	30	120	0,25			1	20
17/18	Salida Especial	2200	208		5,2885	5,2885	2	20

Tablero E							
1	Iluminación	372	120	3,1		1	20
2	Tomacorrientes	1080	120		9	1	15
3	Iluminación	72	120	0,6		1	15
4	Tomacorrientes	1080	120		9	1	15
5	Microondas	1500	120	12,5		1	20
6	Tomacorrientes	540	120		4,5	1	15
7-8	Calentador de Paso	9000	208	21,6	21,6	2	40
Tablero D							
1	Iluminación	72	120	0,6		1	15
2	Tomacorrientes	1080	120		9	1	15
3	Tomacorrientes	1080	120	9		1	15
4	Tomacorrientes	540	120		4,5	1	15
5-6	Calentador de Paso	9000	208	21,6	21,6	2	40
Tablero P							
1-2	Habitación N.º3	1476	208	2,051	2,051	2	30
3-4	Habitación N.º4	1476	208	2,051		2	30
5-6	Habitación N.º5	1476	208		2,051	2	30
7-8	Habitación N.º6	1476	208	2,051		2	30
9-10	Habitación N.º7	1476	208	2,051		2	30

11-12	Habitación N°8	1476	208		2,05 1	2,051	2	30
13-14	Habitación N.º9	1476	208	2,051	2,05 1		2	30
15-16	Habitación N.º10	1476	208	2,051		2,051	2	30
17-18	Habitación N.º11	1476	208		2,05 1	2,051	2	30
19-20	Habitación N.º12	1476	208	2,051	2,05 1		2	30
21-22	Habitación N.º13	1476	208	2,051		2,051	2	30
23-24	Habitación N.º14	1476	208		2,05 1	2,051	2	30
25-26	Habitación N.º15	1476	208	2,051	2,05 1		2	30
27-28	Habitación N.º16	1476	208	2,051		2,051	2	30
29-30	Habitación N.º17	1476	208		2,05 1	2,051	2	30
31	Iluminación Exterior	60	120	60			1	20
32	Iluminación Exterior	60	120		60		1	20
33	Iluminación Exterior	60	120			60	1	20
Tablero K								
1	Iluminación	324	120	2,7			1	15
2	Tomacorrientes	540	120		4,5		1	15
3	Tomacorrientes	540	120	4,5			1	15
4	Tomacorrientes	900	120		7,5		1	15
5	Microondas	1500	120	12,5			1	15

Corriente instalada L1	251,3 05113	
Corriente instalada L2	296, 9553 802	
Corriente instalada L3		204,1 35282
Corriente demandada L1	42,72 18693	
Corriente demandada L2	50,4 8241 463	
Corriente demandada L3		34,70 2998
Potencia total (KVA)	115.200	
Potencia demandada (KVA)	17.250	

Ilustración 4.16: Diagrama Unifilar re-diseño eléctrico
Fuente: La autora



4.2.10. Cálculo de costos para la remodelación de la instalación eléctrica

En la siguiente tabla se detalla la lista de materiales en las cantidades requeridas para cada circuito ramal, sub-alimentador y alimentador, para lo cual se hizo el estudio pertinente. En él se tomaron en cuenta los disyuntores, la cantidad de cable y ductos, así como algunos de los accesorios para los ductos. Además, se tomaron en cuenta otros materiales como tableros, tomacorrientes y luminarias.

La estimación de los materiales se realizó por medio de una hoja de cálculo en Microsoft Excel, en la cual se colocaron datos de las tablas-resúmenes y las distancias según los planos eléctricos. En esta sección se muestran únicamente los resultados de las estimaciones de los materiales, los cuales no incluyen el costo por mano de obra, ya que el hotel tiene en su planilla de empleados un grupo encargado del mantenimiento operacional del proyecto y están capacitados para realizar labores de instalación eléctrica. Algunos de los precios pueden variar al calcularse los costos, según el tipo de cambio del dólar fijado en ₡ 564,80.

A continuación se presenta una tabla-resumen del recuento de materiales.

Tabla 4.10: Lista de precios**Fuente: La autora**

Materiales	Cantidad	Precio unitario	Total
Lámparas	71	₪ 24.000,00	₪ 1.704.000,00
Tomacorriente 110	38	₪ 1.352,00	₪ 51.376,00
Disyuntor 2/20	3	₪ 24.343,00	₪ 73.029,00
Disyuntor 1/20	25	₪ 9.848,00	₪ 246.200,00
Disyuntor 1/15	30	₪ 9.848,00	₪ 295.440,00
Disyuntor GFCI	20	₪ 20.000,00	₪ 400.000,00
Disyuntor 2/30	19	₪ 26.377,00	₪ 501.163,00
Placas para	58	₪ 1.320,00	₪ 76.560,00
Disyuntor 3/80	1	₪ 196.489,00	₪ 196.489,00
Supresor Picos	2	₪ 93.390,00	₪ 186.780,00
Tableros, 42 espacios Trifásicos	3	₪ 276.344,00	₪ 829.032,00
Cable XHHW-2 #2	130	₪ 446,00	₪ 57.980,00
Cable XHHW-2 #6	250	₪ 226,00	₪ 56.500,00
Cable XHHW-2 #1/0	150	₪ 683,00	₪ 102.450,00
Cable THHN #12	5000	₪ 178,50	₪ 892.500,00
Cable THHN #10	1500	₪ 379,00	₪ 568.500,00
Cable THHN #8	150	₪ 603,00	₪ 90.450,00
Cable THHN #3/0	60	₪ 6.359,00	₪ 381.540,00
Tubo PVC 19mm	250	₪ 1.134,00	₪ 283.500,00
Tubo PVC 32mm	225	₪ 3.030,00	₪ 681.750,00
Tubo PVC 63mm	50	₪ 6.050,00	₪ 302.500,00
Tablero, 4 espacios monofásico	17	₪ 28.400,00	₪ 482.800,00
Tablero, 30 espacios monofásico	2	₪ 150.300,00	₪ 300.600,00
Tubo PVC 13mm	1500	₪ 1.100,00	₪ 1.650.000,00
Gran Total			₪ 10.411.139,00

4.3. Diseño de la propuesta biodigestor

Para determinar la rentabilidad y capacidad de producción de energía eléctrica por medio de biogás se realizó un análisis del sistema eléctrico instalado en el hotel para conocer la carga instalada. A partir de este análisis, para el diseño del sistema se tomaron en cuenta parámetros como la cantidad de animales que se mantienen en engorde en la finca, lo cual dará la cantidad de estiércol que se puede recoger en un determinado período.

Se utilizó como base el desarrollo de las fórmulas expuestas en el documento del curso “Diseño de biodigestores y producción de electricidad”, del Instituto Costarricense de Electricidad, para la oficina InfoAgro del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Este mencionado en el marco teórico, capítulo 3, sección 3.

Todos estos cálculos se efectúan a continuación

4.3.1. Tipo de animales y peso promedio

Para poder estimar la cantidad de estiércol producido es necesario saber el tipo de animales que hay en la finca. Dependiendo del tamaño del animal así será la cantidad de estiércol que puede producir.

Tabla 4.11: Peso promedio de los animales
Fuente: La autora

	Estado	Peso Vivo (Kg)	Producción estiércol animal/día (%)
Cerdos	Cerdos en desarrollo	50	3,13
	Cerdos engorde	100	6,26
Cerdas	Cerdas vacías	180	4,0
	Cerdas gestantes	180	4,0
	Cerdas lactantes	180	4,0

4.3.2. Volumen de agua

La mezcla que se introduce al biodigestor debe tener un porcentaje de sólidos de entre 8 y 12%. Como la boñiga tiene 18% de sólidos y la cerdaza 22% es necesario agregar agua hasta lograr el porcentaje ideal. La siguiente tabla muestra las proporciones de agua según el estiércol.

Tabla 4.12: Volumen de agua
Fuente: La autora

Porcentaje de sólidos ideal	Agua agregar cerdaza (ST 22%)
8	2,75
9	2,44
10	2,20
11	2,00
12	1,83

4.3.3. Volumen de estiércol producido

Para determinar el volumen de estiércol que se puede recolectar en el periodo en el que el ganado se encuentra estabulado, se deben tomar en cuenta la cantidad de cerdos y el tiempo que pasan en la canchera. Para el caso del hotel los valores de las variables son los siguientes:

Tabla 4.13: Volumen de estiércol
Fuente: La autora

VARIABLES	Valor
Cantidad de cerdos	15 unidades
Peso Promedio del animal	100 kg
Horas de estabulado	24 horas por día.

Para determinar la cantidad de estiércol producido por los cerdos en un día se aplica la siguiente fórmula:

$$CEP = C * PC * PP * TE$$

Fórmula 4.3.3-1

Donde:

CEP es la cantidad de estiércol producido por día.

C es la cantidad de cerdos.

PC es el peso promedio de los cerdos.

PP es el porcentaje de peso del animal que se produce en estiércol.

TE es el tiempo de estabulado.

Este análisis refleja la cantidad de estiércol que se puede recoger en el tiempo en que los animales se encontraban en la chanchera. La cantidad estimada es de **2.253,60 kg/día** o su equivalente de 93,90kg/hora.

Adicionalmente, se debe considerar que el ganado porcino tiene un porcentaje de sólidos de 22%, al cual se le deben agregar 2.44 medidas de agua por cada medida de estiércol para alcanzar un porcentaje ideal de 9% de mezcla. También se debe considerar el tiempo de retención porque es en este periodo que las bacterias descomponen el afluente para producir el biogás y eso depende de la relación estiércol-agua. Por ello una mayor cantidad de agua requiere un tiempo de retención mayor. Para este proyecto se consideró un periodo de 25 días de retención a solicitud de los propietarios del hotel.

Tabla 4.14: Producción de estiércol
Fuente: La autora

Estiércol por día (kg/día)	2253,6
Agua agregada por día (kg/día)	5498,784
Total de mezcla agua estiércol por día (kg/día)	7752,384
Tiempo de retención (25 días)	193809,6

Para dimensionar el biodigestor se considera más práctico el manejo de datos en unidades de m³, para lo cual se establece una densidad del estiércol de 993 kg/m³ y de 1000 kg/m³ para el agua.

Tabla 4.15: Mezcla de estiércol y agua

Fuente: La autora

Estiércol por día (m3)	2,2694
Total, de mezcla agua/estiércol por día (m3)	7,7523
Mezcla Total (m3)	10,02
Tiempo de retención de 25 días (m3)	250,5467

Aplicando las variantes a los valores obtenidos se obtiene que el volumen para almacenamiento del biodigestor, por un período de 25 días, ronda los 250,54 m3.

Según el programa Regional de Medio Ambiente en Centro América, por cada m3 de biogás puede generar un aproximado de 6.25 KW/h. Por lo tanto, la generación de biogás diaria será de 62.5KW/h, así como la generación mensual de biogás llegaría a ser de 1562,5 KW/h.

La tabla 4.16 refleja los consumos energéticos del hotel durante el año 2016. Dichos datos son el resultado del consumo energético con las condiciones actuales del hotel. Por lo tanto, se nota una diferencia con respecto al rediseño eléctrico propuesto en la que se obtiene una carga demanda de 17.25 KVA, lo cual se traduce a 399.84KW/h.

Tabla 4.16: Récord de consumo energético
Fuente: La autora

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo energético 2016												
Costo (USD)	4.350,0	4.350,0	4.350,0	4.350,0	4.350,0	4.350,0	8.750,0	8.750,0	8.750,0	8.750,0	8.750,0	4.350,0
kWh	7.533,0	6.592,0	7.644,0	7.723,0	6.716,0	5.364,0	7.532,0	8.122,0	7.001,0	6.894,0	7.154,0	7.641,0
Diésel (litros)	2.787,0	4.486,0	3.960,0	3.489,0	3.250,0	2.743,0	3.690,0	5.470,0	3.471,0	3.386,0	5.251,0	5.588,0
Guests (n)	964	875	1111	1075	669	590	783	854	247	190	329	841
USD/kWh	0,58	0,66	0,57	0,56	0,65	0,81	1,16	1,08	1,25	1,27	1,22	0,57
kWh/USD	1,73	1,52	1,76	1,78	1,54	1,23	0,86	0,93	0,80	0,79	0,82	1,76
Diésel/kWh (litros)	0,37	0,68	0,52	0,45	0,48	0,51	0,49	0,67	0,50	0,49	0,73	0,73
kWh/diésel (litros)	2,70	1,47	1,93	2,21	2,07	1,96	2,04	1,48	2,02	2,04	1,36	1,37
Diésel/huésped (litros)	2,89	5,13	3,56	3,25	4,86	4,65	4,71	6,41	14,05	17,82	15,96	6,64

Por lo tanto, el porcentaje de respaldo de biogás generado equivale a 16%.

A continuación, en la tabla 4.17 se genera un resumen comprensivo de todos los valores de cargas eléctricas, del hotel, el cual se ordena por: número del circuito al que pertenecen, descripción de los elementos conectados en el circuito identificado, la cantidad de elementos que le corresponden, la carga individual de cada elemento, la carga total del circuito y el voltaje de operación; y permite visualizar los resultados de ahorro energético que se generarán a partir de la implementación de las mejoras recomendadas en el capítulo 4, apartado 2, de este documento.

Tabla 4.17: Tabla de Resumen de cargas eléctricas
Fuente: La autora

TABLA RESUMEN DEL PROYECTO											
N° Circuito	Descripción	Cantidad	Capacidad (VA)	Capacidad Total (VA)	Tensión (V)	N° Circuito	Descripción	Cantidad	Capacidad (VA)	Capacidad Total (VA)	Tensión (V)
<i>Tableros en condiciones actuales</i>						<i>Tableros con las mejoras propuestas</i>					
						Tablero G					
						Tablero C					
2	Iluminación	12	75	900	120	1	Iluminación	10	6	60	120
21	Iluminación	8	75	600	120	2	Iluminación	5+2	6	816	120
3	Tomacorrientes	1	360	360	120	3	Tomacorrientes	2	360	720	120
19	Iluminación	10	75	750	120	4	Tomacorrientes	2		720	120
1	Refrigerador	1		1500	120	5	Refrigerador	1		1500	120
7	Congelador	1		1500	120	6	Congelador	1		1500	120

28	Zona guías	2	360	720	120	7	Zona guías	2	360	120	
8	Congelador	1		1500	120	8	Congelador	1	1500	120	
9	Microondas	1		1500	120	9	Microondas	1	1500	120	
4	Mesa fría	1		1500	120	10	Mesa fría	1	1500	120	
18	Electrodoméstico	1		1500	120	11	Electrodoméstico	1	1500	120	
	Electrodoméstico			1500	120	12	Electrodoméstico	1	1500	120	
27	Habitación N.º1	10+7	75 - 360	3270	208	13-14	Habitación N.º1		1476	208	
12	Habitación N.º2	10+7	75 - 360	3270	208	15-16	Habitación N.º2		1476	208	
22	Circuito general	1		1500	120	17	Cámara fría	1	1500	120	
29-30	Salida Especial	1			208	18	Cámara fría	1	1500	120	
20	Abanicos	5	150	750	120	19	Iluminación	12	6	72	120
5	Circuito general	1		1500	120	20	Tomacorrientes	2	720	120	
6	Circuito general	1		1500	120	21	Tomacorrientes	2	720	120	
3	Circuito general	1		1500	120						
13	Circuito general	1		1500	120						
10*11	Salida Especial	1			208						
14-15	Salida Especial	1			208						
16-17	Salida Especial	1			208						
Tablero BM						Tablero BM					
3	Iluminación	10	75	750	120	1	Iluminación	4+1	174	120	
1	Tomacorrientes	3	360	1080	120	2	Tomacorrientes	3	1080	120	
4	Tomacorrientes	8	360	2880	120	3	Tomacorrientes	6	540	120	

Tablero R					
1	Iluminación Recepción	15	75	1125	120
2	Iluminación Baños	10	75	750	120
2	Iluminación Salón	15	75	1125	
3	Tomacorrientes Recepción	5	360	1800	120
4	Tomacorrientes Generales	10	360	3600	120
5	Tomacorrientes	6	360	2160	120
6	Tomacorrientes	5	360	1800	120
Tablero L					
1*2*3	Lavadora N.º1	1		9000	208
4*5	Secadora N.º1	1		5200	208
6	Circuito general	1			120
7	Tomacorrientes	3	360	1080	120
8*9*10	Lavadora N.º2	1		9000	208
15	Tomacorrientes	2		1500	120
16	Tomacorrientes	2		1500	120
20-21	Secadora N.º2	1		5200	208
18	Iluminación	10	75	750	120

Tablero R					
1	Iluminación	23		480	120
2	Iluminación	11		816	120
3	Tomacorrientes	4		720	120
4	Tomacorrientes	4		720	120
5	Tomacorrientes	3		540	120
6	Tomacorrientes	7		1260	120
Tablero L					
1-2-3	Lavadora N.º1	1		9000	208
4-5	Secadora N.º1	1		5200	208
6	Tomacorrientes	1		1500	120
7	Tomacorrientes	1		1500	120
8-9-10	Lavadora N.º2	1		9000	208
11	Tomacorrientes	1		1500	120
12	Tomacorrientes	1		1500	120
13-14	Secadora N.º2	1		5200	208
15	Iluminación	10		60	120

19	Abanicos	7	150	1050	120
17	Circuito general	1		1500	120
1	Tomacorrientes	3	360	1080	208
2	Iluminación Bodega	11	75	825	120
3	Circuito general	1		1500	120
4*5	Salida Especial			2200	208
Tablero E					
1	Iluminación	13	75	975	120
3	Tomacorrientes	8	360	2880	120
2	Iluminación	13	75	975	120
9	Tomacorrientes	6	360	2160	120
12	Microondas	1		1500	120
10	Tomacorrientes	6	360	2160	120
4	Termoducha	1		4000	120
5	Termoducha	1		4000	120
7	Iluminación	10	75	750	120
8	Iluminación	10	75	750	120
11	Abanicos	8	150	1200	120
6	Termoducha	1		4000	120
Tablero D					

16	Iluminación Bodega	5		30	120
17-18	Salida Especial	1		2200	208
Tablero E					
1	Iluminación	12+2	6	372	120
2	Tomacorrientes	6		1080	120
3	Iluminación	12		72	120
4	Tomacorrientes	6		1080	120
5	Microondas	1		1500	120
6	Tomacorrientes	3		540	120
7*8	Calentador de Paso	1		9000	208
Tablero D					

4	Iluminación	16	75	1200	120	1	Iluminación	12	6	72	120
2	Tomacorrientes	8	360	2880	120	2	Tomacorrientes	6		1080	120
1	Tomacorrientes	8	360	2880	120	3	Tomacorrientes	6		1080	120
3	Tomacorrientes	5	360	1800	120	4	Tomacorrientes	3		540	120
8	Termoducha	1		4000	120	5*6	Calentador de Paso	1		9000	208
5	Iluminación	12	75	900	120						
7	Termoducha	1		4000	120						
Tablero P - Tablero S						Tablero P					
1	Habitación N.º3	10+7	75 - 360	3270	120	1-2	Habitación N.º3	1		1476	208
2	Habitación N.º4	10+7	75 - 360	3270	208	3-4	Habitación N.º4	1		1476	208
3	Habitación N.º5	10+7	75 - 360	3270	208	5-6	Habitación N.º5	1		1476	208
4	Habitación N.º6	10+7	75 - 360	3270	208	7-8	Habitación N.º6	1		1476	208
5	Habitación N.º7	10+7	75 - 360	3270	208	9-10	Habitación N.º7	1		1476	208
6	Habitación N.º8	10+7	75 - 360	3270	208	11-12	Habitación N.º8	1		1476	208
7	Habitación N.º9	10+7	75 - 360	3270	208	13-14	Habitación N.º9	1		1476	208
8	Habitación N.º10	10+7	75 - 360	3270	208	15-16	Habitación N.º10	1		1476	208
9	Habitación N.º11	10+7	75 - 360	3270	208	17-18	Habitación N.º11	1		1476	208
10	Habitación N.º12	10+7	75 - 360	3270	208	19-20	Habitación N.º12	1		1476	208
11	Habitación N.º13	10+7	75 - 360	3270	208	21-22	Habitación N.º13	1		1476	208
12	Habitación N.º14	10+7	75 - 360	3270	208	23-24	Habitación N.º14	1		1476	208
13	Habitación N.º15	10+7	75 - 360	3270	208	25-26	Habitación N.º15	1		1476	208

14	Habitación N.º16	10+7	75 - 360	3270	208		
15	Habitación N.º17	10+7	75 - 360	3270	208		
Tablero K							
1	Iluminación	5	75	375	120		
2	Tomacorrientes	3		1500	120		
3	Tomacorrientes	3		1500	120		
Tablero K							
1	Iluminación	4+2		324	120		
2	Tomacorrientes	3		540	120		
3	Tomacorrientes	3		540	120		
4	Tomacorrientes	5		900	120		
5	Microondas	1		1500	120		
Potencia Instalada (KVA)				182.510,00		Potencia Instalada (KVA)	
Potencia demandada (KVA)				27.376,50		Potencia demandada (KVA)	
						115.020,00	
						17.253,00	

Para las recomendaciones de mejora se propone disminuir la cantidad final de luminarias para algunos aposentos que cuentan con espacios de luz natural, además de utilizar lámparas con tecnología LED de un bajo consumo, 6 watts máximo; así como también se da la recomendación de utilizar solo los equipos que funcionan a gas en la cocina. Durante la visita para el levantamiento de cargas, se encontraron circuitos sin identificar, especialmente en la zona de cocina y la lavandería; por lo que en la lista de mejoras se ven reflejados únicamente los equipos que van a ser 100% necesarios para el correcto funcionamiento del inmueble, así que, de esta forma se puedan descartar y desconectar equipos o electrodomésticos

que no están siendo útiles, pero dado el manejo poco eficiente de las instalaciones están conectados a la red eléctrica y generando pérdidas en el consumo. Se da la recomendación de utilizar un tanque de agua caliente o un calentador de paso de 9,0 KVA para sustituir tres termoduchas de 5,0 KVA cada una, en la zona de dormitorios de empleados.

Así de esta forma y cumpliendo con las normas especificadas por el Código Eléctrico Nacional desarrolladas en este capítulo, se puede justificar, que la potencia instalada actual del proyecto es de 182.15 KVA, según el anexo 3, el cual muestra una gráfica de mediciones tomadas durante el año 2016 con un equipo marca Fluke, modelo 1730 se obtiene un valor registrado máximo de potencia demandada de 27.376,50 KVA. Tomando estos dos valores de carga en condiciones actuales, logro obtener un factor de demanda de un 15%.

Por otra parte al realizar la propuesta de mejoras en el rediseño de la instalación eléctrica, definida en la memoria de cálculo de la tabla 4.9, se obtiene una potencia total instalada de 115.020 KVA, y aprovechando el mismo factor de demanda que se obtuvo en las condiciones eléctricas actuales de 15%, obtengo una potencia demanda de 17,25 KVA; por lo tanto se puede observar un ahorro energético de 10.00 KVA sobre lo registrado en el año 2016.

4.4. Análisis financiero

Para la parte financiera el costo inicial del proyecto es de aproximadamente ₡11.500.000,00, desglosado de la siguiente manera:

Tabla 4.18: Desglose de precio
Fuente: La autora

Remodelación sistema eléctrico	₡ 10.370.000,00
Biodigestor (\$2000)	₡ 1.129.600,00

Los materiales del rediseño eléctrico y de la instalación incluyen la mano de obra.

El ahorro se calcula multiplicando los kilowatts por hora que se producen por medio del biogás y de esa forma se reduce el gasto de diésel y así disminuye el costo de operación.

Tabla 4.19: Cálculo de ahorro
Fuente: La autora

Promedio compra diésel mensual	\$3310
Vida útil del biodigestor	10 años
Tasa de interés (según Banco Central de Costa Rica)	10.47%
Porcentaje de producción biogás por día	16%

Tabla 4.20: Promedio de consumo
Promedio mensual

Año:	2014	2015	2016	
Consumo	5207,3	7159,7	7763,5	KWh
Costo		6183,3	3311,1	USD
Diésel		3964,3	5038,0	Litros
Ocupación	451	711	933	huéspedes
Máximo consumo	6282	8122	8316	kWh
Mínimo consumo	4210	5364	7211	kWh

$$VAN = -\text{Inversión Inicial} + \frac{\text{Flujo de Caja}}{(1 + \text{Tasa de interés})^1} + \frac{\text{Flujo de Caja}}{(1 + \text{Tasa de interés})^n}$$

Tabla 4.21: Análisis VAN
Fuente: La autora

Inversión Inicial	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98	3.244.620,98
∅11.500.000,00	8.255.379,02	5.010.758,03	1.766.137,05	(1.478.483,93)	(4.723.104,92)	(7.967.725,90)	(11.212.346,88)	(14.456.967,86)	(17.701.588,85)	(20.946.209,83)

$$VAN = -\text{∅}11.500.000 + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^1} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^2} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^3}$$

$$+ \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^4} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^5} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^6} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^7}$$

$$+ \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^8} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^9} + \frac{\text{∅}3.244.620,98}{(1 + 10,47)^{10}}$$

$$VAN = -\text{∅}11.500.000 + \text{∅}32.447.256,80$$

$$VAN = \text{∅}20.947.256,80$$

La tasa interna de retorno (TIR) es un instrumento de evaluación de inversiones que mide la rentabilidad de un proyecto en porcentajes:

TIR

$$I_0 = \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+r)^1} + \frac{\text{Flujo de caja}}{(1+r)^n}$$

$$\begin{aligned} \text{C}\$11.500.000 &= \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+k)^1} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+k)^2} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+k)^3} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+k)^4} \\ &+ \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+10.47)^5} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+10.47)^6} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+10.47)^7} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+1k)^8} \\ &+ \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+k)^9} + \frac{\text{C}\$3.244.620,98}{(1+k)^{10}} \end{aligned}$$

$$25\% = k$$

$$0 = \text{Inversión Inicial} + \frac{\text{Flujo de caja}}{(r + \text{Tasa de interés})^1} + \frac{\text{Flujo de caja}}{(r + \text{Tasa de interés})^n}$$

Tabla 4.22: Análisis TIR

Fuente: La autora

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
TIR	68,8 3%	26,45 %	3,28 %	9,44 %	16,88 %	21,46 %	24,41 %	26,38 %	27,72 %	28,66 %

4.5. Análisis de resultados

Según los resultados obtenidos en el levantamiento se nota que al diseño eléctrico actual no se le ha dado el correcto mantenimiento, por lo que se presentan inconsistencias con el Código Eléctrico Nacional. El diseño actual cuenta con veintinueve tableros en toda la distribución. De ellos diecisiete son para las cabañas de habitaciones de huéspedes. Los doce tableros sobrantes se distribuyen entre los restantes aposentos, conocidos como cocina, oficina administrativa, recepción, zona de preparación de alimentos para los empleados, lavandería y habitaciones para los empleados.

Con base en lo descrito en el capítulo 2, sección 2.1, se realiza un rediseño de los elementos eléctricos y se llega a 115.200 VA de carga total conectada y de 17.280 VA de carga total demandada. Este valor es el nuevo valor por considerar en el diseño de un biodigestor.

Actualmente, la finca del hotel cuenta con 15 cerdos en engorde y se obtiene un aproximado de **2253,60 kg/día** de materia prima. Este dato se consigue al multiplicar el peso promedio del animal por la cantidad de excreta que producen por día. Para determinar cuánta debe ser el agua con la que se mezcle el excremento, se acostumbra agregar 2,44% medidas de agua por cada medida de estiércol para alcanzar un porcentaje ideal de 9% de mezcla.

El parámetro de tiempo de retención hidráulica debe mantenerse dentro del rango de 20 a 30 días. Para este estudio se dispuso utilizar 25 días.

Con estos valores se calcula el volumen de biogás que el biodigestor puede generar. Con estos valores se seleccionó un biodigestor marca Viogáz, señalado en el anexo, para realizar el análisis financiero.

El nuevo biodigestor produce un aproximado de 2,26 metros cúbicos por día de biogás. Este dato se debe comparar con el requerimiento de la planta de generación. El generador proporciona la potencia necesaria para abastecer el proyecto hotelero en su totalidad, por lo que se establece en el capítulo.4, sección 4.3, que 16% es el porcentaje de biogás que puede respaldar en el generador de diésel.

Según el análisis financiero, el VAN presenta números positivos a partir del cuarto año, con la tasa de descuento de 10,47%, porcentaje tomado del Banco Central de Costa Rica como tasa de interés para un préstamo tipo comercial, lo que indica que el proyecto se puede financiar a un corto período para empezar a ver frutos.

El TIR o tasa interna de retorno, como es definido en el marco teórico, sección 2.5, indica que si la tasa de rendimiento del proyecto, expresada en TIR, supera la tasa de corte, es decir, k ; o, en otras palabras, el porcentaje de préstamo del banco, esto indicaría una inversión aceptable. Presenta un valor de 3,28% en el cuarto año, lo cual indica el máximo endeudamiento para financiar y no obtener pérdidas en el proyecto.

Conclusiones

1

De acuerdo con el primer objetivo, que dice: “Reducir el consumo de carga eléctrica que debe aportar el grupo electrógeno, por medio de opciones de mejora dentro de la instalación eléctrica existente y así determinar la viabilidad de la generación de electricidad por medio de biogás”; se desarrolló un rediseño del sistema eléctrico basado en el NEC, el cual dio un diseño con una demanda de 17 kVA. Este valor es menor de lo que registra el consumo promedio mensual del período 2016; valor obtenido en el capítulo 4, tabla 4.9.

Por lo tanto, se establece que es necesario ajustar los sistemas eléctricos para crear un diseño con una demanda menor al desempeño real actual, demanda máxima de 27 kVA, según se logró obtener gracias a las mediciones registradas por hotel en el año 2016, señalada en el anexo. Con esto se pretende dar un primer paso hacia el consumo eficiente de electricidad, ya que las mediciones tendrán más exactitud con respecto a la demanda real del sistema.

2

Conforme al objetivo específico 2, “realizar un levantamiento eléctrico que evidencie las condiciones actuales en las que opera el hotel”, tal como se logra ver en el capítulo 3 (objetivos específicos), pág. 3, se realizó un levantamiento de cada uno de los tableros eléctricos actuales, así como de sus características. En este diagnóstico se determina que 100% de la instalación eléctrica no cumple con el Código Eléctrico (NEC 2008) vigente en el país. Por lo tanto, se procedió a realizar un rediseño de una nueva propuesta de un sistema eléctrico acorde con las necesidades del hotel. Esta propuesta se encuentra en el punto 4.2. Además, se procedió a realizar un estimado de los posibles costos que conllevaría realizar dicha intervención eléctrica. Este costo ronda los ¢10 millones de colones.

3

Con respecto al objetivo 3, 'Estudiar las oportunidades de mejora y ahorro que se puedan presentar en la edificación existente' se logra un consenso de que existen el material, el terreno, la materia prima en forma de cerdos, así como el capital humano para poner en marcha un proyecto de conversión a biogás con una resistencia al cambio nula, con una inversión inicial de once millones y medio de colones. Todo esto es determinado en la sección 4.3, en la que se generaron las propuestas de biodigestor basadas en tarifas de préstamos diferentes señaladas en la tabla 4.20. Adicionalmente, según el desarrollo de la memoria de cálculo de la sección 4.2, el rediseño de la infraestructura eléctrica contemplada dentro de esta inversión inicial proveería el ahorro promedio de 10KVA demandado por el grupo electrógeno, sin afectar la producción del hotel ni algunas de sus funciones operativas.

4

Conforme al objetivo 'Determinar si la generación actual de biogás satisface la demanda que requiere el generador', se identificó el porcentaje de diésel que sería reemplazado por biogás, el cual será de 16% basado en el cálculo de diseño de propuesta de biodigestor, señalada en la sección 4.2, y se determinó que, aunque el biogás no cubriría por completo las necesidades energéticas del hotel, contemplarían un ahorro importante el cual se determinó en un análisis financiero. El análisis financiero generado en el punto 4.4 también reveló información de costos y eficiencia económica que podrá tener la empresa, lo cual se ampliará en la conclusión 6, pág. 115.

5

Se logra cumplir con el objetivo de 'Ofrecer una solución integral de generación energética', ya que, como fue mencionado anteriormente, se genera una armonía entre el biogás y diésel usado actualmente por el hotel, de forma que coexistan en un sistema eficiente, y que puede ser promovida de manera ecológica a los potenciales clientes de la zona. El objetivo hace referencia a una solución integral. Mediante el rediseño de los tableros de las secciones 4.2.1, hasta la 4.2.10, se propuso una distribución más eficiente, como lo demuestran el cálculo de la carga total y el cálculo de los costos para la remodelación de la instalación eléctrica, pág. 92. Adicionalmente a esto, la sección 4.3 de diseño de la propuesta de biogás permite determinar con certeza que el del biodigestor es un proyecto realizable con el material que se tiene, el cual fue desglosado en la sección 4.1 del diagnóstico de la situación actual.

6

Se realizó un análisis económico de las ventajas y desventajas del biogás para la viabilidad del proyecto. Esto se logró adjudicando la metodología de valor actual neto y tasa de retorno de inversión, para determinar de manera científica cuál es el beneficio en colones a través de los años del uso de la herramienta. Con base en el capítulo 4.4, pág. 100, se realizaron una serie de cálculos fundamentados en la fórmula del VAN, la cual permitió determinar que el proyecto a cuatro años comenzará a lograr una ganancia con el valor neto mínimo positivo visualizado en la tabla 4.20, y con una ganancia exponencial que aumentará hasta el décimo año. También se visualiza en esta tabla cuándo el biodigestor terminará su vida útil.

7

Conforme a los puntos anteriores y en resumen de la intención del proyecto, se puede decir que el objetivo 'Evaluar la implementación del uso de biogás en el generador como combustible alternativo en el generador' da a entender que es posible realizar esta implementación como un proyecto de no menos de cuatro años, con una inversión inicial de once millones de colones. Si todas estas condiciones se cumplen, se puede determinar con certeza que el proyecto es viable.

Más aun, no solo se puede considerar viable sino que, en conjunto con las mejoras hechas por el levantamiento propuesto en la sección de desarrollo de este documento, se pronostica que el hotel podría tener un beneficio económico exponencial, ya que según las predicciones de ganancia que se determinaron en la creación del VAN, el proyecto comenzará a generar fondos de entre ₡1.478.483,93 y ₡3.244.620,98 para los años cuarto y quinto, y continuará generándolos durante los 10 años siguientes (así determinado en la sección 4.4, página 103). Podría tener un valor actual neto mayor año tras año, por factores no contemplados, como el aumento del precio del diésel a través de los años, o la potencial compra de más cerdos de engorde para aumentar el uso de biogás por encima de diésel como fuente primaria de energía.

Adicionalmente, el biogás ofrece un beneficio no tan cuantificable: una oportunidad de mercadeo para posicionar la marca de la empresa con un valor ecológico en un marco de responsabilidad social corporativa. Esto permitiría al hotel proyectarse con una estrategia de mercadeo a potenciales clientes aún no contemplados, participar en concursos de prestigio de nivel hotelero y obtener

nuevos patrocinadores y colaboradores que se verán atraídos por la inventiva de negocio mostrada.

Por todas estas razones se establece que la propuesta de rediseño eléctrico y la adopción de un biodigestor son una opción idónea para el hotel, y se estima que cualquier negocio de similar índole se beneficiará de esta estrategia de proyectos.

Recomendaciones

1

Con respecto al objetivo principal de este documento, en caso de ser definido como un proyecto para ejecutarse de manera inmediata, se recomienda un análisis de interesados, levantamiento de requerimientos y otros instrumentos destacados de administración de proyectos, para definir plazos de creación del biodigestor, así como para conseguir las mejores posibles inversiones en presupuesto.

2

Este documento contempla un alcance dirigido al mejor funcionamiento del generador de energía, bajo el supuesto de la utilización de la materia prima actual del hotel, que equivale a 15 cerdos adultos de engorde saludables. Bajo este panorama se realizó el cálculo eléctrico financiero, pero se recomienda hacer cálculos respaldados en otros supuestos, como pueden ser más cerdos u otras variedades, para definir si el impacto económico en la inversión puede ser mejorado.

3

Los cálculos financieros se realizaron con base en indicadores económicos actuales, como son el precio del diésel y los porcentajes de préstamo promedio según el Banco Central de Costa Rica. De ser utilizados como base para un proyecto, estos cálculos se deben actualizar utilizando la información más reciente del momento, y se debe realizar también un análisis comparativo de bancos para solicitar el mejor préstamo de acuerdo con el valor actual neto.

4

El enfoque de este documento es sobre el rediseño del sistema eléctrico y su análisis financiero; sin embargo, no contempla oportunidades de negocio que se pueden realizar mediante el esquema de responsabilidad social corporativa. Por lo tanto, se recomienda un estudio de mercado con respecto a cómo se puede financiar el proyecto con patrocinadores y, adicionalmente, promover la marca para generar más ingreso y agregar valor no contabilizado al proyecto.

5

Para el cálculo de puesta en marcha del proyecto no se contempló el monto de mano de obra, ya que el hotel cuenta con un equipo de mantenimiento dentro de su planilla. Este equipo está capacitado para realizar obras de instalación eléctricas. Pero si se quiere un cálculo todavía más exacto, se debe tomar la cantidad de horas dedicadas al proyecto y determinar cuánto significa esto en salario por horas pagadas a cada empleado involucrado, para incorporar el dato al análisis financiero y evaluar nuevamente el caso.

6

En este documento se utiliza como información base el levantamiento eléctrico actual del hotel. Por ende, si el hotel sufre transformaciones a través del tiempo, ya sea por averías o por remodelaciones, se deben realizar un nuevo levantamiento y análisis para usar nueva información en el proyecto que va a ser ejecutado.

Referencias bibliográficas

- Barrantes Echavarría, R. (2002). *Investigación: Un Camino al Conocimiento. Un enfoque cuantitativo y cualitativo*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Salkind Neil, J. (1999). *Métodos de investigación* (3ª ed.). México: Prentice Hall.
- Valles Martínez, M. (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social*. España: Editorial Síntesis, S.A.
- National Fire Protection Association. (2008). *Código Eléctrico Nacional*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Á. Estévez, Revisión Técnica)
- Bastos, H. (2003) Informe Técnico Proyecto de Generación de Electricidad a Base de Biogás. Instituto Costarricense de Electricidad, Costa Rica
- Ramírez, J. (1972) Instalaciones Eléctricas I, (10ª edición). Editorial CEAC., España.
- Simposio Centroamericano sobre aplicaciones de energía biomásica Cartago, 4 al 8 agosto, 1980, .Diseño y construcción de biodigestores, 2ª edición, Editorial Tecnológica de Costa Rica; Costa Rica, 1985.
- Ross, C. Handbook of Biogas Utilization, 2ª edition, U.S.A. Department of Energy, U.S.1988.

Anexos

Anexo 1: Tablas del Código Eléctrico Nacional

Tabla 220.12 Cargas de alumbrado general por tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria	
	Volt-Ampere por metro cuadrado	Volt-Ampere por pie cuadrado
Cuarteles y auditorios	11	1
Bancos	39 ^b	3½ ^b
Barberías y salones de belleza	33	3
Iglesias	11	1
Clubes	22	2
Juzgados	22	2
Unidades de vivienda ^a	33	3
Garajes comerciales (almacenamiento)	6	½
Hospitales	22	2
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos ^a	22	2
Edificios industriales y comerciales (áticos)	22	2
Casas de huéspedes	17	1½
Edificios de oficinas	39 ^b	3½ ^b
Restaurantes	22	2
Escuelas	33	3
Tiendas	33	3
Depósitos (almacenamiento)	3	¼
En cualquiera de las ocupaciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares		
Lugares de reunión y auditorios	11	1
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	6	½
Espacios de almacenamiento	3	¼

^a Véase la sección 220.14(J)

^b Véase la sección 220.14(K)

Tabla 250.122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conduit, etc., sin exceder de (Amperes)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre*
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	800
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con la sección 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser dimensionado con un calibre mayor que el dado en esta Tabla.

*Véanse las restricciones de instalación en la sección 250.120.

Tabla 310.15(B)(2)(a). Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje de los valores en las Tablas 310.16 a 310.19, ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y en adelante	35

Tabla 310.16 Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de 0 a 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F).

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Véase la Tabla 310.13(A)]						Calibre AWG o kcmil
	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	60° C (140° F)	75° C (167° F)	90° C (194° F)	
	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	TIPOS TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE				
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14*	20	20	25	—	—	—	—
12*	25	25	30	20	20	25	12*
10*	30	35	40	25	30	35	10*
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500

Continúa

Anexo 2: Tabla de precios Biodigestor, marca Viogaz

Precios (US \$)										
Escala	Modelo	DIGESTOR				FOSA (metros)				Precio (US \$)
		Vol. líquido (m ³)	Vol. gas (m ³)	Diámetro	Botas	Ancho mayor	Ancho menor	Prof	Largo	
Pequeño	VIOGAZ.D1	2	0,8	1,5	4	1,8	0,5	1,0	1,8	\$470
	VIOGAZ.D2	4	1,7	1,9	4	2,3	0,7	1,2	2,3	\$640
	VIOGAZ.D3	6	2,5	2,2	4	2,6	0,8	1,3	2,6	\$780
	VIOGAZ.D4	8	3,3	2,4	4	2,9	0,8	1,5	2,9	\$900
	VIOGAZ.D5	10	4,1	2,6	4	3,1	0,9	1,6	3,1	\$1.015
	VIOGAZ.D6	12	5,0	2,8	6	3,3	1,0	1,7	3,3	\$1.210
	VIOGAZ.D7	15	6,2	3,0	6	3,6	1,0	1,8	3,6	\$1.360
Mediano	VIOGAZ.D8	20	8,3	3,3	6	3,9	1,1	2,0	3,9	\$1.590
	VIOGAZ.D9	25	10,4	3,5	6	4,2	1,2	2,2	4,2	\$1.800
	VIOGAZ.D10	30	12,4	3,8	6	4,5	1,3	2,3	4,5	\$2.000
	VIOGAZ.D11	35	14,5	4,0	6	4,7	1,4	2,4	4,7	\$2.180
	VIOGAZ.D12	40	16,6	4,1	8	5,0	1,5	2,5	5,0	\$2.440
	VIOGAZ.D13	45	18,6	4,3	8	5,2	1,7	2,5	5,2	\$2.610
	VIOGAZ.D14	50	20,7	4,4	8	5,4	1,9	2,5	5,4	\$2.780
Grande	VIOGAZ.D15	60	24,9	4,7	8	5,8	2,3	2,5	5,9	\$3.110
	VIOGAZ.D16	70	29,0	4,8	8	6,1	2,6	2,5	6,4	\$3.430
	VIOGAZ.D17	80	33,2	5,0	8	6,3	2,8	2,5	7,0	\$3.740
	VIOGAZ.D18	100	41,4	5,3	8	6,8	3,3	2,5	8,0	\$4.345
	VIOGAZ.D19	120	49,7	5,5	8	7,1	3,6	2,5	8,9	\$4.930

Digestores VIOGAZ® incluyen:

- Digestor listo para instalación, hecho a base de geomembrana de PVC y soldadura en alta frecuencia, 1.00 mm de grosor con salidas y entradas de aguas + sustrato y biogás en 4"Ø (diámetro).
- Manual de instalación, operación y mantenimiento. Incluye los planos para la fosa.
- Asistencia técnica (Lunes- viernes: 7:30 am a 4:30 pm Costa Rica) al teléfono +(506) 2265.4495.
- Quemador domestico en acero inoxidable.
- Kit de reparación (prensas, tabillitas, pegamento, acetona, e indicaciones).
- Cobertor solar para protección contra rayos ultravioletas (Geotextil).
- Válvula de seguridad para biogás.
- Filtro para la reducción de **sulfuro de hidrogeno** en el biogás.

VIOGAZ, S.A
 Servicio al cliente: + (506) 2265-4495. Fax: + (506) 2265-3374.
 Heredia, Costa Rica. www.viogaz.com

**Anexo 3: Gráfica reporte de medición de potencia activa promedio, año 2016.
Tomadas con un equipo Fluke Mod:1730**

