

**ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE UN SISTEMA DE MICROCOGENERACIÓN,
MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE MICRO TURBINAS A GAS EN EL CENTRO
JAVERIANO DE FORMACIÓN DEPORTIVA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD
JAVERIANA**

Presentado por:

NICOLÁS GUILLERMO GÓMEZ GARCÍA

ANDRÉS ANÍBAL NÚÑEZ NÚÑEZ

TRABAJO DE GRADO

Director:

ING. JOHN EDUARDO PEÑA FORERO

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.**

2012

Carta de aprobación del Director del Trabajo de Grado

Señores

COMITÉ DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Señores Comité de Carrera:

La presente comunicación con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado **“Análisis de la propuesta de un sistema de microgeneración, mediante la tecnología de micro turbinas a gas en el Centro Javeriano de Formación Deportiva de la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá”**, elaborado por los estudiantes Nicolás Guillermo Gómez García, C.C. 1020743419 y Andrés Aníbal Núñez Núñez, CC 1020715470, en mi calidad de Director.

Declaro conocer y aceptar el reglamento y disposiciones de los trabajos de grado en la Carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Cordialmente,



Ing. John Eduardo Peña
Director del Trabajo de Grado

Agradecimientos

Primero le agradecemos a Dios por la oportunidad que nos brindó de aplicar de los conocimientos aprendidos, conocer las personas que nos ayudaron en el desarrollo de éste estudio y por todas las situaciones buenas y malas que se nos presentaron durante este año.

Agradecemos también el gran apoyo y colaboración por parte de la oficina de Administración del Campus en el proceso de levantamiento de información con respecto a los estudios térmicos y eléctricos en el Centro de Javeriano de Formación Deportiva y por la confianza que depositaron en nosotros.

Especialmente le agradecemos a la Ing. Linda Santoval Miller (Jefe de la oficina de administración del Campus PUJ) por la aprobación del estudio y por el apoyo que brindó durante el desarrollo de nuestro trabajo de grado. También agradecemos a los ingenieros Sergio Bruno Paniagua (Coordinador de la ingeniería Eléctrica) y José Fernando Romero (Coordinador de Mantenimiento de Equipos), por los permisos otorgados para el levantamiento de información, el apoyo en la instalación de los equipos de medición y la información brindada acerca los sistemas eléctricos y térmicos instalados en el Centro Javeriano de Formación Deportiva (CJFD).

Agradecemos muy especialmente al Ingeniero electricista y actual profesor de cátedra de la Pontificia Universidad Javeriana, Néstor Coronado, quien además de transmitirnos de manera oportuna sus conocimientos, prestó con el objetivo de apoyar el estudio, un analizador de redes eléctricas, equipo de gran precisión, difícil acceso y de gran importancia para el análisis del consumo de energía eléctrica del Centro de Javeriano de Formación Deportiva que se realizó durante éste trabajo de grado.

Adicionalmente es importante agradecer al Auxiliar de Mantenimiento de Equipos Diego Armando Suárez, por su gran colaboración al indicarnos el funcionamiento y los elementos que intervienen en el sistema térmico del edificio del CJFD. Finalmente agradecer al Ingeniero Jorge Amaya (Coordinador Programas de Formación en Actividad Física y Deporte), a Dennis Ramírez (Formadora de Sala) y a John Navarro (Auxiliar Máquinas y equipos CJFD) por el facilitar el acceso a los equipos y por la ayuda que nos brindaron para el levantamiento de información que se requirió en el trabajo de grado.

Con respecto a los temas de investigación es importante mencionar a los ingenieros Carlos Osorio (Supernova Energy Services) y Javier Duarte (Supernova Energy Services), pues siempre mostraron un gran apoyo aportando al proyecto la información específica de la tecnología estudiada en este trabajo, por medio de conferencias, charlas e incluso reuniones, lo cual hizo mucho más precisa la obtención e interpretación de los datos técnicos de las microturbinas para el cumplimiento de los objetivos que requería la investigación.

Es muy importante mencionar las personas que se encargaron de explicar conceptos y brindar apoyo en los temas técnicos y financieros que ayudaron a evaluar el proyecto desde varios puntos de vista dándole un mayor peso al análisis realizado. Por ello se inicia mencionando a la Directora Financiera de la

Pontificia Universidad Javeriana, Johana María del Pilar Bolívar quien cordialmente nos atendió en su oficina y nos colaboró revisando brevemente el análisis financiero que realizamos en para el trabajo de grado. También Agradecemos a la Economista y actual profesora de cátedra de la asignatura de Preparación y Evaluación de proyectos Ángela María Jaramillo, quien también revisó el análisis financiero de la propuesta. Es importante mencionar al ingeniero Fabio Aldana (Superintendencia delegada para energía y gas) quien aportó conocimientos técnicos para la comprensión de sistemas térmicos.

Agradecemos también al Ingeniero John Eduardo Peña, director de nuestro trabajo de grado, por evaluar y corregir oportunamente tanto la metodología propuesta como los estudios y documentos adjuntados en el trabajo de grado, y por la seguridad y tranquilidad que nos brindó cuando fue necesario.

Finalmente agradecemos a nuestras familias por el gran apoyo y la colaboración incondicional que ayudaron a que este proyecto fuera una realidad.

Tabla de contenido

Agradecimientos	2
Glosario	10
INTRODUCCIÓN	13
1. Planteamiento del problema	14
1.1. Contexto Histórico.....	14
1.1.1. Impacto ambiental de la generación de energía.....	14
1.2. Situación en Colombia.....	15
1.2.1. Sector Eléctrico Colombiano	15
1.2.2. Plantas de energía eléctrica de emergencia	19
1.2.3. Cogeneración(generación de energía eléctrica y térmica aprovechable).....	19
1.3. Situación actual en la Pontificia Universidad Javeriana	21
1.3.1. Centro Javeriano de Formación Deportiva	22
1.4. Formulación del problema	23
1.4.1. Pregunta de investigación	23
2. Justificación	24
2.1. Beneficios de las microturbinas	24
2.2. Beneficios de la implementación de microturbinas en el Centro deportivo	25
3. Marco Teórico	27
3.1. Tecnología Hidroeléctrica.....	27
3.2. Tecnología Termoeléctrica	27
3.3. Efectos medioambientales debido al uso de tecnologías para la obtención de energía.....	28
3.3.1. Hidroeléctrica	28
3.3.2. Termoeléctrica	28
3.4. Cogeneración:	29
3.4.1. Rendimiento del sistema de cogeneración	29
3.4.2. Micro-cogeneración	29
4. Objetivo general:.....	32
4.1. Objetivos específicos:.....	32
5. Metodología	32

6.	Diagnóstico energético inicial del Centro Javeriano de Formación Deportiva	33
6.1.	Condiciones iniciales y línea base del edificio.....	33
6.2.	Inventario actual del Centro Javeriano de Formación Deportiva	34
6.2.1.	Equipos	34
6.3.	Proceso actual de obtención de energía eléctrica	40
6.3.1.	Diagrama unifilar (ver Gráfica 29)	40
6.4.	Curvas de Corriente y Potencia Eléctrica Activa	43
6.4.1.	Materiales y equipos de medición	43
6.4.2.	Condiciones de instalación de los equipos de medición.....	43
6.4.3.	Curva de corriente eléctrica 6-8 de marzo.....	44
6.4.4.	Curva de potencia activa 6-8 de marzo.....	45
6.5.	Proceso actual de obtención de energía térmica	48
6.5.2.	Diagrama esquemático de la Caldera.....	49
6.5.3.	Diagrama de Flujo del funcionamiento de la caldera	50
6.6.	Requerimientos Térmicos del sistema	51
6.6.1.	Cálculo del calor requerido por el edificio	51
6.6.2.	Análisis del muestreo de consumo térmico	58
6.6.3.	Curvas de consumo de energía térmica	58
6.6.4.	Diagrama de Bloques de la Caldera.....	60
6.7.	Análisis de la distribución de planta del sistema de generación actual.....	68
6.8.	Cálculo de la eficiencia actual del sistema térmico.....	68
6.9.	Resumen del consumo y requerimientos energéticos actuales	69
7.	Marco Legal.....	70
7.1.	Resolución 070 de 1998 (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1998).....	70
7.1.1.	Criterios técnicos de diseño	70
7.1.2.	Especificaciones de diseño.....	70
7.1.3.	Procedimiento para la conexión de generación	70
7.1.4.	Coordinación de protecciones	70
7.1.5.	Ejecución de las obras de conexión.....	71
7.1.6.	Puesta en servicio.....	71

7.2.	Análisis de los requerimientos legales	71
7.2.3.	Condiciones generales de la instalación de una unidad generadora.....	72
7.3.	Reglamentación ambiental	73
7.3.1.	Sistema de gestión ambiental ISO 14001.....	73
7.3.2.	Contaminación auditiva (límites de ruido permitidos) (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007)	73
7.3.3.	Protocolo de Kioto.....	74
7.3.4.	Decreto No. 3683 de Diciembre 19 de 2003	74
8.	Análisis de la propuesta de cogeneración con microturbinas a gas	76
8.3.	Modelos de microturbinas disponibles.....	76
8.3.1.	Selección de alternativas.....	77
8.4.	Posibles alternativas de solución para el aprovechamiento de la energía eléctrica generada por las microturbinas.....	79
8.4.1.	Tipos de conexiones eléctricas de la microturbina	79
8.4.2.	Selección de la conexión eléctrica a utilizar en el CJFD	83
8.5.	Posibles alternativas de solución para el aprovechamiento de la energía térmica liberada por las microturbinas.....	85
8.5.1.	Alternativas de aprovechamiento térmico	85
8.5.2.	elección de la alternativa de aprovechamiento térmico a utilizar en el CJFD	85
8.6.	Requerimientos técnicos.....	87
8.6.1.	Requerimientos de la instalación eléctrica de la microturbina.....	87
8.6.2.	Requerimientos técnicos del aprovechamiento de la energía térmica de la microturbina	87
8.7.	Maquinaria y equipos necesarios para la instalación de la microturbina.....	88
8.7.1.	Compresor de gas natural (si la microturbina no lo incluye)	88
8.7.2.	Microturbina Modelo C30 (Ver Anexo 7)	88
8.7.3.	Transformador eléctrico.....	94
8.7.4.	Tableros generales de acometidas.....	94
8.7.5.	Intercambiador de calor para agua caliente	95
8.8.	Diseño final del sistema propuesto.....	95
8.8.1.	Tiempo propuesto de operación de la microturbina	95

8.8.2.	Descripción del sistema propuesto	96
8.8.3.	Diagrama de flujo del sistema propuesto (Ver gráfica 46)	97
8.8.4.	Diagrama de bloques del sistema propuesto.....	99
8.8.5.	Diagrama de planta y equipos del sistema propuesto.....	104
8.9.	Cálculo de la eficiencia del sistema propuesto	105
8.9.1.	Cálculo de eficiencia eléctrica	105
8.9.2.	Cálculo de la eficiencia térmica.....	105
8.9.3.	Cálculo de eficiencia total de la microturbina.....	106
9.	Análisis financiero sistema actual y del sistema propuesto.....	107
9.1.	Actividades de Mantenimiento actuales y costos asociados	107
9.2.	Costo actual del sistema por consumo de energía eléctrica y térmica.....	108
9.3.	Costos de la instalación de microturbinas	108
9.3.1.	Costos de construcción de ductos e infraestructura para la instalación	108
9.3.2.	Costos de transporte de la microturbina (Ver Anexo 12)	109
9.3.3.	Costo total de la instalación	109
9.4.	Análisis de los costos y beneficios de la propuesta.....	110
9.4.1.	Costo del gas consumido por la microturbina	110
9.4.2.	Costo del kWh generado por la microturbina.....	110
9.4.3.	Costos de mantenimiento	110
9.4.4.	Costos anuales de la situación actual y propuesta	110
9.4.5.	Retornos mensuales y anuales por ahorros en el sistema de cogeneración	111
9.4.6.	Ahorro de energía eléctrica propuesto	111
9.4.7.	Ahorro de gas natural propuesto	111
9.5.	Análisis Financiero de la propuesta.....	112
9.5.1.	Análisis DOFA del sistema propuesto.....	114
10.	Diagnóstico ambiental.....	115
10.1.	Revisión ambiental inicial de la Situación actual y la propuesta de cogeneración	115
10.1.1.	Ecomapa	115
10.1.2.	Ecobalance	117
10.1.3.	Matriz de vulnerabilidad ambiental	117

10.1.4. Escalera medioambiental	118
10.2. Diagnóstico ambiental del sistema actual y de la propuesta	120
10.2.1. Indicadores de ecoeficiencia evaluados	120
10.2.2. Análisis y comparación de indicadores en la situación actual y propuesta	120
Conclusiones	121
Bibliografía	124
ANEXOS	131
Anexo 1 Recibo de energía de la universidad	131
Anexo 2 Recibo de gas natural	132
Anexo 3 Máquinas trotadoras.....	133
Anexo 4 Especificaciones técnicas del analizador de redes	134
Anexo 5 Tabla de datos recogidos de potencia activa	139
Anexo 6 Especificaciones de la cámara termográfica	149
Anexo 7 Cotización microturbina C30.....	150
Anexo 8 Cotización Transformador YY trifásico seco	151
Anexo 9 Cotización Protección para el transformador YY trifásico seco	152
Anexo 10 Cotización Intercambiador de calor	153
Anexo 11 Cotización Compresor para gas natural	155
Anexo 12 Cotización Transporte California, USA – PUJ, Bogotá, Colombia	156
Anexo 13. Cotización obra de infraestructura	157

Glosario

- Balance de materia y energía: Aplicación Industrial que se encarga de analizar los diferentes sistemas de energía, por ello se basa en las diferentes leyes de la física para explicar comportamientos de la energía en los sistemas industriales. (Patiño Olivares)
- Ciclo de Brayton: Ciclo simple de una turbina de gas. En el proceso el aire se comprime adiabáticamente en un compresor rotativo axial o centrifugado. Al final de este proceso, el aire entra a una cámara de combustión en la que se inyecta el combustible y se quema a presión constante. Los ciclos de las turbinas de gas reales son ciclos abiertos porque se debe alimentar continuamente con aire nuevo el compresor. Por ello un ciclo de turbinas de gas de aire, de comprensión y expansión isentrópicas se llama ciclo Brayton. (Prieto, Alonso, & Luengo, 2007)
- CJFD (Centro Javeriano de Formación deportiva): Edificio perteneciente a la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, encargado de brindar servicio a sus estudiantes y usuarios. Entre estos servicios se encuentra la condición física, escuela de formación deportiva, ciencias aplicadas al deporte, deporte y recreación. En este edificio se realizaron los estudios térmicos y eléctricos para este trabajo (Pontificia Universidad Javeriana)
- Caldera: Dispositivo térmico a presión en donde el calor procedente de diversas fuentes de energía, se transforma para ser utilizada (en forma calorífica) a través de un medio de transporte en fase líquida o de vapor. (Floría, González Ruiz, & González Maestre, 2006)
- Compresor: Dispositivo encargado de aumentar el caudal de paso de aire permitiendo una mayor densidad de potencia, la cual es necesaria para procesos de combustión de combustibles. (Bosch, 2005)
- Cogeneración: Sistema en el cual se transforma un tipo de energía en dos tipos diferentes de energía como mínimo. Por regla, estos dos tipos aprovechables de energía transformados son: la energía mecánica y la energía térmica. (Villares Martín, 2003)
- Corriente eléctrica: El flujo de carga eléctrica la cual se encarga de transportar energía eléctrica de un lado a otro. Su simbología (I). (Hewitt P. G., 2004)
- CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas): Es la. Se encargan de regular los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible de manera técnica, independiente y transparente, promoviendo el desarrollo sostenible de los sectores. (CREG)
- Diagrama Unifilar: Diagrama que por medio de una simbología se encarga de dar una descripción a una situación eléctrica, dando una idea e información de los componentes que intervienen en un sistema eléctrico. (Enríquez Harper, 2005)
- Ecomapa: Es un diagrama en el cual se ilustra la situación de un individuo de tal manera que busca organizar y presentar la información de hechos entre variables del individuo y el contexto. Representa la forma dinámica el sistema ecológico que lo rodea. (Turabián & Pérez, 2001)
- Ecobalance: Es un método analítico que permite evaluar impactos sobre el medio ambiente del sistema industrial. Para este análisis se requiere el estudio de factores en cada etapa del ciclo de la vida del sistema para definir la situación en las que se encuentra buscando mejoras del ambiente en el que se encuentra. (Seoanez Calvo & Angulo Aguado, 1997)

- **Energía potencial:** Energía de posición. Es la energía que se almacena en espera de ser utilizada porque en ese estado tiene el potencial para realizar trabajo. La cantidad de energía potencial gravitacional que posee un objeto elevado es igual al trabajo realizado contra la gravedad para levantarlo. (Hewitt, 1999, pág. 106)
- **Energía hidráulica:** Es un sistema de generación que puede almacenar energía en el caso de disponer de presas donde retener el agua. En la medida en que el agua situada en una posición pierde altura gana velocidad. Por ello se relaciona directamente con el movimiento de las aguas, ríos u otros cauces. (Menéndez Pérez, 1997)
- **Energía cinética:** Es la energía de movimiento. Si un objeto se mueve, es capaz de realizar trabajo porque tiene energía de movimiento o energía cinética. La energía cinética depende de su masa y de su rapidez. (Hewitt, 1999, pág. 108)
- **Energía mecánica:** Es la energía que depende de la posición de un objeto y la que se debe a su movimiento. Esta energía puede estar en forma de energía cinética o energía potencial. (Hewitt, 1999, pág. 106)
- **Energía eléctrica:** Es la energía que se obtiene de la transformación y uso de otras fuentes energéticas, como la energía mecánica. Las fuentes utilizadas en la producción de energía eléctrica pueden ser tanto renovables como no renovables. (Naciones Unidas, 2005)
- **Energía térmica:** movimiento caótico de átomos y moléculas en donde se pueden transferir de una sustancia a otra a través de diferentes mecanismos como la radiación electromagnética emitida por el cuerpo caliente y absorbida por el cuerpo frío o bien por contacto entre las dos sustancias. (Martinez Alvarez, Rodriguez Yunta, & Sanchez Martín, 2007)
- **Frecuencia:** Es una magnitud en la cual se calculan el numero de repeticiones por unidad de tiempo de un fenómeno periódico. Su unidad es el Hertz (HZ). (Wildi, 2007)
- **Generación:** Proceso que se lleva a cabo mediante la transformación de una fuente de energía primaria. Según el proceso empleado, se puede distinguir varios tipos de generación, de los cuales los más comúnmente utilizados son: Generación térmica, generación nuclear y generación con fuentes renovables (agua, luz solar, viento y biomasa) (González, Pulido, & Ramiro, 2007)
- **Intercambiador de calor:** Equipo termodinámico que se encarga de transferir calor desde una corriente fluida caliente a una corriente fluida fría. Este dispositivo depende de la naturaleza de las fases presentes (gas-gas, gas-liquido, gas-solido, liquido-liquido, liquido-solido, solido-solido) (Levenspiel, 1998)
- **OR (Operador de Red):** Entidad encargada de la planeación de la expansión, inversión, innovación, operación y mantenimiento de un Sistema de Transmisión Regional o de Distribución Local. El Operador de Red debe ser siempre una Empresa de Servicios Públicos.
- **Presión:** es la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una unidad de área de alguna sustancia. SU unidad se expresa como el newton por metro cuadrado, que recibe el nombre de Pascal. (P). (Mosca, 2003)
- **Proceso de combustión:** Se define como la oxidación rápida de sustancias (llamadas combustibles) por la aplicación de calor. En las centrales termoeléctricas, este proceso se lleva a cabo en calderas de gran

capacidad. Los combustibles que se utilizan comúnmente en estos procesos son carbón, combustóleo y gas natural, aunque puede llegar a usarse también diesel, madera, gas licuado de petróleo (LP) o gases de proceso.” (Zuk, Garibay Bravo, Iniestra Gómez, López, Rojas-Brancho, & Laguna Monroy, 2006)

- **SDL (Sistema de Distribución Local):** Sistema de transmisión de energía eléctrica conformado por redes de distribución tanto municipales como distritales. A su vez se encuentra compuesta por el conjunto de líneas y subestaciones, y sus equipos asociados que ambos operan a tensiones menores de 220 kV. No pertenecen a Sistemas de Transmisión Regionales.
- **SIN (Sistema Interconectado Nacional):** Es el sistema que se encuentra conformado por elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión nacional, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los Usuarios. (CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1998)
- **STR (Sistema de transmisión regional):** Es el sistema interconectado de transmisión de energía eléctrica conformado por las redes regionales o interregionales de transmisión. En este sistema interviene el conjunto de líneas y subestaciones conectadas con sus diferentes equipos asociados cumpliendo con la operación a tensiones menores de 220 kV. Adicionalmente estos sistemas no pertenecen al Sistema de Distribución Local. (CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1998)
- **Tensión:** Indica cuanta energía eléctrica por unidad de carga es necesaria para la separación o desplazamiento de las cargas. (Bastian, 1996)E
- **Transformador:** Dispositivo eléctrico que por medio de inducción electromagnética se encarga de transferir energía eléctrica de uno o varios circuitos, a uno o varios circuitos en la misma frecuencia, de esta manera aumenta o disminuye los valores de tensión y corriente eléctrica. (Pérez, 2001)
- **Voltaje:** Presión eléctrica que produce un flujo de carga, o corriente. La unidad de medida del potencial eléctrico es el Volt. (Hewitt P. G., 2004)

INTRODUCCIÓN

En busca del desarrollo sostenible de la Pontificia Universidad Javeriana, se han planteado varios programas de gestión ambiental con el objetivo de generar iniciativas de investigación y acciones concretas que apunten al mejoramiento del campus y a la disminución del impacto ambiental en áreas como la de educación ambiental, el manejo de residuos sólidos, manejo de aguas, aire y ruido, Indicadores de calidad y de gestión ambiental, comportamiento ambiental del espacio construido, gestión de energía, programa urbano y de zonas verdes en el campus (Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo).

Dentro de estos programas uno de los principales objetivos es mejorar los sistemas de gestión energética, buscando la mejora continua de sus procesos, equipos y operaciones. En el caso del Centro Javeriano de Formación Deportiva se generó una necesidad energética desde su construcción en el año 2003 a raíz de la instalación de duchas como parte de los servicios prestados, para lo cual fue necesario producir calor con el fin de calentar el agua que alimentara éste sistema.

Para ello se pensó en satisfacer éste requerimiento de energía térmica por medio de una caldera, pero no se evaluaron otros sistemas que pudieran suplir las necesidades energéticas globales del edificio y así aumentar la eficiencia. Es por ésta razón que es necesario evaluar sistemas de gestión integral de energía que mejoren la eficiencia energética de las instalaciones del Centro Deportivo, acorde con los objetivos del programa de gestión de energía de la Pontificia Universidad Javeriana. Una de estas tecnologías, es la microgeneración, la cual pretende suplir, tanto el consumo de energía eléctrica como térmica de un edificio que posea ambos requerimientos, como es el caso del Centro Javeriano de Formación Deportiva. Así pues se presenta la oportunidad de evaluar uno de los sistemas con menores costos de operación y mantenimiento, como son las microturbinas a gas, para la autogeneración de ambos tipos de energía en éste edificio, buscando además reducir la cantidad de gases contaminantes emitidos a la atmósfera.

Éste proyecto está enfocado en la evaluación de la pertinencia de las microturbinas a gas para el caso específico del Centro Javeriano de Formación Deportiva, teniendo en cuenta que las necesidades energéticas que tiene actualmente éste edificio pueden ser satisfechas mediante éste sistema, integrando la producción de energía eléctrica y térmica dentro de sus instalaciones en un solo equipo de generación. Para ello se debe tener en cuenta los requerimientos técnicos de ésta tecnología y los niveles de consumo de cada tipo de energía, para así evaluar si las microturbinas responden adecuadamente a los requerimientos del centro deportivo en términos de una mejora en la eficiencia, reducción de costos y del impacto ambiental.

La oficina de Administración del Campus de la universidad estuvo muy interesada en el resultado de éste proyecto, y por ello además de dar los permisos para realizar los estudios, brindó su apoyo compartiendo la información, los equipos y el personal que facilitaron el trabajo.

1. Planteamiento del problema

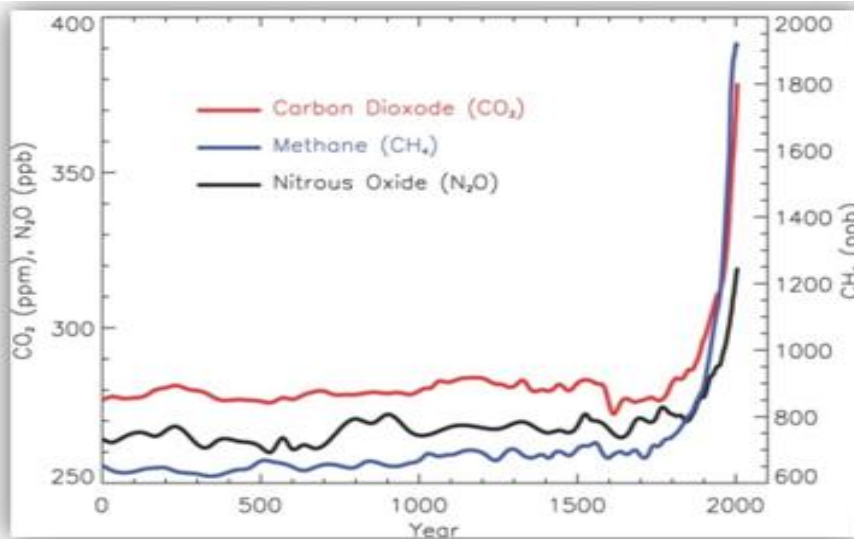
1.1. Contexto Histórico

El cuidado del medio ambiente ha estado presente desde las antiguas culturas mediante la planeación y el buen manejo de los recursos que necesitaba para su supervivencia, como el agua, los animales y la tierra de cultivo, sin embargo hacia el siglo XVIII con el surgimiento de la Revolución Industrial se introduce un nuevo concepto de desarrollo en el cual el hombre busca la explotación del trabajo humano y un consumo de los recursos naturales basado en el uso de fuentes de energía no renovable y procesos contaminantes (López, 2002). Como consecuencia del desarrollo de tecnologías basadas en la utilización de energías no renovables, los países industrializados generaron la implementación de un modelo socio-económico basado en la explotación de los recursos naturales y de la mano de obra con el objetivo de sustentar la producción de bienes y servicios (Molina, 1993). La gran explotación de los recursos naturales se dio en mayor medida desde la mitad del siglo XX, como producto de los avances tecnológicos, y de las nuevas dinámicas demográficas, económicas y culturales que se fueron desarrollando (Vlek, 2000).

1.1.1. Impacto ambiental de la generación de energía

A través de la historia se evidencia que la demanda de energía para el consumo humano, se ha incrementado exponencialmente desde el apogeo de la revolución industrial (Bolaños y Serrato, 1995), lo cual ha aumentado la dependencia del hombre hacia la energía eléctrica y al consumo de combustibles fósiles (Prades, 1997). Éste proceso ha generando contaminación atmosférica a través de la emisión de gases y partículas que intervienen en los ciclos naturales del carbono, nitrógeno, agua y Azufre, causando desequilibrio y efectos nocivos en la calidad del aire, la vegetación, el clima, la fauna, y el ser humano, constituyendo una de las principales problemáticas ambientales actuales (Calvo, 2002). La gráfica 1, presenta el aumento de los gases de efecto invernadero en el mundo a través del tiempo, que es una consecuencia directa de éste fenómeno.

Gráfica 1. Concentración de gases de efecto invernadero año 0 al 2005



Gráfica 1. Fuente: World Meteorological Organization (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, 2007)

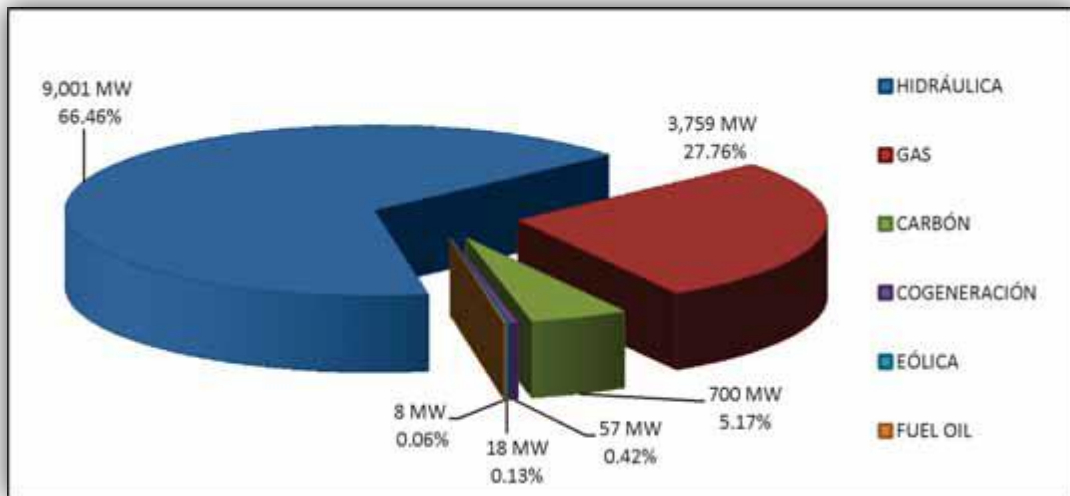
1.2. Situación en Colombia

La contaminación atmosférica generada en Colombia, es causada por diversas actividades entre las cuales se encuentran, fuentes fijas como establecimientos industriales y plantas termoeléctricas; fuentes móviles, que incluyen Vehículos, trenes, aviones, barcos, etc.; y fuentes de área, tales como la Minería, la construcción, las quemaduras a cielo abierto, y el laboreo de los suelos, entre otras (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2005). Las emisiones atmosféricas producto de estas actividades en el mundo son generadas por el consumo y producción de energía, en especial a través de la quema de combustibles fósiles (Kojima & Lovei, 2001)

1.2.1. Sector Eléctrico Colombiano

Adicionalmente existen otras tecnologías de generación de energía en Colombia, como lo son las plantas hidroeléctricas, energía eólica y la cogeneración. La participación por tecnología en la capacidad efectiva neta de 2009 es mostrada en la gráfica 2, en la cual se puede observar que existe una gran participación de la tecnología hidráulica con un 66,46%, y también el aporte de las tecnologías relacionadas a la combustión de gas con un 27,76%, carbón 5,17% y de la cogeneración con un 0,42% (Subdirección de planeación energética, 2010).

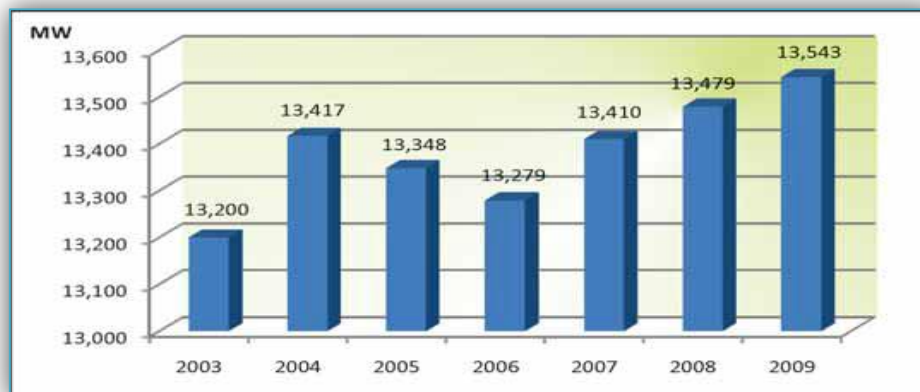
Gráfica 2. Participación por tecnología capacidad efectiva neta 2009



Fuente: Plan de expansión de referencia Generación-Transmisión 2010 – 2024 (Subdirección de planeación energética, 2010)

De acuerdo con la capacidad efectiva neta presentada por UPME, se encontró un incremento de 2,6% desde el año 2003 (13.200 MW) hasta el 2009 (13.543 MW), lo cual corresponde a 343 MW. Este crecimiento surge por el gran crecimiento demográfico y por el acelerado desarrollo del sector tecnológico. (Subdirección de planeación energética, 2010).

Gráfica 3. Evolución capacidad efectiva neta 2003-2009 (MW)



Fuente: Plan de expansión de referencia Generación-Transmisión 2010 – 2024

El comportamiento de la capacidad de producción de energía de Colombia desde el año 2003 al 2009 se puede ver en la gráfica 3, lo cual evidencia que la energía es uno de los recursos de mayor demanda no solo a nivel mundial donde se consume 20'260.838 GWh anuales(International Energy Agency, 2008), sino también a nivel nacional, por lo cual es importante analizar las fuentes de energía en nuestro país (ver gráfica 2).

De acuerdo a los estudios mostrados por la Subdirección de planeación energética en Colombia (UPME), es muy significativo mencionar que las tecnologías de generación de energía de mayor uso son la Hidroeléctrica y la termoeléctrica(Gas natural y Carbón), sin embargo esto no implica necesariamente que sean las más apropiadas por sus procesos y rentabilidad, ni las más avanzadas en desarrollo tecnológico, o cuidado ambiental.

1.2.1.1. Energía Hidroeléctrica

La implementación y desarrollo de centrales Hidroeléctricas, desafortunadamente produce impactos de carácter irreversible e irrecuperable, pues al inundar grandes áreas de terreno, se generan daños en los ecosistemas, y modificaciones del hábitat(refugios y nidos) de los pequeños mamíferos, reptiles y aves, que son necesariamente desplazados; así también, se genera un impacto visual mediante la modificación del paisaje, la erosión generada con procesos de destrucción de rocas y arrastre de suelo, que son otra de las consecuencias de éstos proyectos, además del gran ruido que se ocasiona durante su construcción.(Empresa Nacional de Electricidad ENDE, 2009).

1.2.1.2. Energía Termoeléctrica

La energía proveniente de una planta termoeléctrica se genera a través de la quema de combustibles fósiles. En Colombia, las centrales termoeléctricas del país utilizan principalmente gas, carbón y fuel oil. Adicionalmente Colombia también produce gasolinas, ACPM, GLP y Jet-Quero, pero éstos combustibles no son utilizados para generar energía (Subdirección de planeación energética, 2010).

El uso de combustibles, como el gas, el fuel oil y el carbón, para la obtención de energía eléctrica también genera grandes impactos ambientales, pues como ya se ha mencionado, dentro de los procesos de dichas tecnologías ocurren emisiones de contaminantes a la atmósfera, entre los cuales los más importantes son el Dióxido de Carbono (CO₂), Mercurio (Hg), Óxidos Nitrosos (NO_x) y Dióxido de Azufre (SO₂)(Vijay, Molina, & Molina, 2004).

Las principales operaciones donde dichas emisiones representan un impacto en la calidad del aire se presentan en las actividades de manejo y transporte de estos combustibles a través de las tuberías, en su almacenamiento y en el proceso de combustión (Zuk, Garibay Bravo, Iniestra Gómez, López, Rojas-Brancho, & Laguna Monroy, 2006) lo cual es perjudicial no solo para el medio ambiente sino también para la salud de las personas que están expuestas a éstos contaminantes (Vallejo, Jáuregui-Renaud, Hermosillo, Márquez, & Cárdenas, 2002).

En las tablas 1,2 y 3, tomadas del Cálculo de Emisiones de Contaminación Atmosférica por Uso de Combustibles Fósiles en el Sector Eléctrico Mexicano (Vijay, Molina, & Molina, 2004), se cuantifica el factor de emisión de diferentes tipos de contaminantes a través de la quema de varios combustibles para la generación de energía eléctrica en México que para el 2007 liberó aproximadamente 471.073 Kilo Toneladas de CO₂, convirtiéndolo en uno de los 15 países con mayores emisiones de gases contaminantes del mundo (World Bank Data, 2001-2007).

Tabla 1. Factores de emisión usados para la generación de electricidad en México (Combustóleo y diesel)

Combustible	Tipo de combustión	Configuración de la caldera	CO ₂ ¹	Hg ²	NO _x	SO ₂ ³
			t /m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
Combustóleo	Externa	Normal	3,04	1,35E-05	5,63	18,81*S%
	Externa	Tangencial	3,04	1,35E-05	3,83	18,81*S%
Diesel	Externa	Normal	2,66	1,35E-05	5,63	18,81*S%
	Externa	Tangencial	2,66	1,35E-05	3,83	18,81*S%
Diesel	Interna	Motor recíproco	2,66	1,35E-05	72,37	18,81*S%
Diesel	Interna	Turbina	2,61	2,00E-05	14,66	18,81*S%

Fuente: EPA, AP-42 (1998), tomado de FIRE V. 6,23

1.(Secretaría de Energía SENER, 2003)

2. (Acosta y Asociados. Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001)

3. S% indica porcentaje de S en el combustible respectivo, por peso.

Tabla 2. Factores de emisión usados para la generación de electricidad en México (Gas natural)

Combustible	Tipo de combustión	Configuración de la caldera	CO ₂ ¹	Hg ²	NO _x	SO ₂
			t/Mm ³	kg/Mm ³	kg/Mm ³	kg/Mm ³
Gas natural	Externa	> 100 MMBTU/Hr Normal	1,92	4,17E-03	4486,14	9,61
	Externa	< 100 MMBTU/Hr Normal	1,92	4,17E-03	1602,19	9,61
	Externa	Tangencial	1,92	4,17E-03	2723,73	9,61
Gas natural	Interna	Turbina	1,92	4,17E-03	5127,02	9,61

Fuente: EPA, AP-42 (1998)

1. (Secretaría de Energía SENER, 2003)
2. (Acosta y Asociados. Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001)

Tabla 3. Factores de emisión para centrales carboeléctricas en México

Combustible	Tipo de combustión	Configuración de la caldera	CO ₂ ¹	Hg ²	NO _x	SO ₂ ³
			t/t	Kg/t	Kg/t	kg/t
Carbón bituminoso	Externa	Fondo húmedo, pared	1,465402	8,30E-05	15,5	19*S%
Carbón pulverizado bituminoso	Externa	Fondo seco, pared	1,465402	8,30E-05	11	19*S%
Carbón pulverizado bituminoso	Externa	Fondo húmedo, tangencial	1,465402	8,30E-05	7	19*S%
Carbón pulverizado bituminoso	Externa	Fondo seco, tangencial	1,465402	8,30E-05	7,5	19*S%

Fuente: EPA, AP-42 (1998)

1. (Secretaría de Energía SENER, 2003)
2. (Acosta y Asociados. Comisión para la Cooperación Ambiental, 2001)
3. S% es el porcentaje de azufre en el combustible por peso

Según ésta información, la menor cantidad de contaminantes por metro cúbico de combustible es generada por el Gas natural, haciéndolo el combustible fósil más limpio en la actualidad (Valdez Salas, 2006). Sin embargo hay que tener en cuenta que la cantidad de CO₂ producida varía de acuerdo a la composición del combustible, el SO₂ depende de la cantidad de Azufre presente, y el NO_x de las condiciones de combustión y de la temperatura, por lo cual pueden existir variaciones con respecto a los valores presentados anteriormente (Vijay, Molina, & Molina, 2004). El gobierno de Colombia por su parte ha hecho esfuerzos para regular la toxicidad de los combustibles como por ejemplo el plan de reducción progresiva del azufre en el diesel, pero éstas acciones son insuficientes pues está planeado que para los todos los usos en Bogotá, a excepción del sector vehicular, que se permita que el combustible tenga 500ppm de azufre, lo cual está 10 veces por encima del límite internacional (Congreso de la República de Colombia, 2008).

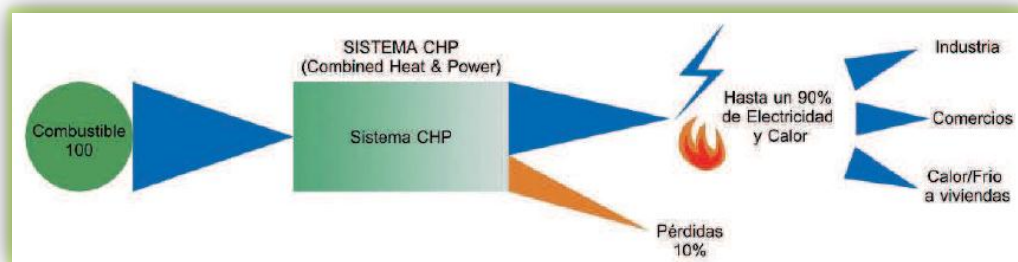
1.2.2. Plantas de energía eléctrica de emergencia

Por otro lado existen también generadores de energía eléctrica de emergencia, que son unidades de generación a una menor escala, que por lo general son utilizadas para casos en que la energía eléctrica es cortada. Este tipo de plantas se basan en la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica, a partir de motores o turbinas accionados generalmente por un combustible. Entre las más comunes se encuentran las de motor a gasolina, motor diesel, o grupos con turbinas a gas. Cada uno tiene diferentes rangos de potencia según especificaciones; por ejemplo los motores a gasolina van desde varios cientos de watts hasta 100 Kw con 3600 RPM, los de diesel que giran desde 600 hasta 1800 RPM y los de turbinas de gas 1800-3600 RPM generan hasta 10.000 kW de potencia(González M. V., 2009). Por lo tanto las plantas con mayor capacidad de generación de energía eléctrica son las de diesel y las turbinas a gas, siendo éstas últimas las que menor impacto ambiental tienen, debido al combustible que utilizan.

1.2.3. Cogeneración(generación de energía eléctrica y térmica aprovechable)

Existe un pequeño porcentaje de tecnologías en Colombia basadas en la Cogeneración, que es un proceso que tiene como objetivo obtener, además de energía eléctrica, calor útil que puede ser aprovechado para optimizar el sistema mediante la obtención de dos tipos de energía (eléctrica y térmica) a partir del combustible primario, lo cual genera un sistema mucho más eficiente que las demás tecnologías, alcanzando una eficiencia total del sistema hasta del 80% (Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración COGEN España, 2010). Por ésta razón los sistemas de cogeneración son una alternativa muy buena en caso de que sea necesario producir tanto energía eléctrica como térmica como se muestra en la Gráfica 4.

Gráfica 4. Ilustración general del sistema de cogeneración

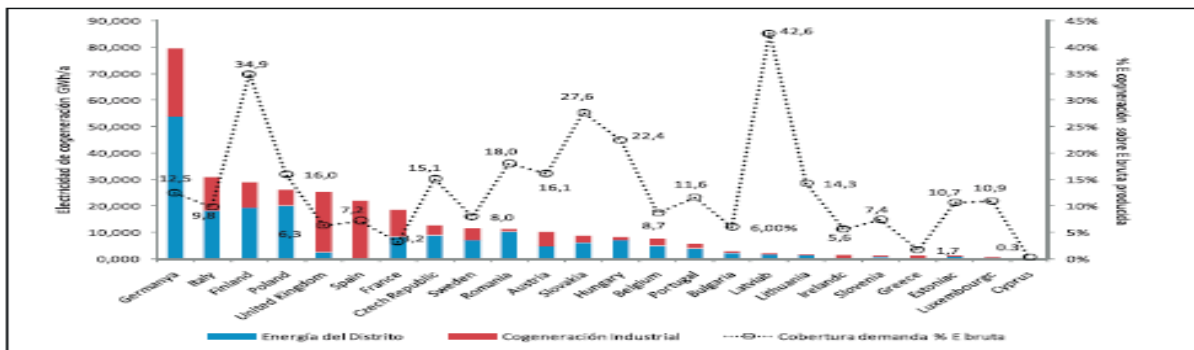


Fuente: Guía de la Cogeneración(Alonso González, 2010)

1.2.3.1. Cogeneración en el Mundo

A nivel mundial el sistema de cogeneración ha venido tomando gran importancia en los últimos años, sobre todo en los países europeos. De acuerdo a los estudios realizados por la Agencia Internacional de Energía (2008) se estima que el 9% de la electricidad producida a nivel mundial (330GW) viene de la cogeneración. Entre los países con mayor participación de ésta tecnología se encuentra Alemania que tiene una capacidad instalada de 20.000 MW proporcionando una cobertura total del 12,5% de la energía demandada (Agencia Internacional de la Energía, 2008), como muestra la gráfica 5.

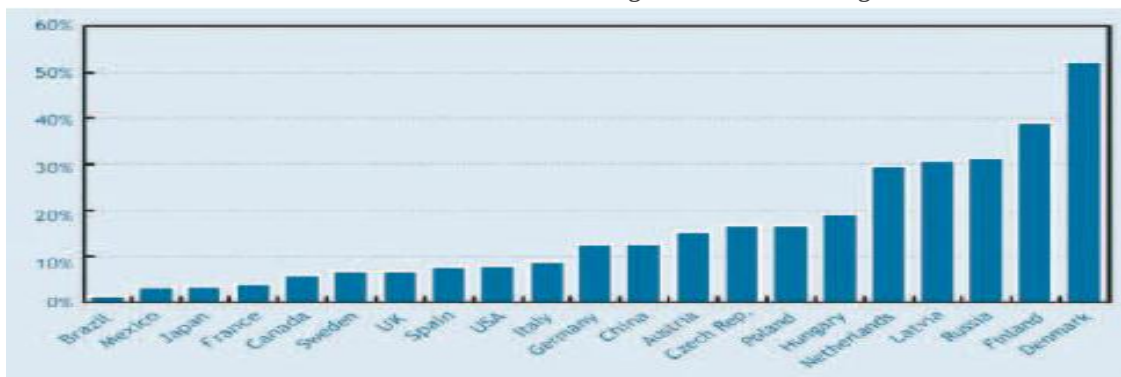
Gráfica 5. Energía de distrito y cogeneración industrial (GWh/año y cobertura de la demanda en % E. Bruta para España y otros países europeos.



Fuente: Guía de la Cogeneración(Alonso González, 2010)

Por otra parte según la gráfica 6. Dinamarca es uno de los países con mayor porcentaje de cobertura de energía eléctrica proporcionado por la cogeneración, lo cual ha generado una notable reducción en los gases de efecto invernadero que emiten anualmente (Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración COGEN España, 2010).

Gráfica 6. Cobertura de la demanda de electricidad de cogeneración a nivel global



Fuente: Guía de la Cogeneración(Alonso González, 2010)

1.2.3.2. Microcogeneración

La microcogeneración es una tecnología de menor alcance que puede ser instalada para suplir la necesidad eléctrica y térmica de pequeños consumidores. Las dos tecnologías de microcogeneración implementadas con mayor éxito son las microturbinas a gas y los motores alternativos de combustión interna(Alonso González, 2010).

Por una parte las microturbinas se basan en la quema de combustibles líquidos o gaseosos para aprovechar la energía de los gases de combustión transformándola en energía eléctrica y térmica útiles. Los gases de combustión hacen girar una pequeña turbina generando energía eléctrica, para después ser conducidos a través de tuberías para aprovechar su energía térmica por medio de la transferencia de calor, ya sea para calentar agua, o para apoyar sistemas de refrigeración y calefacción de los edificios.

Los motores alternativos transforman la energía química del combustible en energía mecánica y un alternador ubicado en el eje del motor la transforma en energía eléctrica. Por su parte la energía térmica es obtenida a partir de los gases de escape, y el agua caliente que sale de los sistemas de refrigeración del motor.

1.3. Situación actual en la Pontificia Universidad Javeriana

El campus de la Pontificia Universidad Javeriana cuenta con 16 hectáreas de terreno y casi 90.000 metros cuadrados construidos, entre los cuales se encuentran 26 edificios académicos, además de la biblioteca, el centro javeriano de formación deportiva, el parqueadero y el hospital universitario (Calderón Romero & Espinel Forero, 2009).

La empresa CODENSA S.A. sule a la universidad de energía eléctrica, la cual llega a varias subestaciones de control ubicadas a lo largo del campus y desde donde se distribuye la energía a los diferentes edificios. Adicionalmente, en caso de un corte de energía, cada edificio cuenta con una planta de generación de emergencia, que consiste en motores que utilizan diesel como combustible.

Existen algunos edificios que además de tener una demanda eléctrica considerable requieren también de energía térmica. Éste es el caso del Hospital Universitario San Ignacio, la Comunidad Javeriana y el Centro Javeriano de Formación Deportiva. Por lo general en estos edificios el consumo de energía térmica se presenta por la necesidad de calentar agua o de producir de vapor.

Actualmente la facultad de Estudios Ambientales y Rurales tiene definidos programas del sistema de gestión ambiental, entre los cuales se encuentra el de manejo de energía, según el cual se pretende mejorar la gestión de éste recurso dentro de las instalaciones de la universidad (Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo). En la universidad se ha propuesto una política ambiental que fomenta una cultura ambiental que se traduce en acciones coherentes dentro y fuera del campus, promoviendo programas y proyectos enfocados en responder a desafíos ambientales. Uno de los puntos de acción críticos es el manejo eficiente de los recursos naturales, en especial de la energía y el agua (Gálvez Michaels, 2002). A éste respecto existen normas internacionales como la ISO 50001 sobre la gestión energética, que propone que una organización que quiera asegurar que cumple con su política energética declarada y que quiera demostrar esto ante otros, debe tener una política de gestión energética en la cual, entre otras cosas, debe incluir un compromiso de mejora continua del desempeño energético y apoyar la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes y el diseño para mejorar el desempeño energético (International Organization for Standardization (ISO), 2011). Debido a que la universidad está interesada, según el programa de gestión ambiental, en mejorar la gestión de la energía, la política de la institución debe enfocarse en la mejora continua de los equipos, productos y servicios en materia de gestión energética.

Por ésta razón la propuesta de un sistema de microgeneración a partir de la tecnología de microturbinas a gas, pretende apoyar el proceso de mejora de la universidad en términos de gestión energética.

En el caso del Centro Javeriano de Formación deportiva, desde su construcción en el año 2003, existen dos tipos de energía demanda por las actividades regulares del edificio; por una parte la energía eléctrica, que alimenta los sistemas de refrigeración, iluminación, equipos de oficina, encendido de los equipos del cuarto de máquinas, iluminación para las canchas múltiples y el consumo de los equipos deportivos. El otro tipo de energía es energía térmica que se utiliza para calentar el agua consumida por las 22 duchas instaladas en el edificio y para los 2 baños turcos instalados en el año 2010 que requieren de vapor para su funcionamiento.

La propuesta de microgeneración pretende suplir ambas necesidades energéticas a partir de microturbinas que generen energía eléctrica para el edificio y adicionalmente calor que puede ser utilizado para calentar el agua, mejorando la eficiencia general del sistema, y aprovechando la mayor cantidad de energía posible del combustible. Para realizar el análisis del proyecto es necesario hacer un estudio de los consumos, debido a que no existe ningún registro histórico discriminado de la energía eléctrica y térmica utilizada por los sistemas instalados actualmente en el centro deportivo. De ésta manera se puede calcular posteriormente la eficiencia actual y de la propuesta, de tal forma que se pueda evaluar la pertinencia de ésta tecnología para éste caso específico.

Actualmente la universidad está interesada en mejorar sus instalaciones con miras a tener un campus sostenible, por lo tanto, se presenta la necesidad de evaluar diferentes tecnologías que puedan aportar al cumplimiento de éste objetivo. Una de éstas tecnologías es la cogeneración, que consiste en la generación de energía eléctrica y térmica a partir de un solo sistema, lo cual aumenta la eficiencia, al consumir menos combustible para generar una mayor cantidad de energía útil. Es importante tener en cuenta que éste tipo de sistemas son diseñados exclusivamente para edificios que tengan demandas energéticas en términos de electricidad y calor.

1.3.1. Centro Javeriano de Formación Deportiva

1.3.1.1. Historia

El centro deportivo fue creado como una estructura organizacional con el nombre de Centro Cultural y Deportivo en 1972, con la función de dirigir las actividades organizadas a nivel de torneos internos. Más adelante, en 1993 se organizaron las olimpiadas javerianas debido a que en el año anterior se empezaron a dictar las electivas de deportes. En el año 2001 se construye el Coliseo cubierto y dos años más tarde se inaugura el Centro Javeriano de Formación Deportiva con el objetivo de fomentar cultura en actividad física que contribuye a la formación integral de la comunidad Educativa.(Sacristán Roa, 2010).

1.3.1.2. Requerimientos Energéticos del Centro Javeriano de Formación Deportiva

El edificio requiere de energía eléctrica para suplir sus instalaciones y la iluminación de las canchas múltiples ubicadas sobre la avenida circunvalar, para lo cual existe una subestación eléctrica en la cual se encuentra un transformador instalado por la empresa CODENSA S.A. que cuenta con una capacidad máxima de 150 KVA.

Adicionalmente el centro deportivo requiere de energía térmica para calentar el agua necesaria para alimentar las duchas, y generar vapor para el uso de los baños Turcos con que actualmente cuenta el edificio. El agua de las duchas debe ser calentada constantemente debido a que en periodos académicos los usuarios de las duchas se bañan frecuentemente. Para suplir la demanda térmica se tiene una caldera de la empresa CONTINENTAL Ltda. Con una capacidad de 10 BHP (BrakeHorsepower).

1.4. Formulación del problema

En el Centro Javeriano de Formación Deportiva existen dos tipos de demandas energéticas: eléctrica y térmica, las cuales son suplidas por sistemas diferentes. En el caso de la energía eléctrica, CODENSA S.A. es la empresa encargada de suplir las necesidades del edificio. Por otro lado la energía térmica requerida para calentar el agua, es administrada por una caldera CONTINENTAL de combustión a gas, combustible suministrado por la empresa de Gas Natural Fenosa. Debido a que ambos sistemas trabajan por separado, el combustible utilizado para calentar el agua no está siendo aprovechado tan eficientemente como lo hace el sistema de microturbinas, ya que éste además de generar calor, utiliza los gases de combustión para generar electricidad aprovechando su energía cinética.

Actualmente ambos sistemas, aunque trabajan por separado, cumplen con las necesidades energéticas del edificio, sin embargo un sistema de cogeneración, que supla ambas necesidades a partir de una misma fuente de energía aumenta considerablemente la eficiencia general del sistema, por lo cual se presenta la oportunidad de evaluar los beneficios económicos y ambientales que estas tecnologías proponen, teniendo en cuenta los costos asociados a su instalación y mantenimiento.

1.4.1. Pregunta de investigación

Bajo los lineamientos de producción más limpia, ecoeficiencia y uso racional de energía, y teniendo en cuenta el plan de mejora continua del campus universitario: ¿El uso de un sistema de microgeneración como lo son las microturbinas de gas, en los sistemas de energía del centro Javeriano de Formación deportiva de la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá, mejoraría los sistemas energéticos utilizados actualmente, mediante la integración del proceso de abastecimiento de energía térmica y eléctrica, trayendo beneficios técnicos, económicos y ambientales para la institución?

2. Justificación

A continuación se identifican los diferentes beneficios que se han evidenciado por la instalación de sistemas de cogeneración basados en microturbinas a gas, que por las condiciones del centro Javeriano de Formación Deportiva, representan una posibilidad tecnológica para aumentar la eficiencia energética de las instalaciones del edificio, reduciendo los costos de operación y el impacto ambiental.

2.1. Beneficios de las microturbinas

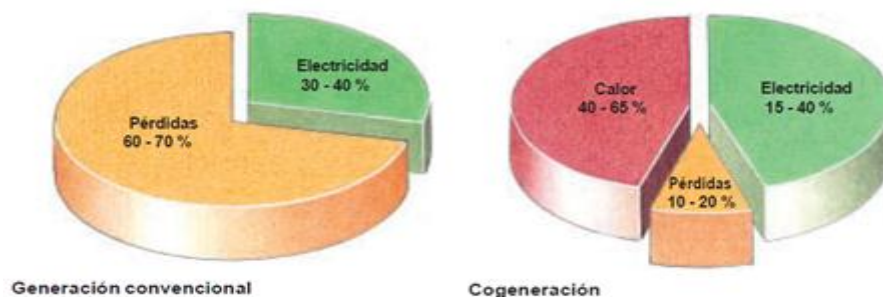
Las micro turbinas a gas están basadas en un sistema de cogeneración el cual obtiene mayor energía útil a partir de una cantidad de combustible determinada, y por ello ofrecen varios beneficios que pueden apoyar el proceso de mejoramiento de las instalaciones del Centro Javeriano de formación Deportiva de la universidad a la luz de la ecoeficiencia, concepto que busca crear más valor con menor impacto, es decir generar mayores beneficios para la organización, integrando los aspectos económico, social y ambiental en el desempeño de sus actividades(World Business Council for sustainable Development, 2000).

En el Centro Javeriano de Formación Deportiva existe una demanda tanto de energía eléctrica como térmica, que actualmente se satisface por medio de dos sistemas convencionales de generación de éste tipo de energías, las cuales son manejadas independientemente. En el interior del Centro deportivo solamente se genera energía térmica, a través de la caldera que está siendo utilizada para calentar el agua requerida por las duchas, lo cual genera desperdicios de energía que no se está aprovechando actualmente, debido a la disipación de calor en el ambiente. Por ello las microturbinas pueden aumentar la eficiencia del sistema mediante el la utilización de la energía térmica producida por la combustión, para calentar el agua y adicionalmente generar energía eléctrica. Este tipo de sistemas han incrementado la eficiencia energética como en el caso del edificio CCI(Cámara Colombiana de Infraestructura) que integrando en un solo sistema, la generación de energía eléctrica y de frío, optimiza el consumo total de energía hasta en un 40%(Cámara Colombiana de la Infraestructura).

Un sistema de cogeneración permite aprovechar la energía de un combustible para producir electricidad y adicionalmente los gases de combustión generan calor útil(hasta 300° C en algunos casos), que puede ser aprovechado para calentar agua, o alimentar los sistemas de calefacción y refrigeración de un edificio, aumentando la eficiencia del sistema mediante el concepto de trigeneración (energía eléctrica, calor y frío), y así aprovechando la mayor cantidad posible de energía generada en el sistema, y reduciendo el consumo de combustible. (Fraile D. D., 2010).

De esta manera se disminuye notablemente el porcentaje de pérdidas en comparación con los procesos actuales de generación. Es por esto que la cogeneración es un sistema por el cual se logra una eficiencia hasta del 80%, mientras que la generación convencional tiene una eficiencia máxima de 30% a 40% (Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración COGEN España, 2010), tal como se muestra en la gráfica 7.

Gráfica 7. Comparación de la generación de energía convencional con la cogeneración



Fuente: La cogeneración, su clave para el ahorro de energía, (Spirax Sarco).

Una de las grandes ventajas de la cogeneración es la baja emisión de gases en comparación con las tecnologías convencionales, al obtener la energía extraída por un combustible fósil. Estas tecnologías emiten CO₂ en menores cantidades por kWh en comparación con las otras tecnologías convencionales. “Las emisiones de NO_x y CO están dentro de lo permitido, y existen tecnologías para bajarlos más aún. Las emisiones de SO₂ y de partículas sólidas son prácticamente inapreciables cuando se utiliza gas natural como combustible”. (Fraile D. , 2010). En la tabla 4 se muestra una comparación entre las emisiones de varios tipos de generación de energía.

Tabla 4. Emisiones de plantas de cogeneración y generación convencional en g/kWh eléctrico

Contaminante	Turbina de Gas	Cogeneración en Ciclo Combinado	Motor de Gas	Motor Fuelóleo	Central Eléctrica de Ciclo Combinado	Central Eléctrica de Carbón
NO ₂	0,20	0,20	1,2	7,2	0,24	3,4
SO ₂	-	-	-	3		15
CO ₂	245	210	284	530	350	1000
CO	0,1	0,1	1,6	1,7	0,1	1,0

Fuente: Guía de la Cogeneración (Fraile D. , 2010)

2.2. Beneficios de la implementación de microturbinas en el Centro deportivo

La Microgeneración aumenta la eficiencia energética de un edificio que tenga tanto demanda eléctrica como térmica, como es el caso del Centro Javeriano de Formación Deportiva y reduce la cantidad de contaminantes generados por unidad de potencia producida, lo cual beneficiará a la Pontificia Universidad Javeriana puesto que se tendrá una producción más limpia de energía para abastecer éste edificio. Adicionalmente el catálogo de productos CAPSTONE para el 2010 (Capstone Turbine Corporation®, 2010) propone que las microturbinas tienen las siguientes ventajas:

- Menor cantidad de gases contaminantes emitidos a la atmósfera
- Utilización de mayor cantidad de energía proveniente de la quema del combustible.
- El Mantenimiento y tiempo fuera de operación son menores que en otro tipo de plantas de micro generación.
- No requiere aceites lubricantes ni refrigerantes

Adicionalmente es de resaltar que en caso de una falla de energía el sistema puede suplir la energía requerida por el edificio, lo cual actualmente es realizado por una planta de soporte a base de motores de diesel que generan mayor cantidad de contaminantes.

Es importante mencionar que el sistema de microturbinas a gas, en su proceso de combustión, puede utilizar un combustible líquido (Diesel, Bio-Diesel, Turbosina/JP1, Keroseno) o gaseoso (Gas Natural, Bio-Gas de rellenos sanitarios o de digestores, propano) para poder obtener la energía eléctrica y térmica (Capstone Turbine Corporation®, 2010). En el caso de este proyecto se planea utilizar el gas natural, como combustible, pues tiene factores más bajos de emisiones de gases contaminantes para el medio ambiente por metro cúbico de combustible (ver tablas 1,2 y 3), lo cual promueve la reducción en el impacto ambiental (Cisneros Barrera, 2003).

En términos generales la tecnología de microturbinas ofrece beneficios en términos de un aumento en la eficiencia de los sistemas eléctricos y térmicos convencionales, unificando la generación de ambos tipos de energía en un solo sistema, que puede generar energía eléctrica, calor (para calentar agua o regular la temperatura del ambiente), y frío (apoyando los sistemas de refrigeración), lo cual, debido a las condiciones del Centro Javeriano de Formación Deportiva, representa una oportunidad de mejorar los sistemas actuales aumentando la eficiencia del combustible consumido actualmente para calentar el agua de las duchas y los baños turcos. El proyecto adicionalmente proporciona información acerca del consumo energético del edificio y de la tecnología de microcogeneración, lo cual puede servir de estudio piloto, planteando una base para la investigación y evaluación de sistemas de cogeneración en diferentes edificios no solo en la Pontificia Universidad Javeriana, sino también en empresas del sector industrial y otro tipo de organizaciones que requieran de sistemas de refrigeración o calefacción además de suplir la demanda de energía eléctrica de sus edificios.

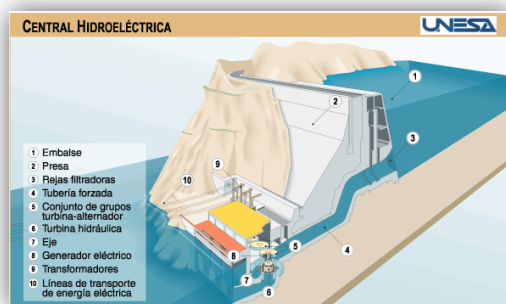
3. Marco Teórico

3.1. Tecnología Hidroeléctrica

En el territorio colombiano el mayor porcentaje de producción de energía eléctrica corresponde a la generación a través de centrales hidroeléctricas (ver gráfica 2. Participación por tecnología capacidad efectiva neta 2009), las cuales buscan el aprovechamiento de la energía de las corrientes del agua, transformando su energía potencial para lograr la electricidad (McManus, Producción y distribución de energía eléctrica, Generaci, 1998).

Para esta tecnología es indispensable contar con una Central hidroeléctrica, la cual es la encargada de transformar y finalmente generar la energía eléctrica por medio del aprovechamiento de la energía hidráulica. Para la obtención de esta energía como primera medida es necesario concentrar grandes cantidades de agua en un embalse para obtener energía potencial, cuya cantidad depende de la altura del nivel del agua. Más adelante la energía potencial del agua se transforma en energía cinética debido al movimiento que se genera por la acción de la gravedad y rápidamente esta energía es aprovechada para generar energía mecánica y permitir el movimiento de las turbinas, las cuales son accionadas gracias al empuje ocasionado cuando la masa del agua cae a cierta velocidad a través de ellas. Finalmente esta energía se propaga a los generadores los cuales producen la energía eléctrica que es transportada a una subestación cercana donde se eleva la tensión para ser transportada luego a los centros de consumo.(Restrepo Arango, 2007).

Gráfica 8. – Central Hidroeléctrica

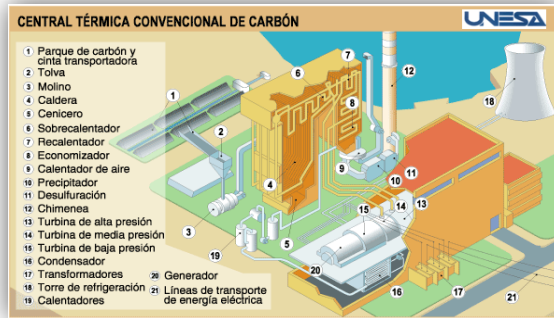


Fuente:(UNESA)

3.2. Tecnología Termoeléctrica

Al igual que en la tecnología hidroeléctrica, la termoeléctrica cuenta con una instalación industrial. Las centrales termoeléctricas se encargan de generar electricidad con la diferencia de que en sus procesos se utiliza la energía producida por la combustión de algún combustible fósil, entre los cuales los de mayor uso para este proceso son el Carbón, Fuel o Gas. En el proceso de combustión normalmente se utiliza la energía liberada en forma de calor para calentar una caldera y obtener vapor. Éste último es el encargado de mover la turbina, para obtener la energía mecánica que más adelante es transformada en energía eléctrica a través de los generadores a los cuales está conectada.(Zuk, Garibay Bravo, Iniestra Gómez, López, Rojas-Brancho, & Laguna Monroy, 2006)

Gráfica 9. Termoeléctrica de carbón



Fuente:(UNESA)

3.3. Efectos medioambientales debido al uso de tecnologías para la obtención de energía

3.3.1. Hidroeléctrica

Esta tecnología se considera como una de las que menor impacto ambiental genera sobre el medio ambiente pues representa ventajas a la sociedad como el suministro de energía y la nivelación de los caudales de agua. Sin embargo la implementación de una central hidroeléctrica representa también un coste ecológico pues en algunos casos, la inundación perjudica terrenos agrícolas y forestales productivos, además de provocar inquietud por el cambio climático y otros factores del equilibrio ecológico. La retención de agua dulce cuyo destino era mezclarse con una masa de agua salada también plantea el problema de los posibles cambios de salinidad. (McManus, Generación de energía hidroeléctrica, 1998)

3.3.2. Termoeléctrica

Dentro del proceso de generación de energía en una central termoeléctrica se liberan emisiones contaminantes hacia el medio ambiente. Las actividades con mayor impacto son las de manejo y transporte de combustibles en tuberías, almacenamiento del combustible en tanques y el mismo proceso de combustión, pues deterioran la calidad del aire que respira el ser humano tanto a nivel local como regional. Es importante recordar que de la combustión surgen partículas debido a la quema del combustible, las cuales dependen de qué tan completo sea éste proceso. (Zuk, Garibay Bravo, Iniestra Gómez, López, Rojas-Brancho, & Laguna Monroy, 2006). Por ello es importante mencionar los principales contaminantes emitidos por el uso de combustibles como el carbón o el gas natural:

Combustible	Contaminantes emitidos
Carbón	<ul style="list-style-type: none"> • Monóxido de carbono • Plomo • Óxidos de nitrógeno • Partículas suspendidas primarias • Óxidos de azufre • Antimonio y sus compuestos • Berilio y sus compuestos • Metales pesados (cadmio, cromo, cobalto, mercurio, níquel) y sus compuestos • Dioxinas y furanos • Etilbenceno • Formaldehído • Ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico • Aromáticos (benceno, tolueno y xileno)
Gas natural	<ul style="list-style-type: none"> • Monóxido de carbono • Plomo • Óxidos de nitrógeno • Partículas suspendidas • Óxidos de azufre • Metales pesados (cadmio, cromo, cobalto, mercurio, níquel) y sus compuestos • Formaldehído • Aromáticos (tolueno y benceno)

Fuente: Intervención a la evaluación de los impactos de las termoeléctricas de México(Zuk, Garibay Bravo, Iniestra Gómez, López, Rojas-Brancho, & Laguna Monroy, 2006)

3.4. Cogeneración:

Este sistema tiene como objetivo utilizar eficientemente tanto la energía eléctrica como la energía térmica útil durante sus procesos. Es decir que un sistema de cogeneración aprovecha tanto el calor como la energía eléctrica generados a partir del combustible fósil, el cual se encuentra en sus estados líquidos o gaseosos como por ejemplo el gas natural. Este sistema puede obtener varios tipos de energías finales como son la electricidad y el calor, que puede ser utilizado también para generar frío. Por esto es considerada como una solución energética eficiente. (Alonso González, 2010).

3.4.1. Rendimiento del sistema de cogeneración

Debido a que el sistema de cogeneración brinda tanto energía eléctrica como térmica es importante nombrarlo como un rendimiento global, el cual se expresa de la siguiente manera:

$$n_g = \frac{V + E}{Q} \quad (1)$$

Donde:

n_g = Rendimiento global

V = Calor útil producido (kWh)

Q = Combustible consumido (kWh)

E = Energía eléctrica generada en un periodo (kWh)

Desde el punto de vista legal se utiliza el rendimiento eléctrico equivalente de la siguiente manera:

$$n_{ee} = \frac{E}{Q - (V/0,9)} \quad (2)$$

Donde

$V/0,9$ = Combustible para generar V (kWh) de calor

$Q - V/0,9$ = combustible atribuible a la generación de electricidad en una planta de cogeneración (kWh)

*se asume que el rendimiento térmico de una caldera en la que se produjera el calor útil V es del 90%

Fuente:(Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración COGEN España, 2010)

3.4.2. Micro-cogeneración

Al igual que la cogeneración es un sistema por el cual se brinda energía eléctrica y térmica útil. La diferencia se encuentra en que se aplica esta tecnología para pequeños consumidores con el objetivo de facilitar la integración, uso, seguridad, fiabilidad y rentabilidad del sistema. "Los incentivos actuales para plantas menores de 1MW permiten este tipo de aplicaciones a pequeña escala. La micro generación (hasta 50 kW), con turbinas de gas o micro motores de combustión, son aplicaciones que se han implementado con éxito".(Alonso González, 2010)

3.4.2.1. Tipos de Micro Cogeneración:

Estos sistemas de micro cogeneración requieren una menor potencia y por lo cual tanto su rendimiento como el tamaño de sus equipos son menores en comparación con los sistemas y equipos utilizados en la cogeneración. En la tabla 5 se encuentra los valores típicos de eficiencia según tecnologías y tamaño. Siendo E (electricidad), V (calor), Q (combustible)." (Alonso González, 2010)

Tabla 5. Sistemas de Microgeneración

Sistemas de Microgeneración	RE=E/Q	RG=(E+V)/Q	C=E/V	Tamaño (MW)
Turbina de gas en ciclo simple	30-40	75-80	0,6-1	5-50
Turbina de gas en ciclo combinado	35-50	≥ 80	0,8-1,6	7-60
Turbina de vapor contrapresión	5-14	75-90	0,04-0,16	1-20
Motores alternativos de combustión	35-45	75	1,1-1,5	1-25
Micromotores*	25-35	75	0,5-0,9	0,01-0,4
Microturbinas*	25-30	75	0,5-0,67	0,03-0,2

* Consideramos máquinas con potencias unitarias inferiores a los 100 kW eléctricos.

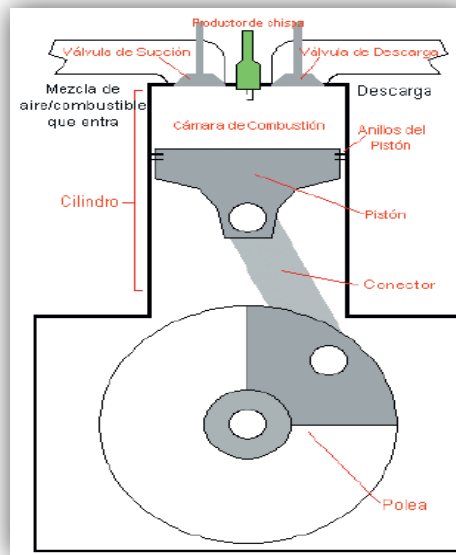
Fuente:(Guía de la Cogeneración, (Alonso González, 2010)

Existen dos tecnologías de cogeneración hacia la producción de electricidad de mayor importancia. El motor alternativo de combustión interna y las micro turbinas.

3.4.2.2. Motores alternativos de combustión interna:

Esta tecnología convierte la energía química contenida en el combustible fósil en energía eléctrica y térmica. Para la obtención de la energía eléctrica se realiza un proceso mediante un alternador acoplado directamente al eje del motor, mientras que la energía térmica es obtenida por medio de los gases de escape y agua caliente de los circuitos de refrigeración. Por ello mediante movimientos lineales y alternativos de los pistones del motor, se busca principalmente el movimiento de giro en un eje.

Gráfica 10. Componentes básicos de un motor alternativo

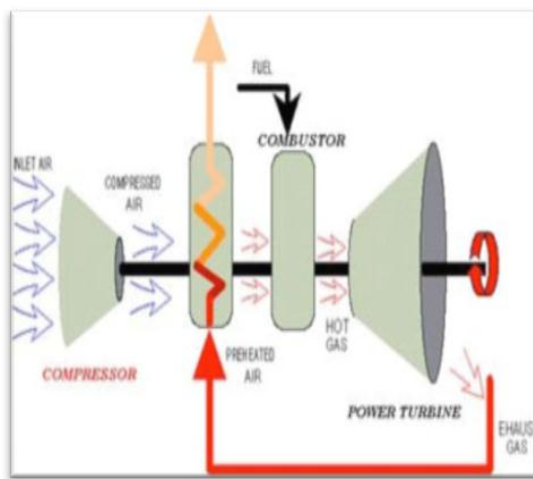


Fuente:(Guía de la Cogeneración, (Alonso González, 2010)

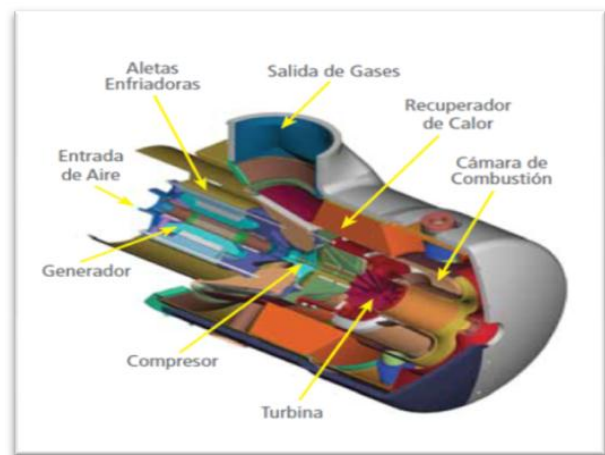
3.4.2.3. Turbinas a gas

Este sistema de micro cogeneración de una forma muy parecida al sistema de los Motores Alternativos busca convertir la energía eléctrica y térmica luego de obtener la energía del combustible fósil. Este sistema sigue el ciclo de Brayton en donde “el aire es aspirado de la atmósfera y comprimido mediante el compresor rotativo para conducirse a la cámara de combustión donde los productos de la combustión se expansionan a la turbina hasta la presión atmosférica. La energía eléctrica se obtiene a partir de un alternador acoplado, directamente mediante un reductor, al eje de la turbina que aprovecha el trabajo neto del ciclo”(Alonso González, 2010).

Gráfica 11. Esquemas de una turbina a gas



Fuente: Guía de la Cogeneración, (Alonso González, 2010)



Fuente:(Capstone Turbine Corporation®, 2010)

4. Objetivo general:

Evaluar los beneficios económicos y ambientales, de la propuesta de un sistema de microturbinas a gas para la generación de energía eléctrica y térmica en el edificio del Centro Javeriano de Formación Deportiva de la Pontificia Universidad Javeriana, mediante indicadores de ecoeficiencia y bajo lineamientos de producción más limpia.

4.1. Objetivos específicos:

1. Caracterizar la situación actual de los sistemas de energía tanto eléctricos como térmicos en el Centro Javeriano de formación deportiva teniendo en cuenta los requerimientos técnicos del sistema energético.
2. Analizar los aspectos legales y Técnicos para la instalación de un sistema de microgeneración como lo son las Micro turbinas en el Centro Javeriano de Formación Deportiva.
3. Identificar los beneficios económicos y ambientales de la propuesta de microturbinas a gas, teniendo en cuenta los costos de instalación, compra de maquinaria, equipos, tubería y adecuación de la infraestructura del edificio.

5. Metodología

Para el desarrollo del proyecto se implementaron una serie de actividades de caracterización de la línea base actual del sistema eléctrico y térmico del Centro Javeriano de Formación Deportiva (CJFD) incluyendo un muestreo de los consumos de energía eléctrica y térmica actuales, utilizando equipos de medición especializados.

Se estableció el marco legal y los requerimientos estructurales así como los aspectos técnicos a tener en cuenta para formular la propuesta de cogeneración en el edificio. Posteriormente se realizó un análisis de los costos actuales de funcionamiento del sistema, y una proyección de la inversión necesaria para la instalación de microturbinas. Adicionalmente se cuantificaron los beneficios económicos de la propuesta para realizar un análisis económico comparando las dos situaciones.

Adicionalmente se realizó un balance comparativo en cuanto al impacto ambiental de la situación actual y propuesta, utilizando herramientas de revisión inicial ambiental.

6. Diagnóstico energético inicial del Centro Javeriano de Formación Deportiva

6.1. Condiciones iniciales y línea base del edificio.

Para realizar una caracterización general del sistema se hizo una recopilación de información general de los sistemas térmico y eléctrico del edificio, obteniendo los datos observados en la tabla 6:

Tabla 6. Información básica de los sistemas eléctricos y térmicos en el CJFD

Información básica de los sistemas eléctricos y térmicos en el CJFD	
1. Datos del proyecto	
1.1 Nombre de la Empresa o instalación	Pontificia Universidad Javeriana
1.2 Nombre del Edificio	Centro Javeriano de Formación Deportiva
1.3 Combustible disponible para las Micro turbinas	Gas Natural
2. Suministro Eléctrico	
2.1 Valor del Kw/h pagado	\$239.59/ kWh (ver anexo 1)
2.2 Horas de operación a la semana	156 horas por semana
2.3 Carga Eléctrica en Kw	Mín. 20 Kw – Máx. 77 Kw
2.4 Voltaje requerido para la autogeneración eléctrica	208 Volts
2.5 Aplicación de la autogeneración eléctrica; Modo Isla ó Independiente, Conectado a la Red, o la combinación de ambos	Combinación de ambos
3. Agua caliente o Vapor	
3.1 Fuente de generación de agua caliente	Caldera para agua caliente y otras dos para producir vapor para los baños turcos
3.2 Capacidad de Caballos Caldera o BTUHR	Una caldera de 10 BHP y dos calderas de vapor cada una de 1,8 BHP (60000 BTUHR)
3.3 Horas de operación a la semana	Caldera para el agua caliente 6 horas promedio al día y las otras dos calderas para los baños turcos 7 horas promedio al día ambos. En total 13 horas promedio al día todo el proceso
3.4 Temperatura del agua requerida para el proceso	60°C - 65°C
3.5 Valor del metro cubico de gas combustible	\$1035,78/metro cúbico (ver anexo 2)
3.6 Presión de entrada del gas	10PSI-12PSI
4. Otro proceso con utilización de calor	Existe una cafetería en la que se utiliza gas natural para calentar los alimentos
5. Condiciones ambientales de la instalación	
5.1 Presión atmosférica	733,27 mBar (73,33 kPA, 10,64 PSI) (www.banrepcultural.org)
5.2 Temperatura media	15°C (www.bogota24.com)

Fuente: Información recolectada por los autores.

6.2. Inventario actual del Centro Javeriano de Formación Deportiva

6.2.1. Equipos

En el proceso de caracterización del CJFD se realizó un levantamiento de información de todos los equipos instalados en el centro. Se recopiló información sobre las calderas de calentamiento de agua y de generación de vapor, así como de la planta eléctrica y todos los componentes eléctricos del circuito del edificio; desde la iluminación, pasando por los equipos de cómputo hasta las máquinas del gimnasio que requieren ser conectadas a una toma de corriente eléctrica.

6.2.1.1. Equipos Térmicos

En las gráficas 12 a la 18 se presentan los equipos utilizados para suplir la demanda de energía térmica del edificio.

Gráfica 12. Caldera para agua caliente



Equipos: Caldera Continental Ltda

- Serie: CC WOL3
- Modelo: Confort WSF 10-G
- Capacidad: 10 BHP
- Presión Máx.:Atmosférica
- Año de construcción: 2002
- Registro: CI 3821-6591

Gráfica 13. Equipos de bombeo de agua



Equipos: Bomba 1 y Bomba 2

- Marca: Barnes
- Modelo: 1515HHE-4
- Serie: 4710-87 - 4710-71
- Tensión (V): 220YY/440Y
- Corriente (A): 16,0/8,0

Gráfica 14. Motor del equipo de bombeo



Equipos: Motor de la bomba

- Marca:Siemens
- Modelo: 112-2 YB 69
- Serie: 4710-87
- Tensión (V): 220YY/440Y
- Corriente (A): 16,0/8,0
- Frecuencia (Hz): 60
- Potencia (HP/KW): 5/3,7
- $\cos\phi = 0,85$

Gráfica 15. Caldera productora de vapor (vaporizador)



Equipo: Heating termo línea

- Serial: 1532
- Referencia: HG Y 90
- Caudal de vapor de salida (L/h): 9
- Consumo gas (m³/h): 1,8
- Dimensiones baño turco:
 - 2,50 x 2,50 x 2,10
 - 13,125 m³

Gráfica 16. Equipo de ventilacion del edificio



Equipos: Ventilador

- Modelo: CB 330
- N° Serie 5433
- Marca: AFC A.FACCINI Y CIA. LTDA
- Temp °F: 90
- Caudal máx. (mt³/h):1732
- Potencia (Kw): 3,73
- RPM: 632

Gráfica 17. Motor del equipo de ventilación



Equipo: Motor del Ventilador

- Marca: ABB (MBT TCCV 3 fases)
- N° Serie M97B-6024
- Temp °C: 40
- Frecuencia (Hz): 60
- Potencia (HP): 3,6
- RPM: 1695
- Corriente (A): 5,5-11
- Voltaje(V): 440-410Y/220-208Y

Gráfica 18. Hidro acumulador




Equipo: Hidro acumulador

- Modelo: 1515 HHE
- Potencia(HP): 6,6
- Referencia: 1J 3559-8
- Rango de trabajo:70-90 Psi
- Caudal máx.: 156M
- Corriente (A): 19,0
- Tensión (V): 220

6.2.1.2. Equipos Eléctricos

En la gráfica 19 se muestra la planta eléctrica instalada para suplir la energía eléctrica del edificio en caso de un corte de energía. Por otra parte en las gráficas 20 a la 26 se muestran los equipos que requieren de una conexión eléctrica y que por tanto tienen un consumo de energía eléctrica.

Gráfica 19. Planta eléctrica



Equipos: Planta eléctrica

- Modelo: TO 60 59 T 38 53 57
- Marca: JOHN DEERE
- Capacidad (KW/ KVA): 80 / 100
- Presión (PSI): 208
- Combustible: ACPM/Diesel corriente
- Caudal (GPM): 278

Equipo de la planta	Modelo	Marca	Capacidad	Tensión (V)	Corriente (A)
Generador 3 Fases	00R0ZJ81 Serie 31 85 37	KOHLER	100 KVA	208	278
Motor	TO 60 59 T 38 53 57	JOHN DEERE	-	-	-

6.2.1.3. Iluminación

Los equipos de las gráficas 20 a la 26 corresponden a los equipos de iluminación instalados en el edificio.

Gráfica 20. Componentes eléctricos de iluminación





Componente eléctrico:
Bombillo ahorrador (110V).
Potencia:
20 WATIOS


Componente eléctrico:
Tubo fluorescente de 120 cm.
Potencia:
32 WATIOS

Componente eléctrico:
Balas de Leds.
Potencia:
26 WATIOS c/u

Gráfica 21. Componentes eléctricos de iluminación

		
<p>Componente eléctrico: Proyector de led. Potencia: 120 WATIOS</p>	<p>Componente eléctrico: Foco de 3 Leds. Potencia: 3 WATIOS</p>	<p>Componente eléctrico: Lámparas fluorescentes 60x60 cm, grosor T5. Potencia: 14 WATIOS x tubo, 56 WATIOS x Lámpara</p>

Gráfica 22. Componentes eléctricos de iluminación

		
<p>Componente eléctrico: Bombillo Luz mixta. Potencia: 160 WATIOS</p>	<p>Componente eléctrico: Lámpara tipo bala Metalarc Potencia: 150 WATIOS</p>	<p>Componente eléctrico: Farol tipo tabaco intemperie, rosca estándar. Potencia: 27 Watos</p>

Gráfica 23. Componentes eléctricos de iluminación

		
<p>Componente eléctrico: Lámpara de Leds. Potencia: 9 WATIOS</p>	<p>Componente eléctrico: Soporte reflectores. Potencia: 1500 WATIOS x reflector. 4500 WATIOS x Soporte reflectores</p>	<p>Componente eléctrico: Reflector Metalarc (220V). Potencia: 150 WATIOS</p>

Gráfica 24. Componentes eléctricos de iluminación



Gráfica 25. Componentes eléctricos de iluminación



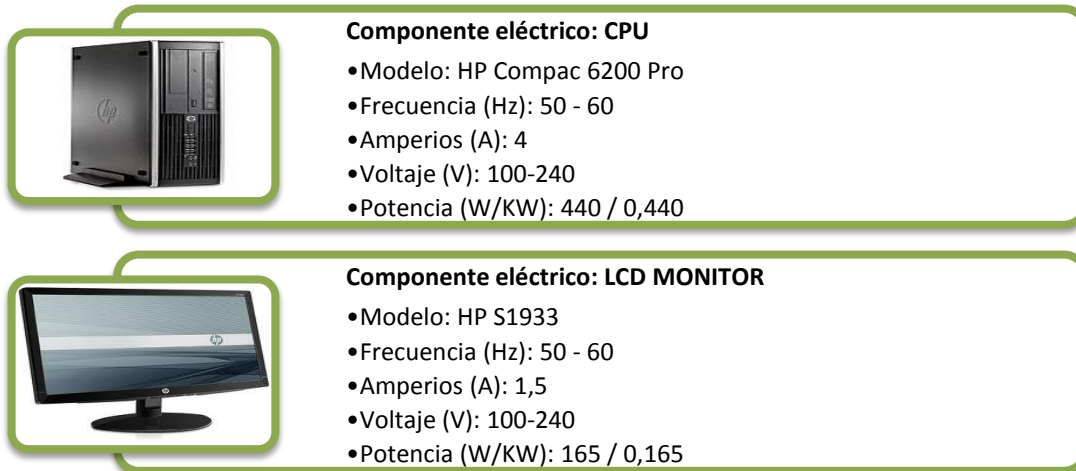
Gráfica 26. Componentes eléctricos de iluminación



6.2.1.4. Equipos de Cómputo

En la gráfica 27 se muestra los componentes de los equipos de cómputo instalados en el edificio.

Gráfica 27. Equipos de cómputo



Fuente: Imágenes tomadas de (Hewlett Packard)

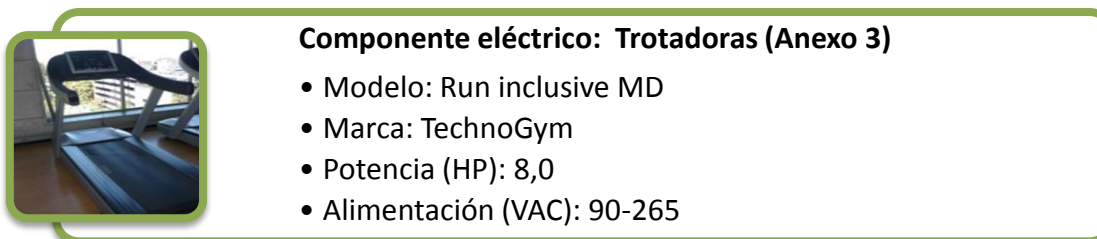
6.2.1.5. Equipos Deportivos (consumo energético)

El equipo de la gráfica 28 (trotadoras) es el único equipo del gimnasio que requiere de energía eléctrica para su funcionamiento ya que incluye un motor eléctrico. Las máquinas trotadoras incluyen un motor eléctrico por lo cual la toma de energía que utilizan es trifásica.

Al ser equipos de conexión trifásica, cuando se encienden se genera una distorsión armónica en la curva de potencia activa del edificio. Esta situación se tuvo en cuenta durante el estudio de la potencia activa del edificio en el numeral 6.4.4.

Existen 15 máquinas trotadoras y todas permanecen conectadas a lo largo de la jornada diurna del centro deportivo (6:00am – 6:00 pm).

Gráfica 28. Trotadoras



Fuente: Todas las fotos del inventario fueron tomadas por los autores.

Todos los equipos eléctricos tienen un impacto en la curva de potencia estudiada posteriormente en el numeral 6.4.4., y el comportamiento de ésta depende de la rutina de encendido y a apagado de cada uno. Por ésta razón se realizó el levantamiento de información sobre el tipo de componente eléctrico y la potencia que consume cada uno.

Equipos como las máquinas trotadoras y los motores de las bombas y del ventilador del edificio modifican la amplitud de la onda en la curva de potencia activa (numeral 6.4.4.) debido a que generan distorsión armónica.

Por otra parte los equipos térmicos (numeral 6.2.1.1.) instalados actualmente para calentar el agua que requieren las duchas y para producir el vapor necesario para los baños turcos, fueron analizados en términos de energía y masa de entrada y salida (numeral 6.6.4.1.3.). Posteriormente se compararon con el sistema de cogeneración a partir de las microturbinas a gas que se planteó para éste estudio en el capítulo 8.

6.3. Proceso actual de obtención de energía eléctrica

Se analizó adicionalmente el suministro de la energía eléctrica del edificio, para lo cual también fue necesario estudiar de manera general el sistema eléctrico de la universidad. La energía de la Pontificia Universidad Javeriana, es alimentada por dos circuitos de alta tensión (11400 V) provenientes de la empresa generadora y comercializadora de energía EMGESA S.A., los cuales llevan la energía hasta las diferentes subestaciones distribuidos a lo largo del campus de la universidad.

La tensión de entrada al edificio es de 208V y se obtiene a través de un transformador de 150 kVA que reduce la tensión desde un valor de 11400V.

6.3.1. Diagrama unifilar (ver Gráfica 29)

Por su parte el edificio estudiado está conectado a la subestación del Centro Javeriano de Formación Deportiva (CJFD) donde se encuentra ubicado un transformador de 150 KVA, el cual se encarga de bajar la tensión desde 11400 Voltios hasta 208 Voltios. Luego la energía es transportada hacia el tablero de control del edificio (totalizador), desde donde se distribuye hacia los diferentes circuitos instalados en el Centro deportivo.

Adicionalmente el edificio cuenta con una planta eléctrica que suple la energía que necesita el edificio en caso de un corte de energía. La planta se encuentra junto a la Subestación Eléctrica del CJDF, tiene una capacidad de 80 KW/100 KVA y trabaja con un motor de marca JOHN DEERE cuyo combustible es el ACPM o diesel corriente.

En el proceso de caracterización del edificio se estudió el diagrama unifilar (Diagrama 1) en el que se encontró que la energía se distribuye entre 10 circuitos principales. Cada circuito tiene la protección reglamentaria según la carga instalada (Diagrama 1).

Existen varios tableros de control ubicados a lo largo del edificio. En el diagrama unifilar (diagrama 1), encontramos el tablero T – SOTANO, responsable de dar paso a la energía eléctrica hacia los salones de clases grupales, oficinas administrativas y los consultorios de ciencias aplicadas al deporte (área de medicina, nutrición y fisioterapia). En éstas zonas se encuentran equipos de iluminación y de cómputo (oficinas).

El T – 2PISO, corresponde a las salas de fuerza en las cuales solamente hay equipos de iluminación. Por otro lado el T – 3PISO, además de la iluminación cuenta con 15 máquinas trotadoras, las cuales requieren una toma trifásica. El T – SALON y el T – SQUASH se ubican en el mismo lugar y controlan el paso de energía para la iluminación del sector.

La energía utilizada por la cocina, las neveras, y los hornos microondas, además de la iluminación de la Crepería es controlada por el tablero T – CAFETERIA. El tablero de control T – CANCHA controla la energía que llega al coliseo. El T - VENTILACION controla la energía que es necesaria para el funcionamiento del motor que acciona el ventilador de aire del edificio, así como la iluminación del cuarto donde se encuentran éstos equipos.

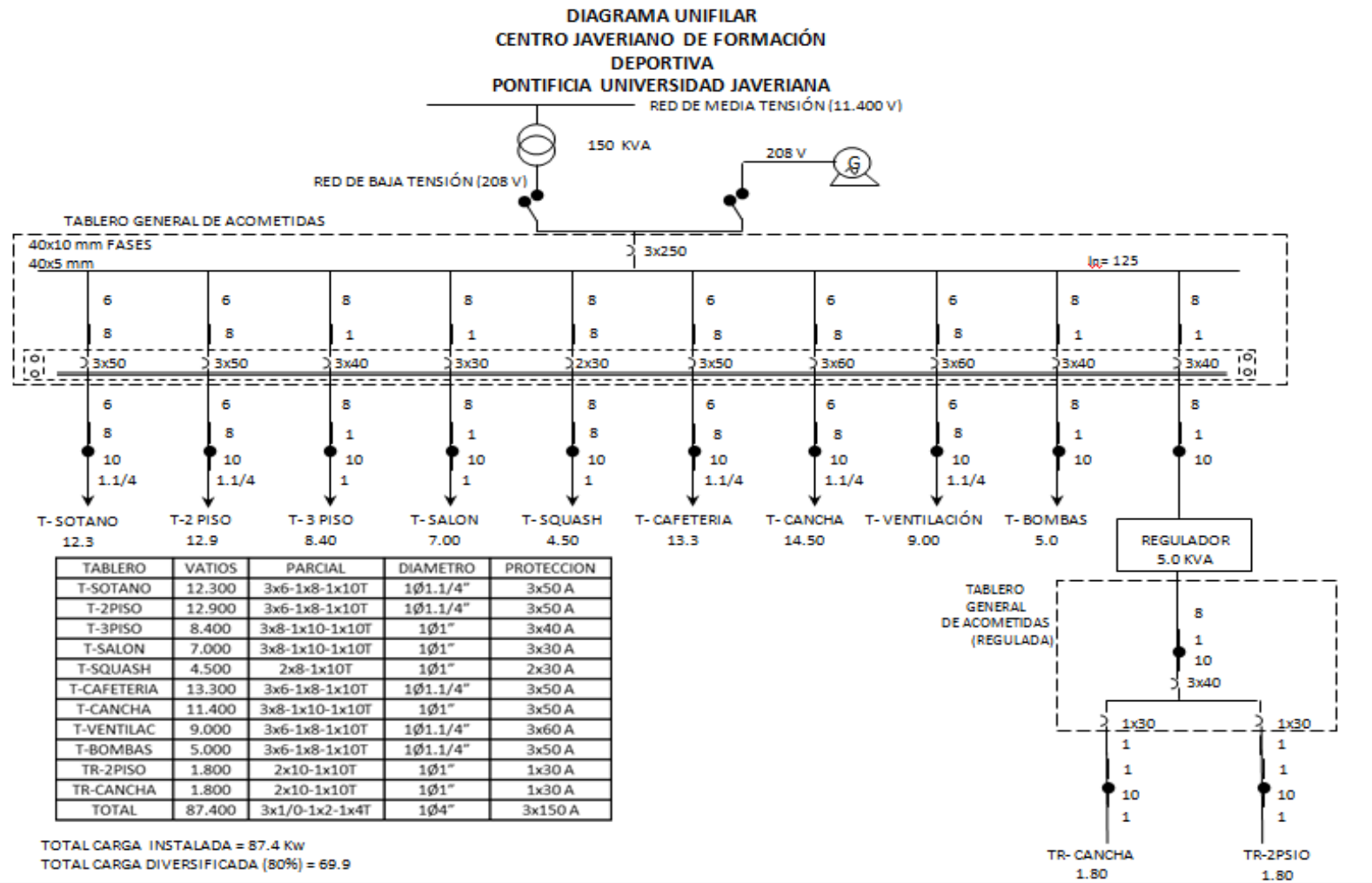
De manera similar el T – BOMBAS controla el paso de energía hacia el cuarto donde se encuentra la caldera principal y las bombas de alimentación de agua. Éstos equipos corresponden al sistema de calentamiento de agua para las duchas de los vistieres.

El último circuito que se ve en el diagrama unifilar se dirige hacia un regulador que distribuye la energía para los circuitos TR – CANCHA y TR – 2 PISO debido a que es necesario proteger los equipos usados para eventos organizados por la universidad tales como conciertos, graduaciones, conferencias los cuales requieren de un sistema de sonido. Por otra parte es necesario proteger los motores de control de subida y bajada de los tableros de baloncesto.}

También se puede observar que la carga máxima del edificio está calculada en 87,4 kW por lo cual se puede decir que el transformador instalado de 150 kVA, puede estar trabajando muy por debajo de su capacidad.

Adicionalmente la carga total diversificada, es decir la carga que se espera que el edificio tenga la mayor parte del tiempo solamente asciende hasta 69,9 kW lo cual indica que el transformador estaría trabajando a media carga.

Gráfica 29. Diagrama unifilar del CJFD



Fuente: Adaptado por los autores del diagrama unifilar del CJFD (Archivo historico PUJ, 2001)

6.4. Curvas de Corriente y Potencia Eléctrica Activa

Para caracterizar el consumo energético del edificio se escogió una semana típica de operación del CJFD, es decir cuando hay mayor concurrencia de usuarios (durante el semestre académico). Adicionalmente A partir de datos históricos se concluyó que los días con mayor número de personas registradas en el Centro Deportivo, son los martes, miércoles y jueves; por lo cual se eligieron éstos días para analizar el comportamiento de la potencia activa en el edificio.

6.4.1. Materiales y equipos de medición

Para la obtención de los datos necesarios en el estudio, fue necesario instalar un analizador de redes eléctricas para registrar la potencia activa a intervalos regulares de 5 minutos en los días seleccionados. Éste equipo dispone de una memoria interna donde se guardan los parámetros deseados a intervalos constantes de tiempo de manera que se registra su comportamiento a lo largo de un periodo determinado.

El analizador de redes es un instrumento muy preciso que no solamente detecta la corriente y el voltaje, sino también la potencia activa, reactiva, y la distorsión armónica del sistema eléctrico analizado, por lo cual es un equipo muy costoso.

El equipo fue instalado en las líneas de salida de corriente eléctrica del transformador ubicado en la subestación eléctrica del CJFD de tal manera que registrara la potencia activa de cada una de las tres fases y en general la de todo el edificio. Los datos generales del equipo se utilizó se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Características del Analizador de redes

Equipo	Modelo	Dimensiones (mm)	Peso (Kg)	Temperatura de uso (°C)
Analizador de Redes (Ver Anexo 4)	GSC53-N-59	225x165x105	1,7	0 – 40

Fuente: Información recolectada por los autores.

6.4.2. Condiciones de instalación de los equipos de medición

Para la instalación del equipo de medición se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

Se obtuvo el permiso para entrar a la subestación eléctrica del CJFD en la coordinación eléctrica de la oficina de administración del campus, con el ingeniero Sergio Bruno Paniagua, quien adicionalmente contactó uno de los auxiliares eléctricos para permitir el acceso al Ingeniero Electricista Néstor Coronado, profesor de electrotecnia de la Pontificia Universidad Javeriana y dueño del equipo, quien se ofreció a instalarlo sin ningún costo con el fin de apoyar el estudio.

A partir de los datos registrados por el analizador de redes se obtuvieron las curvas de carga que permiten ver los picos y valles del consumo de energía en el edificio.

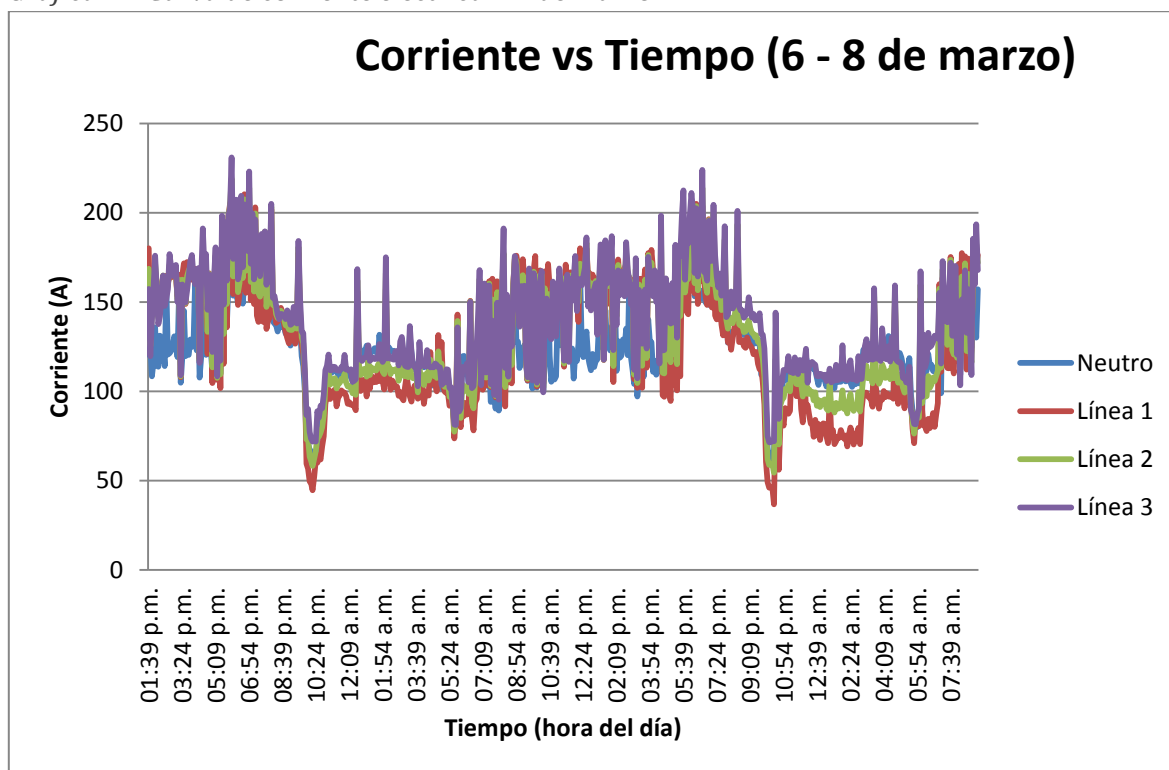
El analizador de redes debido a su reducida disponibilidad, se instaló el Martes 6 de marzo a la 1:39 pm por lo cual los registros de éste día inician a esa hora y se retiró el Jueves 8 de marzo a las 9 am.

A continuación se presentan las curvas de corriente y potencia activa de los días estudiados.

6.4.3. Curva de corriente eléctrica 6-8 de marzo

La gráfica 30 muestra la curva del comportamiento de las mediciones de corriente obtenidas en cada una de las fases y en la línea del neutro.

Gráfica 30. Curva de corriente eléctrica 6-8 de marzo



Fuente: gráfica obtenida de los datos obtenidos con el analizador de redes (Anexo 5) Por los autores

6.4.3.1. Análisis de la curva de corriente

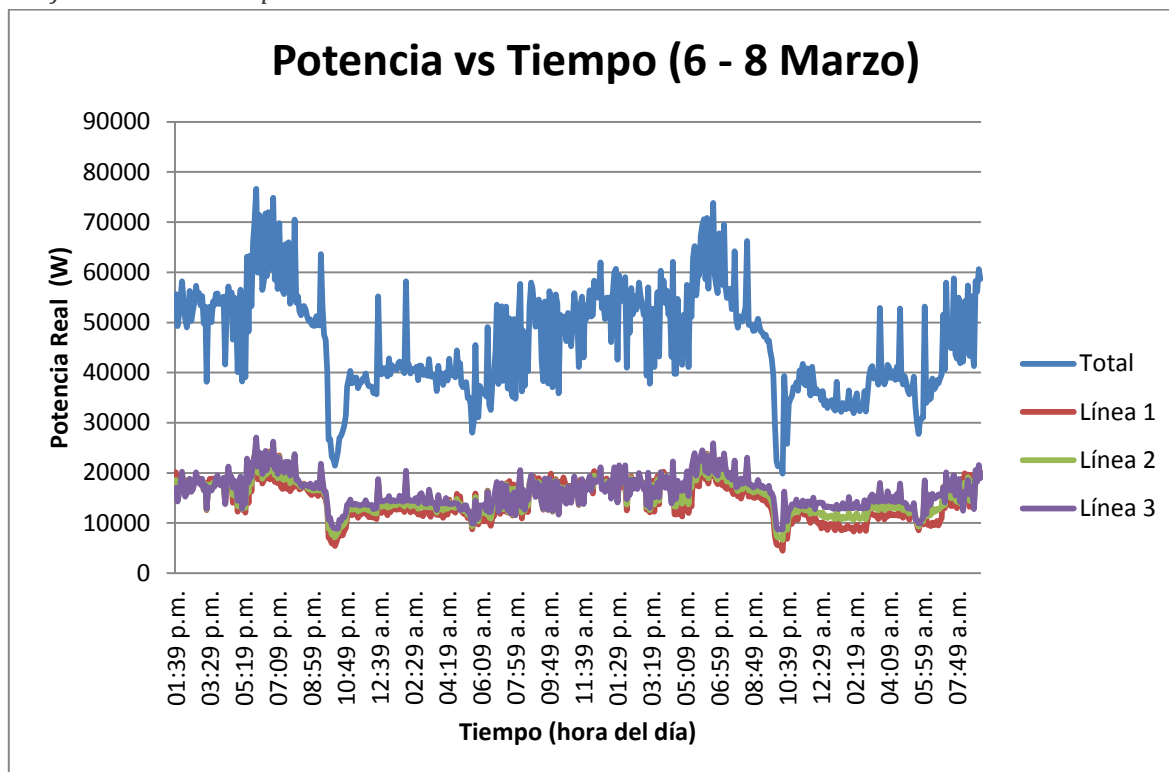
La curva de corriente durante el periodo registrado, indica que existen valles que alcanzan un valor mínimo de 36 amperios en la línea 1 (L1), 54,38 amperios en la línea 2 (L2) y 71,38 Amperios en la línea 3(L3). Éstas caídas en el valor de la corriente, se observan el martes 6 y el miércoles 7 entre las 10:00 pm y las 11:00 pm, hora a la que se cierra el Edificio y salen los usuarios. Luego de éste periodo, la curva vuelve a elevarse hasta un valor promedio de 100,67 Amperios para la L1, 107,501 Amperios para L2 y 114,32 Amperios para L3. A partir de las 6:00 am, existe un incremento de la corriente en cada una de las fases hasta un valor aproximado de 121,32 Amperios (L1), 143,28 Amperios (L2) y 144,63 Amperios (L3), tomando los valores observados el miércoles 7 de marzo. El siguiente incremento constituye un pico se encuentra en la franja horaria que va desde las 6:00pm hasta las 8:00pm aproximadamente, y que se repite en las dos noches

registradas (6 y 7 de marzo); durante éste aumento de la corriente de cada fase las mediciones llegan hasta un valor que oscila alrededor de 156,31 Amperios para L1, 165,46 Amperios para L2 y 174,9 Amperios para L3. Luego de éste periodo, la corriente empieza a descender hasta alcanzar el valle mencionado anteriormente.

6.4.4. Curva de potencia activa 6-8 de marzo

La gráfica 31 muestra la curva del comportamiento de las mediciones de potencia activa obtenidas en cada una de las fases y la potencia total requerida por el edificio en los instantes muestreados.

Gráfica 31. Curva de potencia activa 6-8 de marzo



Fuente: gráfica obtenida de los datos obtenidos con el analizador de redes (Anexo 5) Por los autores

6.4.4.1. Análisis de la curva de Potencia activa

A partir de la curva de potencia se puede obtener el consumo de energía eléctrica del edificio y estudiar el comportamiento de éste a lo largo de un día típico de operación. La curva de potencia activa total, muestra claramente una correspondencia con el comportamiento de la curva de corriente eléctrica, mostrada en el numeral 7.4.3. Existen valles ubicados entre las 10:00 pm y las 11:00 pm. Luego de ésta caída en el periodo que va desde las 11:00 pm hasta las 6:00 am se evidencia un incremento de la potencia durante las horas en que el centro deportivo se encuentra fuera de servicio. A partir de las 6 de la mañana existe un aumento de la potencia, y entre las 6:00 pm y las 8:00 pm se encuentra el pico más alto registrado durante el estudio.

El comportamiento durante la noche muestra una subida a partir de las 11:00 pm hasta las 6:00 am, hora en la cual se reinician las actividades deportivas en el edificio.

De acuerdo a la curva de potencia se puede observar que la carga base del edificio es de 20 kW, mientras que el valor máximo oscila entre los 75 y 80 kW.

Se hizo una investigación sobre las razones por las cuales existen éstos cambios de potencia en las franjas mencionadas y se concluyó que se deben a la rutina diaria de funcionamiento del CJFD.

La rutina del edificio inicia a las 6:00 am, cuando el CJFD abre sus puertas a los usuarios. A ésta hora se encienden las máquinas caminadoras y la iluminación que es necesaria durante el día. Luego a partir de las 6:00 pm se encienden las demás luces del edificio, incluyendo las del coliseo, así como la iluminación de las canchas de baloncesto externas al edificio, lo cual explica el pico de carga evidenciado en las curvas tanto de corriente eléctrica, como de potencia activa del edificio.

El descenso de la potencia activa, que se observó alrededor de las 10:00 pm corresponde al momento en que los usuarios salen y el centro deportivo se cierra; se apagan las luces de los baños, los salones de práctica libre y el coliseo, además de la iluminación de la sala de trabajo cardiovascular, las canchas de squash, y la sala de multifuerza. Únicamente permanece encendida la iluminación de los pasillos principales.

La subida que se evidencia en la curva luego de las 11:00pm corresponde a la entrada del personal de aseo, el cual realiza su labor desde ésta hora hasta las 6:00 am.

Debido a que ésta rutina se repite todos los días de lunes a viernes, se puede asumir que la potencia activa del edificio tiene un comportamiento cíclico, de acuerdo con la curva registrada durante el estudio del día miércoles 7 de marzo, y que no existe relación entre el número de personas o usuarios que entren al edificio y la corriente que éste requiere, ya que no importa si la cantidad de personas que entra es pequeña o grande, la rutina de encender o apagar las máquinas y la iluminación del edificio, es exactamente la misma durante toda la semana, a excepción del fin de semana, pues el día sábado la jornada va desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm y no se realiza el aseo al final de éste día, sino que se realiza la noche del domingo, para que el lunes se puedan reanudar las actividades normales del centro deportivo. Por su parte la jornada del domingo es más corta, puesto que se abre a las 8:00 am y se cierra a las 12:00 m.

6.4.4.1.1. Cálculo del consumo diario y semanal

Para hallar el consumo en kWh del edificio, se multiplicó la potencia activa (en kW) por el tiempo (en horas) en que ésta se requirió. Para ello se halló el promedio de potencia activa de las franjas horarias que corresponden a los diferentes niveles observados en la curva de potencia activa. Estos promedios se multiplicaron por las horas transcurridas durante el periodo para el cual se estimaron hallando de ésta manera el consumo de energía del edificio.

Durante el estudio, se investigaron las causas de los cambios en la potencia activa en éstas franjas, obteniendo los resultados presentados en la tabla 8.

Tabla 8. Promedios de consumo por franjas horarias días entresemana

Franja horaria	Promedio activa (W)	Potencia	Consumo lunes a viernes (Wh)	Consumo lunes a viernes (kWh)	Causas
6:00 am - 6:00 pm	49974,571		599694,846	599,695	Se encienden las caminadoras e iluminación de las salas y pasillos.
6:00 pm - 8:00 pm	61340,313		122680,625	122,681	Se prenden las luces del coliseo y canchas externas.
8:00 pm - 10:00 pm	49033,594		98067,188	98,067	Se apaga la iluminación y los equipos de las oficinas.
10:00 pm -11:00 pm	27159,180		27159,180	27,159	Se apaga la iluminación de las salas, pasillos y coliseo, las caminadoras y otros equipos para cerrar el CJFD.
11:00 pm – 6:00 am	38052,857		266370,000	266,370	Personal de aseo enciende las luces para realizar su labor.
CONSUMO TOTAL				1113,972	

Fuente: Por los autores

Teniendo en cuenta los resultados de la tabla 8, se pudo realizar una estimación del consumo durante el fin de semana, ya que se tienen los promedios de potencia activa y sus causas asociadas. La tabla 9 y 10 muestran los resultados del consumo estimado de sábado y domingo respectivamente.

Tabla 9. Promedios de consumo por franjas horarias día sábado

Franja horaria	Promedio activa (W)	Potencia	Consumo lunes a viernes (Wh)	Consumo lunes a viernes (kWh)	Causas
6:00 am - 6:00 pm	49974,571		599694,846	599,695	Se encienden las caminadoras e iluminación de las salas y pasillos.
6:00 pm - 6:00 am	27159,180		325910,160	325,910	Se apaga la iluminación de las salas y pasillos, las caminadoras y otros equipos para cerrar el CJFD.
CONSUMO TOTAL				925,605	

Fuente: Por los autores

Tabla 10. Promedios de consumo por franjas horarias día domingo

Franja horaria	Promedio activa (W)	Potencia	Consumo lunes a viernes (Wh)	Consumo lunes a viernes (kWh)	Causas
6:00 am - 8:00 am	27159,180		54318,360	54,318	Se mantiene apagada la iluminación y equipos hasta que se abra el CJFD.
8:00 am - 12:00 m	49974,571		199898,282	199,898	Se encienden las caminadoras e iluminación de las salas y pasillos.
12:00 m - 11:00 pm	27159,180		298750,980	298,751	Se apaga la iluminación de las salas y pasillos, las caminadoras y otros equipos para cerrar el CJFD.
11:00 pm -6:00 am	38052,857		266370,000	266,370	Personal de aseo enciende las luces para realizar su labor.
CONSUMO TOTAL				819,338	

Fuente: Por los autores

Debe tenerse en cuenta que durante el periodo nocturno del día sábado, es decir de 6:00 pm a 6:00 am, el consumo es el mínimo observado ya que éste día no se realiza aseo por la noche. El día domingo el CJFD se abre desde las 8:00 am por lo cual el consumo de 6:00 am a 8:00 am es el mínimo observado. Por otro lado se cierra desde las 12:00 del medio día hasta las 11:00 pm, hora en la cual llega el personal de aseo y enciende las luces hasta el otro día a las 6:00 am.

Teniendo en cuenta la anterior información, se estimó el consumo de energía eléctrica total por semana del CJFD en un valor de 7314,802 kWh. Teniendo en cuenta que la mayor concurrencia de personas al CJFD se presenta durante las 32 semanas correspondientes a los dos semestres académicos del año (Ramírez Cuervo, 2012), se calculó un consumo anual durante el periodo académico de 234.073,658 kWh.

6.5. Proceso actual de obtención de energía térmica

6.5.1.1. Descripción del sistema (ver Gráficas 32 y 33. Numeral 6.5.2. y 6.5.3.)

En el proceso de caracterización de la obtención de energía térmica del edificio se analizó el funcionamiento de la caldera utilizada para calentar el agua caliente destinada para suplir la demanda de las duchas. El agua llega con una temperatura de 10 – 12 °C a las bombas, las cuales se encargan de impulsar el agua hacia el hidroacumulador. Dos sensores de presión regulan el accionamiento de las bombas. Una vez que la presión baja de 40 PSI las bombas se accionan para que el agua de las duchas salga con suficiente presión. Por seguridad, cuando el valor alcanza los 70 PSI se detienen de manera que no se generen daños en el hidroacumulador, en la caldera, los tanques o en las tuberías del sistema.

El agua que viene del hidroacumulador entra a la caldera donde es calentada hasta 37°C y luego es transportada hacia el tanque de almacenamiento, desde donde se distribuye hacia las duchas a una temperatura de 33°C. Si el agua que llega al tanque no es demandada, la bomba de recirculación se encarga de que el agua que se ha enfriado pase a través de la caldera para ser calentada nuevamente.

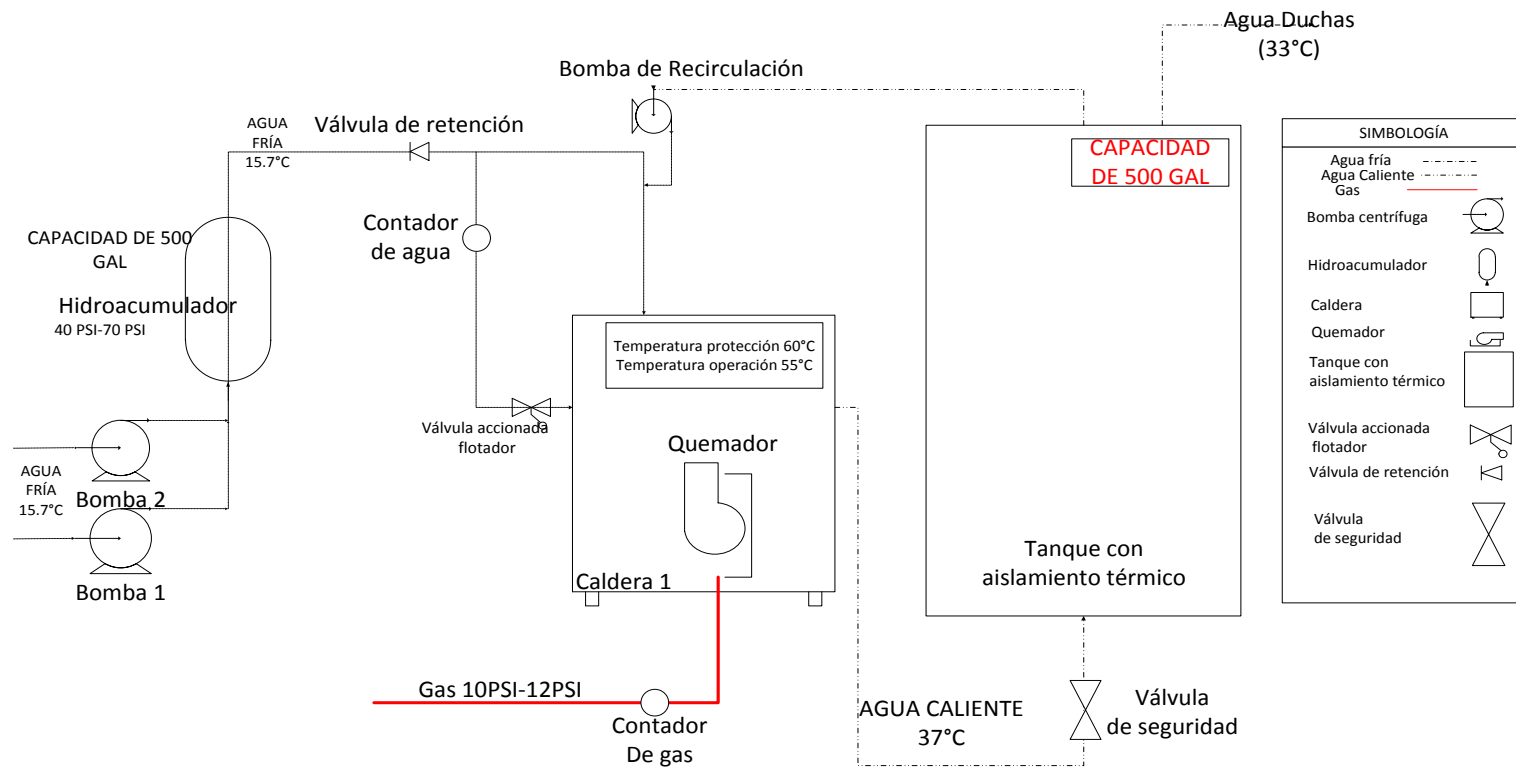
6.5.1.2. Funcionamiento de la caldera de agua caliente

La caldera requiere de un fluido para hacer la transferencia de energía hacia el tubo que lleva el flujo de agua de las duchas. Por ello existe una válvula de flotador que permite el ingreso de agua hacia el interior de la caldera en caso de que el nivel baje debido a la evaporación. Al encenderse, el quemador calienta el tambor de la caldera el cual transmite la energía hacia el agua de operación y ésta a un serpentín en cobre el cual rodea la tubería del agua que se quiere calentar. La temperatura de operación de la caldera es de 55 °C y la temperatura de protección es de 60°C. Por tanto si la temperatura del agua dentro de la caldera baja de 55°C, el quemador se enciende y si sube de 60°C se apaga. Es importante tener en cuenta que la caldera tiene un límite de temperatura (90°C), que al ser alcanzado, apaga la llama del quemador, por lo cual el sistema deja de calentar el agua. Es por ello que una persona debe vigilar su funcionamiento regularmente de tal manera que se active manualmente el quemador y así mantener el servicio de agua caliente para los usuarios.

6.5.2. Diagrama esquemático de la Caldera

El diagrama 32 describe el sistema de calentamiento del agua que se requiere para abastecer las duchas del CJFD.

Gráfica 32. Diagrama Esquemático Sistema de calentamiento de agua

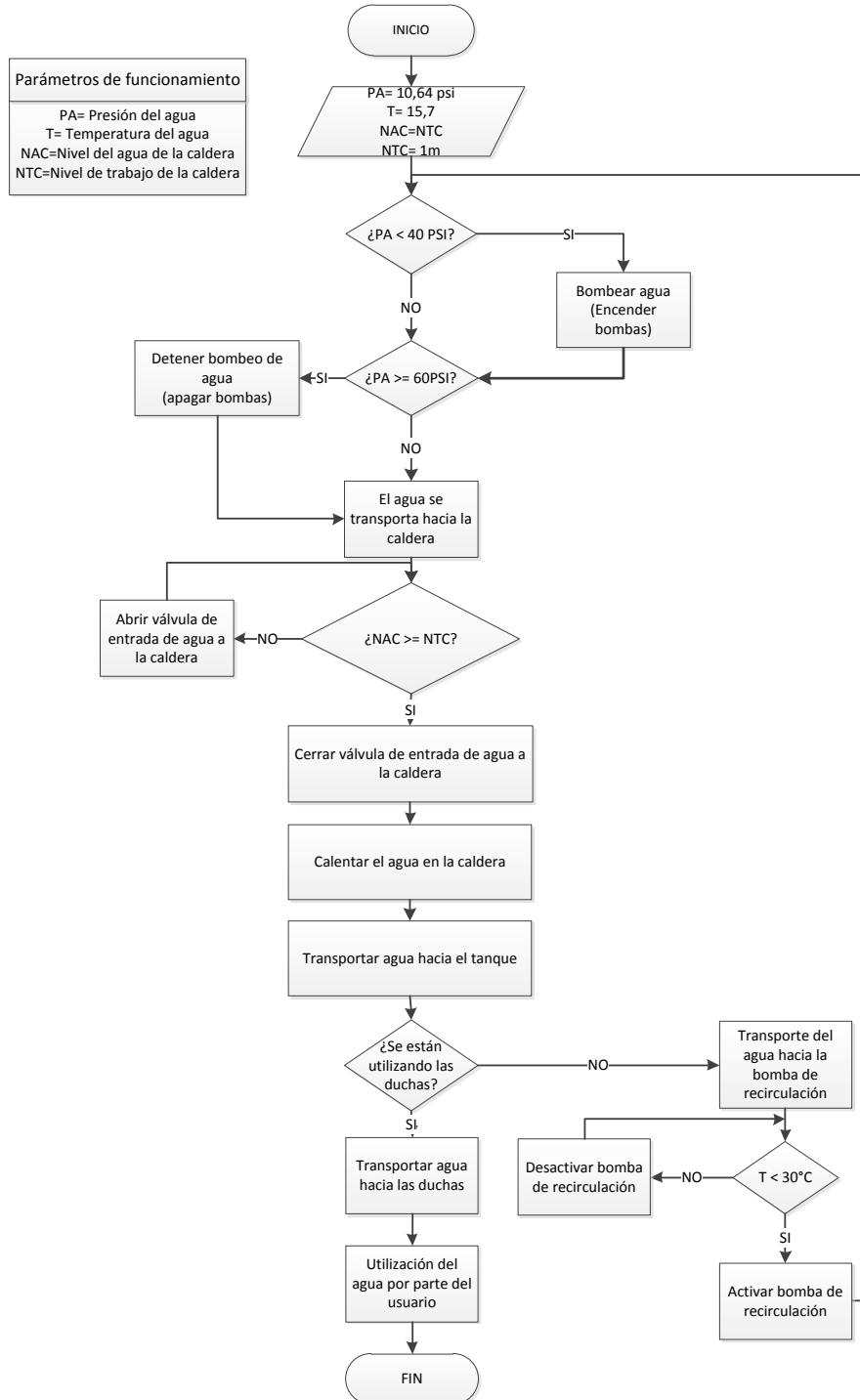


Fuente: Por los autores

6.5.3. Diagrama de Flujo del funcionamiento de la caldera

La gráfica 33 representa la programación del sistema y las condiciones de funcionamiento del sistema utilizado actualmente para calentar el agua requerida por las duchas.

Gráfica 33. Diagrama de flujo



Fuente: Por los autores

6.6. Requerimientos Térmicos del sistema

6.6.1. Cálculo del calor requerido por el edificio

El edificio cuenta con varios equipos que consumen energía térmica, obtenida del gas natural. Los procesos que requieren de éste combustible en el edificio son:

- Calentar el agua: Para ello se utiliza la caldera de calentamiento de agua.
- Generar vapor para los baños turcos: Se utilizan dos calderas, una para cada baño (femenino, masculino).
- Cocinar alimentos: La cafetería requiere de gas natural para poder preparar los alimentos que se ofrecen.

Los equipos térmicos correspondientes a los procesos de generación de vapor, y calentamiento de agua, se listan en el inventario (numeral 6.2.1.1.)

6.6.1.1. Condiciones del muestreo del consumo del sistema térmico

Como primera medida se obtuvo el permiso del Centro Javeriano de Formación Deportiva y de la oficina de Administración del Campus, para tener acceso a los medidores, y al cuarto de máquinas donde se encuentra la caldera.


Con respecto al edificio, es importante resaltar que no existían registros ni datos previos de las variables de operación de la caldera, ni equipos de medición instalados para poder calcularlas. Para realizar el balance de energía fue necesario conocer la cantidad de agua que se calienta en la caldera, así como la cantidad de gas natural consumido durante un determinado tiempo y las horas de funcionamiento del quemador. Por ello se instalaron en el sistema un medidor de caudal para el agua, un medidor de gas natural y un horómetro. De ésta manera se obtuvieron los datos de consumo de gas natural y de agua por hora de funcionamiento.

Fue necesario contactar a los técnicos encargados de inspeccionar el funcionamiento del sistema térmico, pues ellos son quienes controlan el acceso al cuarto de la caldera, lugar donde fueron tomadas las muestras de los contadores instalados. Adicionalmente, estas personas se encargan de informar de inmediato a la oficina de administración del Campus, sobre anomalías en el servicio de agua caliente del edificio. Además son los que se encargan de encender y apagar las calderas generadoras de vapor de los baños turcos y notifican sobre cualquier daño que éstas tengan.

6.6.1.2. Materiales y equipos de medición


Para realizar la medición del consumo de gas y la caracterización de los equipos térmicos, se tuvieron en cuenta medidores de gas que ya existían en el edificio, como el de los baños turcos y el de la cocina (tablas 11 y 12). Sin embargo, para realizar un estudio detallado del sistema térmico, fue necesario instalar equipos de medición en la caldera de tal manera que se pudiera registrar el paso de agua, el consumo de gas del quemador y el número de horas en que ésta estuvo funcionando, pues no existía registro de ninguno de éstos parámetros.

Tabla 11. Características del medidor de gas de la cocina

Equipos	Modelo	Temperatura Máxima (°C)	Clase	Presión (Mpa)	Diámetro (pulgadas)	Dimensiones (mm)	Imagen
Medidor para gas COCINA	LXH - 15E	40	C	1,6	1	165x95x115	

Fuente: Información recolectada por los autores


Tabla 12. Características del medidor de gas de los baños turcos

Equipos	Modelo	Temperatura Máxima (°C)	Clase	Presión (Mpa)	Diámetro (pulgadas)	Dimensiones (mm)	Imagen
Medidor para gas TURCOS	LXH - 15E	40	C	1.6	1	165x95x115	

Fuente: Información recolectada por los autores


Los equipos observados en las tablas 13, 14 y 15, son los que tuvieron que ser instalados para complementar la información del consumo total del edificio, y registrar los parámetros de funcionamiento de la caldera. El proceso de instalación de éstos medidores, fue apoyado por el Ingeniero José Fernando Romero, coordinador de mantenimiento de la oficina de Administración del campus.

Tabla 13. Características del medidor de gas instalado en la caldera

Equipos	Modelo	Marca	Mecanismo de medición	Presión Máx. (k Pa)	Flujo mínimo (m ³ /h)	Flujo máximo (m ³ /h)	Imagen
Medidor para gas tipo diafragma	G 1.6	METREX	Válvula rotatoria	40	0.016	2.5	


Fuente: Información recolectada por los autores

Tabla 14. Características del horómetro instalado en la caldera

Equipos	Modelo	Marca	VAC	Dígitos	Decimales	Dimensiones (mm)	Imagen
Horómetro electrom. 48x48mm	49554	LEGRAND	110-120	5	2	48X48	

Fuente: Información recolectada por los autores

Tabla 15. Características del medidor de agua instalado en la caldera

Equipos	Modelo	Temperatura Máxima (°C)	Clase	Presión (Mpa)	Diámetro (pulgadas)	Dimensiones (mm)	Imagen
Medidor de agua de pistón rotatorio	LXH - 15E	40	C	1.6	1	165x95x115	

Fuente: Información recolectada por los autores

6.6.1.3. Muestreo del consumo de gas

Una vez instalados los equipos, y luego de verificar que el sistema estuviera funcionando en condiciones normales, se inició la toma de datos que fue realizada durante una semana típica de estudio.

El muestreo se elaboró de manera sistemática, es decir, tomando los datos registrados por los medidores, a un intervalo fijo de tiempo (2 horas) (David R. Anderson, 2008), éste intervalo se definió de acuerdo a las franjas horarias que corresponden a los horarios de las clases electivas que ofrece el centro deportivo, por lo tanto, la información se recogió desde las 7:00 am hasta las 6:00 pm.

Por otro lado el consumo en la noche se obtuvo realizando una resta entre el valor observado a las 7:00 am de un día determinado y el de las 6:00 pm del día anterior. Los días sábados y domingos se estudiaron desde la hora de apertura del centro deportivo, hasta la hora de cierre.

En la tabla 16, se presentan los datos obtenidos durante la semana del 12 al 18 de marzo del 2012. La última columna de la tabla 16 indica el consumo que tuvo el quemador de la caldera por hora de funcionamiento, y se obtuvo dividiendo el consumo del quemador (m^3 de gas), entre las horas de operación. En condiciones normales éste dato corresponde al consumo real de combustible por hora del equipo, sin embargo hubo dos ocasiones (miércoles de 13:00 a 18:00 y jueves de 9:00 a 13:00) en que la caldera se apagó debido a que superó la temperatura de seguridad del quemador ($90^{\circ}C$). Ésta situación no hace parte del escenario típico de funcionamiento de la caldera, por lo cual éstos datos se excluyeron del procedimiento para calcular el promedio, la desviación estándar y los límites de control.

Por otra parte la columna 4 de la tabla 16, muestra las horas de funcionamiento de las calderas de producción de vapor para los turcos, y el número de baños turcos utilizados simultáneamente, los cuales fueron datos comprobados con el personal encargado de encenderlos. Con estos datos se obtuvo el consumo de combustible (Gas Natural) por hora de servicio del baño turco (columna 5).

Tabla 16. Consumo del Sistema Térmico del CJFD

Consumo	C. Cocina (m ³ gas)	C. Trucos (m ³ gas)	Horas x turco/Número de turcos	Consumo gas turco (m ³ /h)	C. Quemador (m ³ gas)	C. Agua (m ³)	Horas de operación (horas)	Consumo gas caldera (m ³ /h)
LUNES								
7:00am-9:00am	3,156	0	0/0	-	3,57	1,0422	0,77	4,636
9:00am-11:00am	3,26	0,785	0,5/1	1,57	3,622	1,0956	0,73	4,962
11:00am-1:00pm	3,402	3,024	2/1	1,512	5,343	2,6493	1,09	4,902
1:00pm-2:00pm	0,943	1,676	1/1	1,676	1,459	0,3058	0,29	5,031
2:00pm-4:00pm	0,068	3,762	2/1	1,881	4,169	0,0441	0,84	4,963
4:00pm-6:00pm	0	4,077	2/1	2,0385	3,642	0,929	0,74	4,922
6:00pm-7:00am	0,745	3,082	2/1	1,541	6,37	2,3587	1,3	4,900
Total Lunes	11,574	16,406		-	28,175	8,4247	5,76	NA
MARTES								
7:00am-9:00am	3,741	0	0/0	-	6,34	1,914	1,23	5,154
9:00am-11:00am	2,984	0	0/0	-	3,991	1,0041	0,84	4,751
11:00am-1:00pm	1,871	0	0/0	-	2,714	0,6741	0,56	4,846
1:00pm-2:00pm	1,076	0	0/0	-	3,008	1,0584	0,64	4,700
2:00pm-4:00pm	0,028	3,545	2/1	1,7725	5,169	1,3	1,01	5,118
4:00pm-6:00pm	0	8,273	2/2	2,06825	3,67	0,85	0,79	4,646
6:00pm-7:00am	1,498	0,938	0,5/1	1,876	5,961	1,4681	1,2	4,968
Total Martes	11,198	12,756		-	30,853	8,2687	6,27	NA
MIÉRCOLES								
7:00am-9:00am	2,627	0	0/0	-	4,825	1,2971	0,94	5,133
9:00am-11:00am	2,709	0	0/0	-	5,417	1,2136	0,96	5,643
11:00am-1:00pm	2,267	0	0/0	-	3,652	1,2283	0,84	4,348
1:00pm-2:00pm	0,38	0	0/0	-	1,01	0,634	0,82	1,232
2:00pm-4:00pm	0,069	2,763	2/1	1,3815	0	0,0332	1,94	0,000
4:00pm-6:00pm	0	9,486	2/2	2,3715	0	1,8551	2,56	0,000
6:00pm-7:00am	0,966	5,023	2/1	2,5115	6,89	1,0277	1,82	3,786
Total Miércoles	9,018	17,272		-	21,794	7,289	9,88	NA
JUEVES								
7:00am-9:00am	2,894	0	0/0	-	3,839	0,9995	0,78	4,922
9:00am-11:00am	2,363	1,937	1/1	1,937	0,257	0,8523	1,71	0,150
11:00am-1:00pm	3,109	4,599	2/1	2,2995	0	1,0706	1,77	0,000
1:00pm-2:00pm	0,562	2,741	1/2	1,3705	3,422	0,3234	1,3	2,632
2:00pm-4:00pm	0,161	3,38	2/1	1,69	4,318	1,0091	0,79	5,466
4:00pm-6:00pm	0,787	3,44	2/1	1,72	3,748	0,9411	0,71	5,279
6:00pm-7:00am	1,074	3,264	2/1	1,632	5,982	1,177	1,17	5,113
Total Jueves	10,95	19,361		-	21,566	6,373	8,23	NA

Continuación Tabla 16. Consumo del Sistema Térmico del CJFD

Consumo	C. Cocina (m ³ gas)	C. Turcos (m ³ gas)	Horas x turco/ Número de turcos	Consumo gas turco (m ³ /h)	C. Quemador (m ³ gas)	C. Agua (m ³)	Horas de operación (horas)	Consumo gas caldera (m ³ /h)
VIERNES								
7:00am-9:00am	2,765	0	0/0	-	3,308	1,0759	0,86	3,847
9:00am-11:00am	2,761	0,111	0,5/1	2,22	5,72	1,1989	0,95	6,021
11:00am-1:00pm	3,017	1,152	1/1	1,152	5,964	1,6103	1,24	4,810
1:00pm-2:00pm	0	1,382	1/1	1,382	2,082	0,6566	0,41	5,078
2:00pm-4:00pm	0,033	7,7	2/2	1,925	5,326	0,256	1,01	5,273
4:00pm-6:00pm	0	2,863	2/1	1,4315	2,368	1,5279	0,46	5,148
6:00pm-7:00am	0	4,752	2/1	2,376	6,289	0,4058	1,28	4,913
Total Viernes	8,576	17,96			31,057	6,7314	6,21	NA
SABADO								
7:00am-9:00am	0	0	-/-		1,277	1,149	0,26	4,912
9:00am-11:00am	0	0	-/-		2,194	0,4716	0,45	4,876
11:00am-1:00pm	0	0	-/-		3,718	0,8159	0,81	4,590
1:00pm-2:00pm	0	0	-/-		0,603	0,1008	0,13	4,638
2:00pm-4:00pm	0	0	-/-		1,716	0,331	0,37	4,638
4:00pm-6:00pm	0	0	-/-		1,967	0,376	0,4	4,918
6:00pm-8:00am	0	0	-/-		1,628	0,3383	0,27	6,030
Total Sábado	0	0			13,103	3,5826	2,69	NA
DOMINGO								
8:00am-10:00am	0	0	-/-		0	0	0	-
10:00am-12:00 m	0	0	-/-		2,907	0,4958	0,6	4,845
Total Domingo	0	0			2,907	0,4958	0,6	NA

Fuente: Por los autores

Luego del muestreo de la semana escogida se analizaron los datos y se obtuvieron consumos totales para la semana completa que se observan en la tabla 17. Adicionalmente se halló el consumo promedio de combustible por hora de la caldera y los límites de control entre los cuales se debe hallar éste valor.

Tabla 17. Consumos totales de la semana

Consumo	C. Cocina (m ³ gas)	C. Trucos (m ³ gas)	Horas de operación de los turcos	C. Quemador (m ³ gas)	C. Agua (m ³)	Horas de operación Caldera (horas)
Total Semana	51,316	83,755	45,05	149,455	41,1652	39,64

Fuente: Por los autores

Los límites de control se calcularon siguiendo la siguiente fórmula (Bertrand L. Hansen, 1987)

$$\text{Límite de Control Inferior: } LCI = \bar{X} - 3\sigma_x$$

$$\text{Límite de Control Superior: } LCS = \bar{X} + 3\sigma_x$$

A partir de los datos semanales se realizó un aproximado de los consumos totales del edificio (tabla 18), suponiendo que el comportamiento del edificio es regular a lo largo del mes. Los cálculos anuales se realizaron suponiendo que un año se constituye únicamente de los 8 meses correspondientes al primer y tercer periodos académicos de la universidad.

Tabla 18. Cálculo del consumo aproximado

	Cocina	Turcos	Caldera
Consumo Gas Natural por Semana Aprox. (m³ gas/semana)	51,316	83,755	149,455
Consumo Gas natural por Mes Aprox. (m³ gas/mes)	205,264	335,02	597,82
Consumo Gas natural por año Aprox. (m³ gas/año)	1642,112	2680,16	4782,56

Fuente: Por los autores

Los promedios y límites de control del consumo de gas por hora de la caldera de agua caliente se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Consumo de gas por hora de operación de la caldera

	UNIDADES	
Promedio Consumo caldera	4,668	m ³ gas/hora de operación
Desviación estándar consumo caldera	1,088	m ³ gas/hora de operación
Límite De Control Inferior (LCI) consumo caldera	1,405	m ³ gas/hora de operación
Límite De Control Superior (LCS) consumo caldera	7,931	m ³ gas/hora de operación

Fuente: Por los autores

Como se puede ver en la tabla 16, los valores que se salen del límite de control Inferior (LCI) se dieron en los momentos en los cuales la caldera no estaba funcionando adecuadamente, es decir cuando se apagó el quemador (miércoles de 13:00 a 18:00 y jueves de 9:00 a 13:00).

Por otra parte también se determinó el promedio de agua calentada por hora de operación como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Consumo de Agua por hora de operación de la caldera

	UNIDADES	
Promedio Consumo de agua Caldera	1,2551	m ³ gas/hora de operación
Desviación estándar consumo agua Caldera	1,0876	m ³ gas/hora de operación
Límite De Control Inferior (LCI) consumo Agua Caldera	-2,007	m ³ gas/hora de operación
Límite De Control Superior (LCS) consumo Agua Caldera	4,5181	m ³ gas/hora de operación

Fuente: Por los autores

Como el límite de control inferior es negativo, se toma como cero metros cúbicos por hora de operación.

Los promedios y límites de control del consumo de gas por hora de las calderas de producción de vapor para los turcos se presentan en la tabla 21.

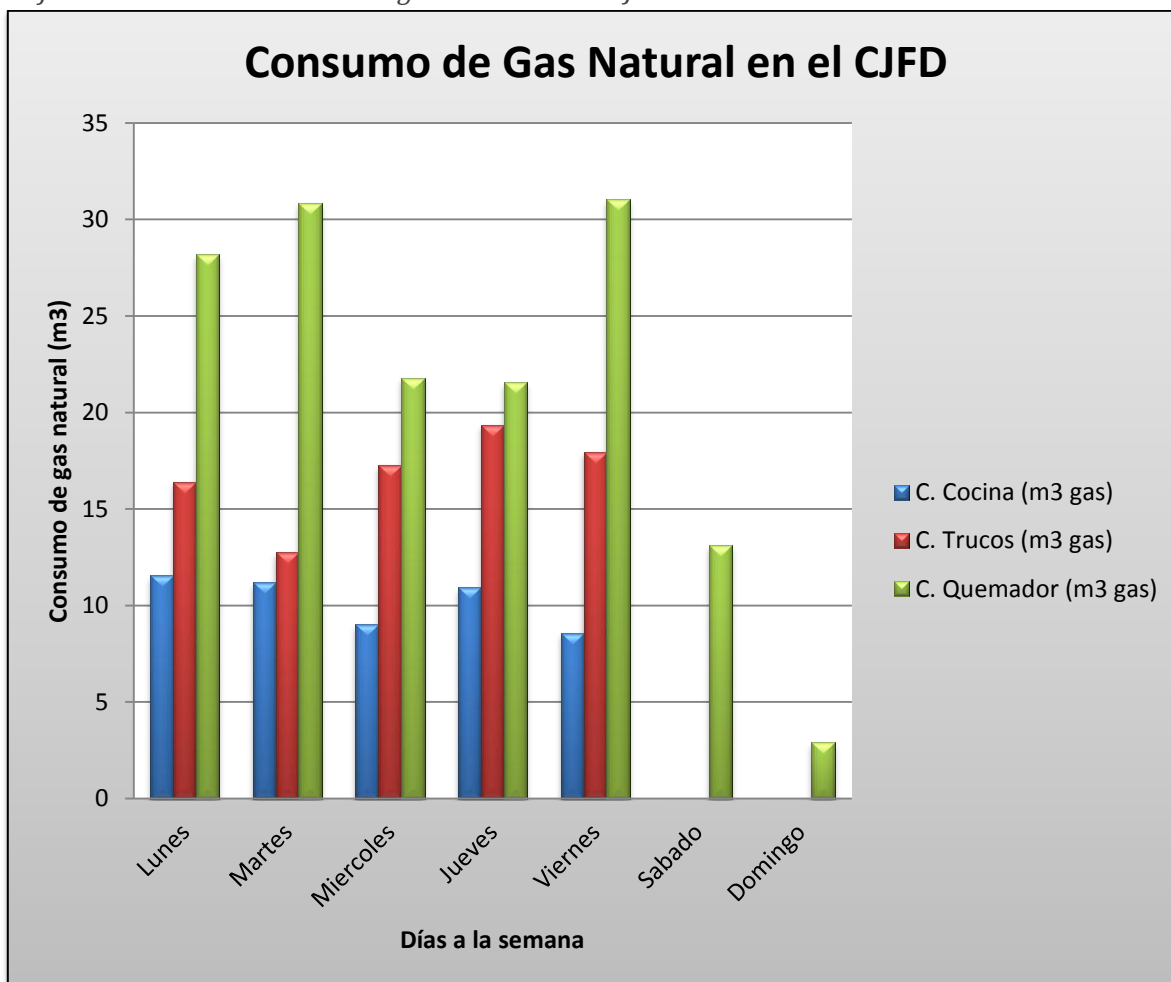
Tabla 21. Consumo de gas por hora de operación de la caldera

	UNIDADES
Promedio consumo turco	1,8056 m ³ gas/hora de operación
Desviación estándar consumo turco	0,5104 m ³ gas/hora de operación
Límite De Control Inferior (LCI) consumo turco	0,2746 m ³ gas/hora de operación
Límite De Control Inferior (LCS) consumo turco	3,3367 m ³ gas/hora de operación

Fuente: Por los autores

La gráfica 34 resume los consumos de gas natural muestreados durante la semana escogida.

Gráfica 34. Curva de consumo de gas natural en el CJFD



Fuente: Por los autores

Adicionalmente se encontró que el medidor instalado a las afueras del edificio sobre el costado oriental, solamente registraba las lecturas del consumo de gas de las calderas de producción vapor instaladas para el uso de los baños turcos mas no el de la caldera de agua caliente, como se creía.

Esta comprobación se realizó contrastando el comportamiento de éste medidor con el del quemador de la caldera de agua caliente y con las horas en que se encendían los baños turcos. Para ello se registraron los datos del medidor según el horario establecido para el muestreo, y se preguntó al personal encargado de encender los turcos (Navarro & Cetina, 2012), en qué momento se habían puesto en marcha los generadores de vapor para así verificar que el medidor avanzaba en las mismas franjas en que los baños turcos eran utilizados.

6.6.2. Análisis del muestreo de consumo térmico

Durante el muestreo el quemador alcanzó el límite de temperatura de la caldera, lo cual apagó la llama del quemador durante varias horas. El personal de inspección de los equipos en el CJFD, manifestó que ésta situación se presentaba regularmente y que el operario es el encargado de encender nuevamente el quemador, para que el servicio de agua caliente se pueda restablecer.

El consumo semanal más grande es el de la caldera de agua caliente, la cual requiere de 149,45 m³/semana aproximadamente, seguido de las calderas generadoras de vapor que requieren de 83,75 m³/semana.

Por otra parte el consumo de combustible de la caldera tiene un valor promedio de 4,668m³/hora, entendiendo que en condiciones normales no debe ser menor de 1,405 m³/hora ni mayor de 7,931 m³/hora. En caso de que se sobrepasen éstos límites se debe revisar que la caldera esté funcionando correctamente, pues puede que se haya apagado el quemador debido a que se alcanzó el límite de temperatura de seguridad, o que se haya producido algún daño interno en el sistema que haya modificado el consumo por hora del equipo.

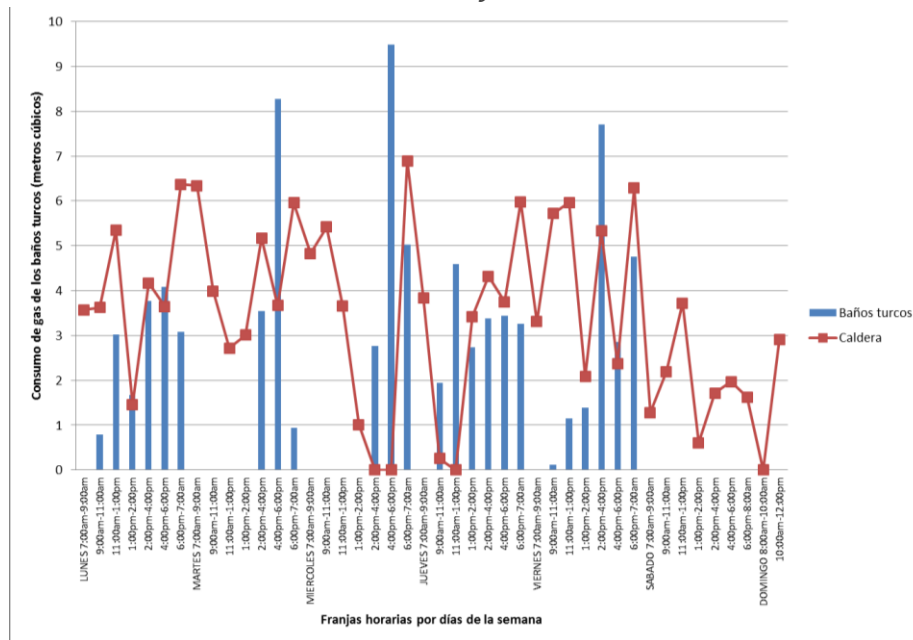
Por otra parte se creía que el contador de gas natural ubicado en el costado oriental del edificio correspondía al consumo de gas tanto de caldera de agua caliente como de los generadores de vapor, pero luego de analizar las horas en que se encendieron los turcos y el registro del contador, y compararlos con el consumo generado por el quemador de la caldera, se concluyó que los valores observados en el medidor solamente corresponden al gas necesario para alimentar los generadores de vapor de los baños turcos.

Adicionalmente se observó que el consumo de gas natural los fines de semana disminuye con respecto a los días entresemana. Esto se debe a que el consumo de agua caliente, por parte de los usuarios que utilizan las duchas, disminuye durante éste periodo. Por otra parte los baños turcos no se utilizan ni sábados ni domingos, al igual que la cocina.

6.6.3. Curvas de consumo de energía térmica

El comportamiento del consumo de gas natural se presenta en la gráfica 35. Donde se observa la curva de consumo de gas natural tanto de la caldera principal como la de los baños turcos.

Gráfica 35. Curva de consumo de los baños turcos y caldera



Fuente: Por los autores

6.6.3.1. Análisis de la curva de consumo de Gas Natural

Luego de obtener la tabla del consumo de gas natural tanto en la Caldera como en los baños turcos, se puede observar el comportamiento y la relación que existe entre ambos sistemas. Con relación al comportamiento de la caldera se puede observar que se encuentran algunos bajones entre semana, el día miércoles en la tarde (2:00 pm-6:00 pm) y jueves en la mañana (9:00 am – 1:00 pm). Esto se debe a que el sistema se apaga debido a que se sobrepasa la temperatura de seguridad de la caldera, por lo cual se requiere de una verificación constante del sistema para volver a encender el quemador. Ésta situación no es un escenario común en el funcionamiento del sistema, por lo cual los valores que se encuentran en cero, no se tomaron para hallar el promedio ni los límites de control del consumo de gas natural por hora.

El consumo en el fin de semana es menor que los demás días. Se observa que el consumo de gas natural para los baños turcos entre dichos días es muy bajo e incluso nulo, lo cual indica que éste servicio no se utiliza los días sábados ni los domingos y la principal razón para ello es la baja demanda del servicio por parte de los usuarios (estudiantes) los cuales prefieren utilizar el servicio entre semana, y es por ello también que los sábados y domingos tienen un horario de atención diferente; normalmente el centro deportivo se abre a las 6:00 am y se cierra a las 10:00 pm, mientras que Los sábados se abre de 6:00 am a 6:00 pm y domingo de 8:00 am a 12:00 m.

En algunas franjas horarias se puede ver que aunque la caldera sigue consumiendo gas natural, las de los baños turcos no lo hacen, lo cual indica que los consumos son de hecho independientes uno del otro. En cuanto a los baños turcos el mayor consumo observado de gas natural se presenta en los martes miércoles y viernes de 2:00 pm a 6:00 pm. Los días lunes y jueves el consumo observado muestra un comportamiento más estable pues el servicio se utilizó durante todo el día.

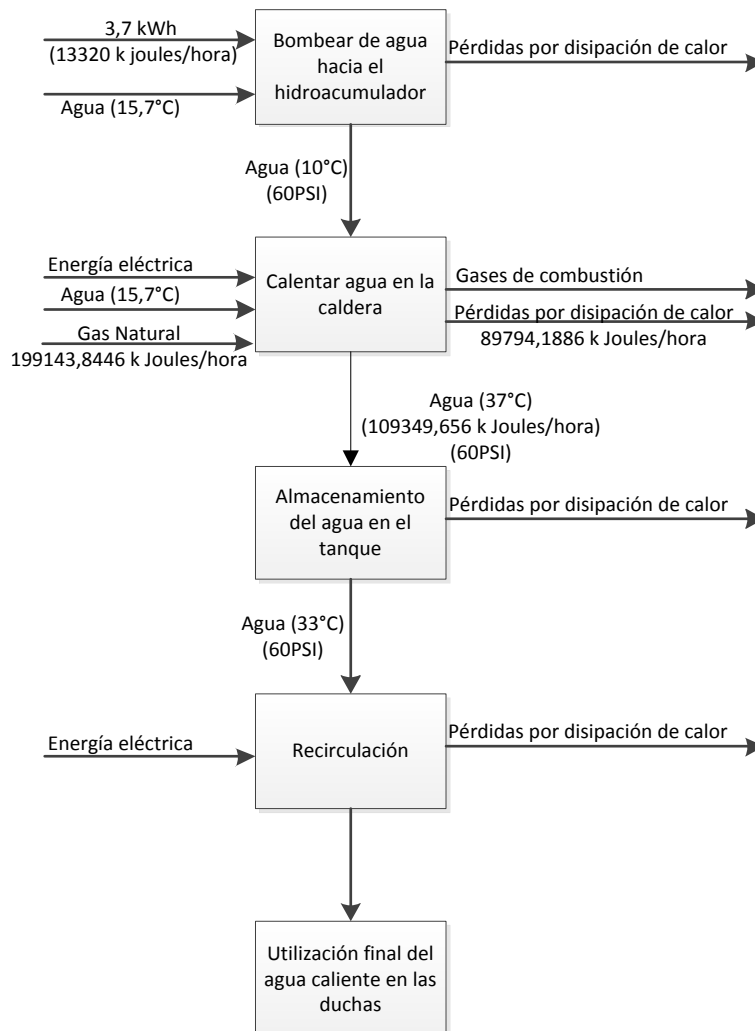
Se encuentran 3 picos altos en el consumo de gas natural para el sistema de baños turcos (martes de 2:00 pm - 4:00 pm, miércoles 4:00 pm-6:00 pm y viernes 2:00 pm-4:00 pm) esto se debe a que tanto el sistema de baño turco femenino cómo masculino se encontraban y en funcionamiento al mismo tiempo.

Toda esta información se verificó en el edificio del CJFD realizando una entrevista a los encargados del manejo y funcionamiento tanto de los baños turcos como de la caldera, John Navarra (turno de la mañana) y Gerardo Cetina (turno de la noche) (Navarro & Cetina, 2012).

6.6.4. Diagrama de Bloques de la Caldera

Para poder realizar el balance de materia y energía del sistema de la caldera caracterizó el proceso de calentar el agua mediante el diagrama de bloques observado en la gráfica 36.

Gráfica 36. Diagrama de bloques



Fuente: Por los autores

6.6.4.1. Balance de materia y energía de la caldera de agua caliente (duchas)

Como parte de la caracterización del consumo de energía térmica del edificio se realizó un balance de materia y energía del sistema de calentamiento de agua actual. Todos los cálculos del balance de energía se realizaron suponiendo un tiempo de funcionamiento de los equipos de una hora.

Los datos obtenidos del balance de materia y energía se utilizaron para comparar financiera y ambientalmente el sistema actual y el sistema propuesto (ver capítulos 9 y 10) una vez fueron obtenidos los datos del balance de materia y energía de propuestos por la microturbina.

6.6.4.1.1. Energía de las bombas

Los parámetros utilizados en el cálculo de la energía de entrada a las bombas se encuentran en el inventario (numeral 6.2.1.1.).

La energía de entrada a las bombas es la potencia nominal de entrada multiplicada por el factor de potencia y por el tiempo en que se utiliza.

$$\text{Energía de entrada a las bombas} = 3,7 \text{ kW} * \cos \phi$$

$$\text{Energía de entrada a las bombas} = 3,7 \text{ k} \left(\frac{\text{J}}{\text{s}} \right) 0,85$$

$$\text{Energía de entrada a las bombas} = 3,7 \text{ k} \left(\frac{\text{Joules}}{\text{seg}} \right) * 3600 \frac{\text{seg}}{\text{hora}} * 0,85$$

$$\text{Energía de entrada a las bombas} = 11322 \text{ k} \left(\frac{\text{Joules}}{\text{hora}} \right)$$

6.6.4.1.2. Balance de Energía de la caldera de agua caliente

Para realizar el balance de energía de la caldera fue necesario tomar la medida de la temperatura de entrada y salida del agua. La Oficina de Administración del Campus ofreció su apoyo para realizar la toma de éstas medidas por medio de una cámara termográfica, que fue operada por el asistente de la coordinación de mantenimiento Diego Suárez. El equipo de medición tiene los parámetros de operación mostrados en la tabla 22.

Tabla 22. Características la cámara termográfica


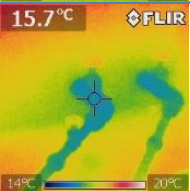

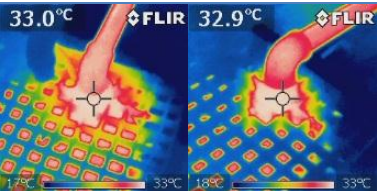
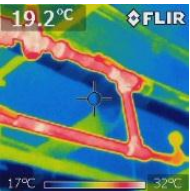
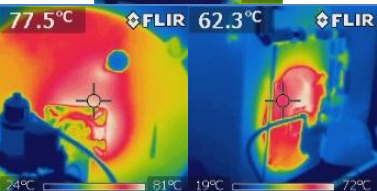
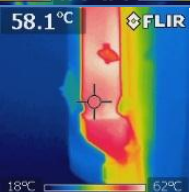
Equipos	Modelo	Rango de Temperatura	Resolución	Número de pixeles	Precisión	Campo de visión
Cámara termográfica (Ver Anexo 6)	FLIR i7	-20°C a 250°C (-4°F a 482°F)	140x140 pixeles	19.600	+/-2% ó 2°C	29° x 29°

Fuente:(FLIR Systems, Inc.)

Con la cámara termográfica se tomaron las medidas expuestas en la tabla 23. Es importante tener en cuenta que el equipo representa la temperatura en una escala de colores donde los azules son los que tienen una temperatura menor y los rojos temperaturas más grandes. De ésta manera, la temperatura que se muestra en la esquina superior izquierda de la imagen es la que se capta

dentro de la mirilla mientras que el rango de temperaturas de esta se muestra en la parte inferior de la fotografía.

Tabla 23. Medidas de temperatura por etapas del sistema de calentamiento de agua

Ubicación	Temperatura (°C)	Imagen Termográfica	Observaciones
Tanque de agua del edificio	15,3		Las bombas impulsan el agua hacia el sistema desde éste tanque.
Tubería de entrada de agua a las bombas	15,7		Se toma como la temperatura del agua de entrada a la caldera.
Tubería de salida de agua de la caldera	36,5		También es la tubería que dirige el agua caliente hacia el tanque de almacenamiento, antes de ser distribuida a las duchas. Se toma como la temperatura del agua de salida de la caldera.
Tubería de desagüe del tanque de agua caliente	33,0		Es la temperatura de salida del agua caliente del tanque de almacenamiento.
Tubería de salida de agua caliente del tanque de almacenamiento	32,0		Esta tubería lleva el agua caliente hacia las duchas. En éste caso la temperatura máxima es la del tubo de agua caliente, por lo cual se toma el valor máximo observado en el rango de temperaturas (32°C).
Tambor de la caldera	77,5		En el tambor de la caldera se produce la combustión del gas natural.
Tubo de escape	58,1		A través de éste tubo se evacuan los gases de combustión.

Fuente: Por los autores

Adicionalmente se tomo el consumo de gas natural y el flujo de agua caldera durante un día típico, con el fin de obtener los datos necesarios para realizar el balance de energía.

A partir de esto se tiene que:

1. La temperatura del agua de entrada a la caldera es de 15,7°C (288,85K)
2. La temperatura del agua de salida de la caldera es de 36,5 °C (309,65K)
3. Promedio de gas consumido por hora de trabajo = 4,668 m³ (Muestreo Sistema térmico Numeral 6.6.1.3.)
4. Promedio de agua consumida por hora de trabajo = 1,255 m³ (Muestreo Sistema térmico Numeral 6.6.1.3.)

Teniendo en cuenta que el poder calorífico del gas suministrado a la universidad es de 1145BTU/pie³ (42.661,492 k Joules/ m³) (ver anexo 2) el balance de energía se calcula de la siguiente manera:

$$1. \text{ Energía de entrada (gas consumido): } \text{Energía de entrada} = \frac{4,668 \text{ m}^3 \text{ gas}}{\text{hora}} * \frac{42661,492 \text{ k Joules}}{\text{m}^3 \text{ gas}}$$

$$\text{Energía de entrada} = 199143,8446 \text{ k Joules/hora}$$

$$2. \text{ Energía absorbida por el agua (calor absorbido): } \text{Calor absorbido} = m * C_p * \Delta T$$

$$\text{Calor absorbido} = \left(\frac{1,255 \text{ m}^3}{\text{hora}} * \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) * \frac{4,189 \text{ kJ}}{\text{K} * \text{Kg}} * (309,65 \text{ K} - 288,85 \text{ K})$$

$$\text{Calor absorbido} = 109349,656 \text{ Joules/hora}$$

$$3. \text{ Eficiencia de la caldera: } \text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía de entrada}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Energía Absorbida por el agua}}{\text{Energía liberada por la combustión del gas}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{109349,656 \text{ kJ/h}}{199143,8446 \text{ kJ/h}}$$

$$\text{Eficiencia} = 54.909\%$$

6.6.4.1.3. Balance de materia de la caldera de agua caliente

Para realizar el balance de materia del gas natural utilizado fue necesario analizar los gases que lo componen y la reacción química de la combustión de cada uno de ellos.

El gas natural tiene una composición por volumen de 81,86% de Metano (CH₄), 11,61% de Etano (C₂H₆), 1,92% Propano (C₃H₈), 0,23% I-Butano (C₄H₁₀), 0,22% N-Butano (C₄H₁₀), 0,9% Nitrógeno (N₂) y 0,08% de otros gases (gas Natural fenosa).

La ecuación química balanceada de la combustión de cada uno de los gases se muestra en la tabla 24.

Tabla 24. Combustión de los gases componentes del Gas Natural

Constituyente	Fórmula Química	Ecuación química de la combustión por componente (1)
Metano	CH ₄	CH ₄ + 2O ₂ → CO ₂ + 2H ₂ O
Etano	C ₂ H ₆	2C ₂ H ₆ + 7O ₂ → 4CO ₂ + 6H ₂ O
Propano	C ₃ H ₈	C ₃ H ₈ + 5O ₂ → 3CO ₂ + 4H ₂ O
I-Butano	C ₄ H ₁₀	2C ₄ H ₁₀ + 13O ₂ → 8CO ₂ + 10H ₂ O
N-Butano	C ₄ H ₁₀	2C ₄ H ₁₀ + 13O ₂ → 8CO ₂ + 10H ₂ O
Nitrógeno	N ₂	N ₂ + O ₂ → 2NO
Dióxido de carbono	CO ₂	No cambia con la combustión
OTROS	-	-

1. Fuente: (Sierieda, 1979) Páginas: etano 108, Metano 112, Propano 113, Butano 113, nitrógeno 223.

Para calcular la cantidad de oxígeno requerida por la combustión, así como la cantidad de dióxido de carbono CO₂, agua (H₂O) y óxido de nitrógeno (NO) liberados, se hizo una relación entre la masa molecular de salida de cada uno de éstos compuestos con respecto a la masa molecular de entrada de los gases constituyentes del gas natural. De ésta manera se calculó la cantidad de kilogramos de oxígeno requeridos por la combustión de cada kilogramo de gas (Metano, Etano, Propano, Butano), y la masa de gases de escape (CO₂, NO) y agua producidos por ésta. Ésta relación entre el gas componente y el oxígeno, así como la que existe entre el gas y los subproductos de la combustión, se muestra en la tabla 25.

Tabla 25. Relación de peso - componentes de la reacción química de combustión y el gas combustible.

Constituyente	Compuesto (masa por compuesto)	Relación de masa (compuesto/gas combustible)		
		Oxígeno	Dióxido de Carbono	Óxido de Nitrógeno
Metano	CH ₄ (16) + 2O ₂ (64) → CO ₂ (44) + H ₂ O(36)	4	2,75	-
Etano	2C ₂ H ₆ (60) + 7O ₂ (224) → 4CO ₂ (176) + 6H ₂ O(108)	3,7333	2,9333	-
Propano	C ₃ H ₈ (44) + 5O ₂ (160) → 3CO ₂ (132) + 4H ₂ O(72)	3,6363	3	-
I-Butano	2C ₄ H ₁₀ (116) + 13O ₂ (416) → 8CO ₂ (352) + 10H ₂ O(180)	3,5862	3,0344	-
N-Butano	2C ₄ H ₁₀ (116) + 13O ₂ (416) → 8CO ₂ (352) + 10H ₂ O(180)	3,5862	3,0344	-
Nitrógeno	N ₂ (28) + O ₂ (32) → 2NO(60)	1,1428	-	2,1428
Dióxido de carbono	CO ₂ (44) → CO ₂ (44)	-	1	-
OTROS	-	-	-	-

Fuente: Por los autores

Finalmente se calculó la masa de gas natural utilizado por caldera por hora de funcionamiento, multiplicando el volumen de cada uno de sus constituyentes por sus respectivas densidades. Los resultados finales de masa de entrada y salida se encuentran resumidos en la tabla 26. La masa de los subproductos de la combustión se calculó multiplicando la masa de cada gas constituyente por la relación de masa (compuesto/gas combustible) hallada en la tabla 25.

Tabla 26. Resumen del balance de materia del gas natural consumido por la caldera

Constituyente ¹	Fórmula Química ¹	Porcentaje por volumen ¹	Volumen del Gas Natural utilizado	Volumen por componente	Densidad por componente ²	masa por componente	Oxígeno requerido	CO2 Liberado por la combustión	Agua liberada por la combustión	Óxido de nitrógeno (NO) liberado			
Metano	CH4	81,86%	4,668 m3	3,821 m3	0,68 Kg/m3	2,598 kg	10,394 kg	7,146 kg	5,846 kg	0 kg			
Etano	C2H6	11,61%	4,668 m3	0,542 m3	1,282 Kg/m3	0,695 kg	2,594 kg	2,038 kg	1,251 kg	0 kg			
Propano	C3H8	1,92%	4,668 m3	0,090 m3	1,91 Kg/m3	0,171 kg	0,622 kg	0,514 kg	0,280 kg	0 kg			
I-Butano	C4H10	0,23%	4,668 m3	0,011 m3	2,51 Kg/m3	0,027 kg	0,097 kg	0,082 kg	0,042 kg	0 kg			
N-Butano	C4H10	0,22%	4,668 m3	0,010 m3	2,52 Kg/m3	0,026 kg	0,093 kg	0,079 kg	0,040 kg	0 kg			
Nitrógeno	N2	0,90%	4,668 m3	0,042 m3	1,185 Kg/m3	0,050 kg	0,057 kg	0 kg	0 kg	0,107 kg			
Dióxido de carbono	CO2	3,18%	4,668 m3	0,148 m3	1,87 Kg/m3	0,278 kg	0 kg	0,278 kg	0 kg	0 kg			
OTROS	-	0,08%	4,668 m3	0,004 m3	-	-	-	kg	-	kg	-	kg	
TOTAL	-	100%	-	-	4,668	-	-	-	3,845 kg	13,856 kg	10,135 kg	7,459 kg	0,107 kg

Fuente: Por los autores

1. Valores tomados de (gas Natural fenosa).
2. Valores tomados de (AIR LIQUIDE)

Según la tabla 26, se puede observar que el total la masa de gas natural de entrada es 3,845 kg y de oxígeno es 13,856 kg, lo cual suma 17,701 kg de masa de entrada. El dióxido de carbono de salida tiene una masa total de 10,135 kg, el agua de salida tiene una masa de 7,459 kg y el óxido de nitrógeno 0,0107 kg, lo cual suma una masa total de salida de 17,701 kg. De ésta manera se concluye que el proceso de combustión está balanceado y que con 3,845 kg de gas natural se producen 10,135 kg de CO₂ y 0,107 kg de óxido de nitrógeno.

6.6.4.2. Balance de materia y energía de las calderas de producción vapor (baños turcos)

Como los dos vaporizadores (calderas de producción de vapor) tienen la misma referencia y características de operación, se realizó el balance de energía solamente para uno de ellos. Se obtuvieron los siguientes datos sobre el funcionamiento de los vaporizadores de los baños turcos:

1. Consumo de agua: 9 Litros/hora
2. Calor latente de evaporación: 2257 kJ/kg (Tipler & Mosca, 2003)
3. Consumo de gas del vaporizador: 1,8056 m³/hora (Muestreo Sistema térmico Numeral 6.6.1.3.)

Teniendo en cuenta que el poder calorífico del gas que llega a la universidad es de 1145 BTU/pie³ (42661,492kJoules/m³) el balance de energía queda como sigue:

1. Energía de entrada (gas consumido): $Energía\ de\ entrada = 1,8056 \frac{m^3\ gas}{hora} * \frac{42661,492\ k\ Joules}{m^3\ gas}$

$$Energía\ de\ entrada = \frac{77029,6856\ k\ Joules}{hora}$$

2. Energía absorbida por el agua (calor absorbido): $Calor\ absorbido = m * Cp * \Delta T + mLv$

Calor absorbido

$$= \left(\frac{9\ Litros}{hora} * \frac{0,001\ m^3}{Litros} * \frac{1000\ kg}{m^3} \right) * \frac{4,189\ kJ}{K * Kg} * (373,15\ K - 288,85\ K) \\ + \left(\frac{9\ Litros}{hora} * \frac{0,001\ m^3}{Litros} * \frac{1000\ kg}{m^3} \right) * 2257\ kJ/kg$$

$$Calor\ absorbido = 3178,1943\ kJ/hora + 20313\ kJ/hora$$

$$Calor\ absorbido = 23491,1943\ kJ/hora$$

3. Eficiencia de las calderas de producción de vapor (baños turcos):

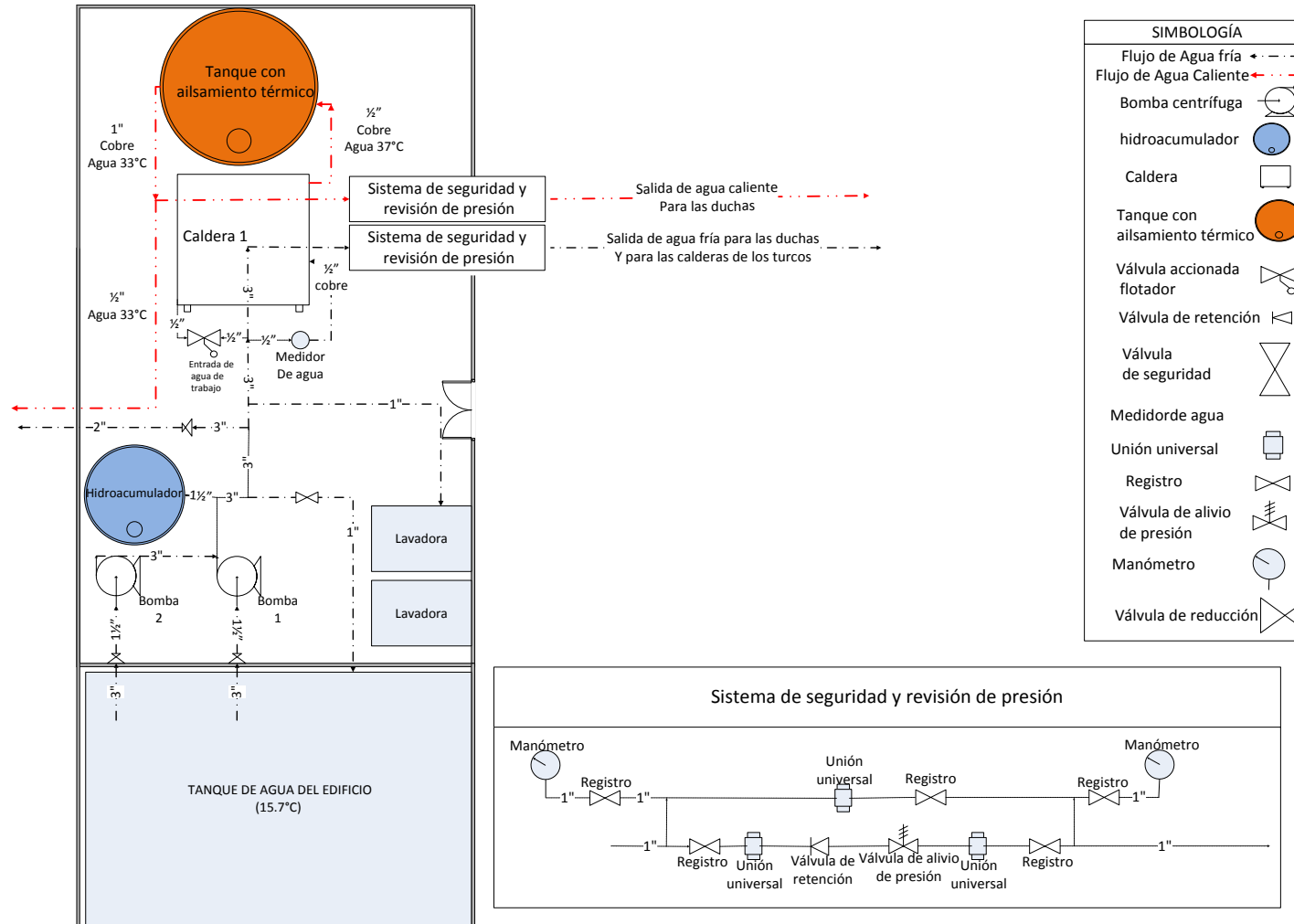
$$Eficiencia = \frac{Energía\ útil}{Energía\ de\ entrada} * 100$$

$$Eficiencia = \frac{Energía\ Absorbida\ por\ el\ agua}{Energía\ liberada\ por\ la\ combustión\ del\ gas} * 100$$

$$Eficiencia = \frac{23491,1943\ kJ/hora}{77029,6856\ kJ/h}$$

$$Eficiencia = 30,49\%$$

Gráfica 37. Distribución de planta del sistema de calentamiento de agua



Fuente: Por los autores

6.7. Análisis de la distribución de planta del sistema de generación actual.

La gráfica 37 muestra un plano de la distribución de los equipos instalados actualmente en el cuarto de la caldera además del sistema de tuberías.

En el proceso de caracterización del sistema de obtención de energía térmica se realizó un estudio detallado de la tubería y la distribución de los equipos en el cuarto de la caldera, cuyo resultado se muestra en el Diagrama 5.

En un principio como se ve en el Diagrama 5, se toma el agua de un tanque subterráneo ubicado junto al cuarto de la caldera. Las bombas 1 y 2 trabajan alternadamente, impulsando el agua hacia el hidroacumulador hasta llegar a una presión que va entre los 40 y los 70 psi. Luego el agua se dirige hacia la caldera donde es calentada y posteriormente almacenada en el tanque con aislamiento térmico. La salida de la tubería de agua caliente hacia los baños tiene un sistema de seguridad y de revisión de presión en el que hay dos manómetros que miden la presión del sistema y una válvula de retención (Check) que evita el paso del agua en sentido contrario, es decir hacia el tanque de agua caliente. Esta precaución se tiene para evitar daños en el tanque o en la caldera por invertir el flujo del agua. También en éste punto hay una válvula de alivio que evita daños en las tuberías, permitiendo que un cilindro móvil se deslice hacia afuera aliviando la presión.

El cuarto de la caldera está ubicado en el sótano del edificio y desde allí se distribuye el agua a todo el sistema de tuberías del CJFD. Éste es un punto central entre las dos calderas de producción de vapor de los baños turcos, por lo cual es un buen sitio para distribuir el agua hacia éstos equipos. La tubería de agua fría (línea punteada negra) suple de agua tanto las duchas, como los baños, la cocina y el agua necesaria para las calderas de los baños turcos cuando éstos son solicitados. Por otro lado la tubería de agua caliente, solamente alimenta las duchas. La eficiencia del sistema se podría mejorar si se dirigiera el agua caliente también hacia los baños turcos, pues no sería necesario elevar la temperatura del agua desde 15,7 °C sino que se elevaría desde 36,6°C, hasta llegar al punto de ebullición para poder generar el vapor requerido.

6.8. Cálculo de la eficiencia actual del sistema térmico

La energía de entrada total del sistema incluye tanto la energía consumida por la caldera de agua caliente como por las dos calderas de producción de vapor. Por ello la eficiencia se calcula como sigue:

$$Eficiencia\ total = \frac{Energía\ útil\ total}{Energía\ de\ entrada\ total}$$

$$Eficiencia\ total = \frac{Energía\ aprovechada\ en\ la\ caldera + energía\ aprovechada\ en\ el\ vaporizador}{Energía\ del\ gas\ consumido\ en\ la\ caldera + energía\ en\ el\ vaporizador}$$

$$Eficiencia\ total = \frac{109349,656\text{kJ/h} + 23491,1943\text{kJ/h}}{199143,8446\text{kJ/h} + 77029,6856\text{kJ/h}}$$

$$Eficiencia\ total = \frac{132840,8503\ kJ/h}{276173,5302\ kJ/h}$$

$$Eficiencia\ total = 48,1\%$$

6.9. Resumen del consumo y requerimientos energéticos actuales

La tabla 27, muestra un resumen de los requerimientos calculados de energía térmica que tiene el edificio estudiado.

Tabla 27. Consumo de energía térmica

	C. Trucos (m ³ gas)	C. Caldera (m ³ gas)
Promedio por hora	1,8056 m ³ gas/hora	4,668 m ³ gas/hora
Total Semana observado	83,755 m ³ gas/semana	149,455 m ³ gas/semana
Aproximado por mes	335.02 m ³ gas/mes	597.82 m ³ gas/mes
Aproximado por año	2680,2 m ³ gas/año	4782,6 m ³ gas/año

Fuente: Por los autores

La tabla 28, muestra un resumen del consumo de energía eléctrica calculado del edificio.

Tabla 28. Consumo de energía eléctrica

Consumo de energía eléctrica	
Potencia activa mínima observada	19,8 kW
Potencia activa máxima observada	76,6 kW
Consumo estimado por semana	7314,802 kWh
Consumo estimado por año	234.073,658 kWh

Fuente: Por los autores

El consumo anual se halló multiplicando el consumo calculado por semana por las 32 semanas del año correspondientes a los 2 semestres académicos de la universidad, periodo durante el cual la universidad tiene la mayor concurrencia de estudiantes al CJFD (Ramírez Cuervo, 2012).

7. Marco Legal

7.1. Resolución 070 de 1998 (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1998)

Debido a que la propuesta que se va a presentar, es un proyecto de cogeneración y autogeneración, es necesario revisar la resolución 070 de 1998 de la CREG, para cumplir con los lineamientos establecidos en el reglamento de operación del sistema interconectado nacional (SIN). Éste reglamento regula la actividad de transmisión regional y/o distribución local de energía eléctrica, teniendo en cuenta su eficiencia y calidad. Adicionalmente, se establecen normas y criterios claros para realizar el diseño y ejecución de un plan de inversiones y conexiones al sistema, bajo criterios de calidad, confiabilidad y seguridad del servicio de energía eléctrica.

7.1.1. Criterios técnicos de diseño

Para planeación, desarrollo y ejecución de un proyecto, es necesario tener en cuenta los criterios técnicos de diseño que presenta la norma. En primer lugar se encuentran los referentes a la obra de infraestructura, luego las normas sobre la distorsión de las ondas (IEEE 519, 1992) (limitar efectos de los armónicos en la forma de las ondas de tensión y corriente, a los diferentes niveles de tensión nominal. Nivel I (tensión nominal menor a 1kV), Nivel II (tensión nominal entre 1 y 30kV), Nivel III (tensión nominal entre 30 y 62kV), Nivel IV (tensión nominal mayor a 62kV)). También se tienen criterios sobre los niveles de corriente de falla y sobre la compensación de consumos de energía reactiva, en donde se debe verificar que el equipo de control esté dimensionado de forma adecuada y no afecte el sistema de transmisión regional (STR) ni el sistema de distribución local (SDL) que administra el operador de red (OR).

7.1.2. Especificaciones de diseño

7.1.2.1. Especificaciones de los equipos, redes aéreas y subterráneas

Las especificaciones de los equipos y redes instaladas deben cumplir con la norma técnica colombiana emitida por las autoridades competentes. Los equipos deben operar dentro de la frecuencia y rango de tensión establecidos por el sistema interconectado nacional (SIN). Toda red debe cumplir con las normas que hayan adaptado los OR, siempre y cuando sean de conocimiento público y no contradigan la resolución 070 de la CREG.

7.1.3. Procedimiento para la conexión de generación

La norma establece que todo generador, planta menor, autogenerador o cogenerador que quiera modificar una conexión debe presentar ante el OR, la información dispuesta en la resolución 025 de la CREG. Adicionalmente si se quiere solicitar la aprobación de una conexión se debe anexar copia de las licencias, permisos y requisitos legales dependiendo del tipo de conexión que se quiera realizar.

7.1.4. Coordinación de protecciones

Es necesario contar con los equipos de protección adecuados para poder conducir e interrumpir las corrientes de falla que se puedan presentar. No se debe cambiar el ajuste de las protecciones

eléctricas o los valores de operación sin la autorización del OR. Para la protección de la unidad generadora, es necesario coordinar las políticas pertinentes con el OR.

Toda unidad generadora debe tener una protección que la desconecte de la red del OR.

7.1.5. Ejecución de las obras de conexión

En el numeral 4.4.4. de la norma, se establece que las obras de infraestructura que requiera el usuario deben ser realizadas bajo su propia responsabilidad, pero si éste quiere que el OR realice las obras, debe realizar previamente un contrato en el que se estipule el cronograma de ejecución del proyecto y los cargos correspondientes.

Es importante resaltar que las instalaciones internas son responsabilidad del usuario y deben cumplir con las condiciones técnicas necesarias para que no afecten el STR, el SDL ni a los demás usuarios.

7.1.6. Puesta en servicio

Previo a la puesta en servicio, el OR debe verificar que la acometida y en general todos los equipos que hagan parte de la conexión cumplan con las normas técnicas exigibles, y que la operación de éstos no deteriore la calidad de potencia de los demás usuarios. Adicionalmente el OR y el usuario deben coordinar la ejecución de dichas pruebas.

Una vez se pone en servicio el equipo generador se deben realizar pruebas específicas. En el caso de éste estudio, se debe aplicar la norma ASME PTC 23 para turbinas a gas. El plan de pruebas que se debe presentar ante el OR debe incluir como mínimo, el equipo a probar, fecha prevista para la prueba, pruebas a realizar, normas que rigen la prueba, tipos de prueba, procedimiento, formato, equipos e instrumentos y criterios de aceptación de la prueba.

7.1.6.1. Requisitos para la operación y puesta en servicio

Es importante resaltar que los elementos de la unidad generadora no deben producir sobrecargas. La entrada en operación, sincronización y el control de voltaje de la unidad generadora debe coordinarse con el centro de control correspondiente. A pesar de esto, la sincronización de la unidad es responsabilidad del operador.

Por otro lado la unidad generadora debe operar dentro del rango de frecuencia del SIN y no debe deformar las ondas de tensión y corriente del STR y/o SDL.

7.2. Análisis de los requerimientos legales

Debido a la falta de la explotación de nuevos tipos de tecnologías en Colombia, no se encuentran muchos requerimientos aún sobre este tema, sin embargo para evitar daños a los sistemas actuales, se busca mantener el sincronismo en los equipos. Por ello no se prohíbe el uso de nuevas tecnologías pero si se exige mantener normas técnicas para evitar daños o modificaciones en los parámetros de operación de la red.

7.2.3. Condiciones generales de la instalación de una unidad generadora

Los usuarios son responsables de los equipos instalados internamente y de las modificaciones que se realizan dentro de sus circuitos. Siempre se debe informar a los OR sobre los cambios y modificaciones en la red buscando que la instalación de sus equipos esté sincronizada con los parámetros de voltaje, la frecuencia y secuencia de fases de la red de manera que los equipos operen dentro de la frecuencia y rango de tensión establecidos por el sistema interconectado nacional (SIN) y así implementar la tecnología con la que se desea trabajar sin afectar a los demás usuarios.

Dentro de la información que el usuario debe entregar a la OR, el diseñador del proyecto debe presentar la información dispuesta en la resolución 025 de la CREG, la cual tiene parámetros específicos para la formulación de un proyecto dependiendo del tipo de conexión y tecnología de generación que la el usuario busca implementar en su instalación. Por otra parte se debe cumplir con las condiciones técnicas impuestas por la CREG de manera que no afecten la calidad de potencia del STR, el SDL ni a los demás usuarios.

Además de brindar las normas técnicas, la CREG se encarga de probar los equipos que el usuario desea aplicar en sus circuitos. Para la puesta en marcha se deben realizar diferentes pruebas dependiendo de la tecnología de generación que se desea aplicar. En el caso de las turbinas a gas la norma que regula las características de las pruebas a realizar, es la ASME PTC 23 en donde se busca evaluar la operación del sistema.

Por otro lado cualquier equipo de generación de energía eléctrica debe mantener sus niveles de distorsión de las ondas de corriente y tensión, por debajo de los valores permitidos en la norma (IEEE 519, 1992).

En cuanto a la instalación, se debe contar con los equipos de protección apropiados para poder conducir e interrumpir las corrientes de falla que se puedan presentar. No se debe cambiar el ajuste de las protecciones eléctricas o los valores de operación sin la autorización del OR, con quien además, se debe coordinar las políticas de protección de la unidad generadora.

Una de las limitantes más importantes a tener en cuenta en un proyecto de autogeneración, es que no se puede exportar energía eléctrica hacia la red. En caso de que así suceda, se generará una sanción sobre el autogenerador, ya que éste no tiene permiso de comercializar la energía generada, sino que debe utilizarla únicamente para suplir las necesidades de su propio sistema eléctrico. En el caso del CJFD, ésta limitación no aplica pues la autogeneración solamente se realizaría para un edificio de la universidad, y en caso de que se genere un exceso de energía, éste se transportaría a lo largo del circuito de la universidad, supliendo una parte de la energía de otro edificio del campus. La universidad es un usuario no regulado, y el consumo eléctrico de todos sus edificios hace parte de una misma cuenta, por lo tanto, la energía sobrante de la autogeneración no se estaría exportando a la red ni a otros usuarios, de manera que no se incurriría en una sanción, pues la electricidad generada sería consumida solamente por los edificios de la misma universidad.

7.3. Reglamentación ambiental

7.3.1. Sistema de gestión ambiental ISO 14001

A nivel internacional existen varias normas técnicas que ayudan a evaluar sistemas de gestión ambiental. Entre las de mayor importancia se encuentran los sistemas de gestión ambiental ISO 14001, los cuales se encargan de definir aspectos e impactos ambientales significativos para la institución o empresa que requiere certificación ambiental. Plantean adicionalmente objetivos para la mejora del desempeño ambiental, definiendo entonces políticas ambientales de la organización buscando generar mayor responsabilidad del hombre con el medio ambiente (ICONTEC INTERNACIONAL, 2011).

Dentro de esta norma técnica se encuentran diferentes enfoques para la mejora del medio ambiente. Entre estos enfoques se encuentran algunos que se relacionan directamente con este estudio al hablar sobre: la preocupación por las emisiones a la atmósfera, el uso adecuado de la energía y la energía emitida (calor, radiación, vibración).

Es por ello que la norma requiere de requisitos legales tanto nacionales como internacionales para la certificación que busca el instituto o entidad. Para ello es importante contar con objetivos, metas medibles y programas. Los programas de una organización basados en opciones tecnológicas deben contar con las mejores técnicas disponibles cuando el programa es económicamente viable y eficiente a nivel financiero. La posible implementación y operación de una nueva tecnología, se debe basar en los recursos que posee la organización, las funciones, las responsabilidades y la autoridad que controle el proyecto (ICONTEC INTERNACIONAL, 2004).

7.3.2. Contaminación auditiva (límites de ruido permitidos) (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007)

Existen normas que establecen límites en el nivel de ruido tanto en Colombia como a nivel internacional. Adicionalmente también se establece el tiempo máximo al que una persona puede someterse a un determinado nivel de ruido.

7.3.2.1. Límites de ruido permitidos por la reglamentación en Colombia

Las normas que regulan los niveles de ruido en Colombia son las resoluciones 9321 de 1983 expedida por el Ministerio de Salud y 1792 de 1990 expedida por el Ministerio de Salud y de Trabajo y Seguridad Social. Los valores máximos de exposición a un nivel determinado de ruido continuo se establecen en la tabla 29.

Tabla 29. Exposición al ruido máxima permitida en Colombia

Exposición Diaria (horas)	Nivel de Ruido dB(A)
8	90
7-6	92
5-4	95
3	97
2	100
1	102
1/2	105
1/4	110
1/8	115

Fuente: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007)

7.3.2.2. Límites de ruido permitidos por la reglamentación Internacional

A nivel internacional la ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ha establecido niveles de exposición que son resumidos en la tabla 30.

Tabla 30. Exposición al ruido máxima permitida a nivel internacional

Exposición Diaria (horas)	Nivel de Ruido dB(A)
24	80
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
1/2	97
1/4	100

Fuente: (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2007)

7.3.3. Protocolo de Kioto

Este protocolo es un tratado internacional que se inscribe dentro del Convenio Marco de la ONU buscando desde sus inicios la disminución de los gases de efecto de invernadero como lo son: CO₂, CH₄, N₂O, HCF, PFC y SF₆. Por esto los países que participan en este proyecto se encargan de aprobar y utilizar prácticas óptimas en materia de reducción de emisiones, utilizan estrategias para abordar problemas de las emisiones y cooperan para preparar a los efectos del cambio climático.

Este tratado obliga a los países desarrollados a presentar reducciones cuantificadas de emisiones de gases de efecto invernadero. Para el inicio de este proyecto se exigió una disminución del 5% de los gases de invernadero de cada país participante, teniendo en cuenta también las diferentes condiciones de cada nación.

Colombia es un país que cuenta con una posición diferente en la negociación del protocolo de Kioto en comparación con un país desarrollado. Por su parte se debe encargarse de apoyar el objetivo de la Convención, reafirmar el principio de responsabilidad común, y promover objetivos flexibles y de largo plazo de reducción de emisiones entre otros (Ministerio del Medio ambiental, 1998).

Perteneciendo a un protocolo internacional el país colombiano busca un fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional. La investigación, promoción y desarrollo del uso de nuevas formas renovables de energía, tecnologías, y medidas para limitar y reducir las emisiones de los gases de efecto son una parte importante del proceso de reducción del impacto ambiental planteado (Naciones Unidas, 1998).

7.3.4. Decreto No. 3683 de Diciembre 19 de 2003

Este documento tiene como objetivo reglamentar el uso racional y eficiente de la energía. Adicionalmente se menciona en el Artículo 9 la función que tiene el Ministerio de Minas y Energía, de impulsar los programas y proyectos sobre uso racional y eficiente de energía, cogeneración y fuentes no convencionales de energía.

El programa de uso Racional y eficiente de energía se encarga de entregar proyectos diseñados con respecto a aspectos sociales, culturales, ambientales, informativos, financieros y técnicos. Este

programa se encarga de fomentar la utilización de fuentes energéticas tanto convencionales como no convencionales (sistemas de cogeneración) bajo un uso racional y eficiente. Se encarga también de fomentar una cultura nacional de uso racional de la energía y generar beneficios y adecuada protección a los consumidores y usuarios. Adicionalmente el programa busca implementar tecnología para desarrollar procesos eficientes generando finalmente proyectos energéticos eficientes, económicos y de bajo impacto ambiental (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2003).

8. Análisis de la propuesta de cogeneración con microturbinas a gas

8.3. Modelos de microturbinas disponibles

Para definir la propuesta de instalación de la microturbina fue necesario realizar una revisión de los equipos de cogeneración de la empresa Supernova Energy Services, distribuidora exclusiva de microturbinas CAPSTONE en Colombia. Existen muchos tipos de microturbinas ofrecidas en el mercado por la empresa CAPSTONE. La capacidad de generación va desde 30 kW en la microturbina más pequeña hasta 1000 kW en las más grandes. En la tabla 31, se resumen las características principales de todas las referencias de microturbinas ofrecidas por CAPSTONE.

Tabla 31. Características de las microturbinas disponibles

Modelo	Combustible	Potencia Eléctrica ⁽¹⁾	Eficiencia Eléctrica	Caudal Gases de Escape		Temperatura Salida Gases		Rendimiento Térmico Neto		Dimension ⁽²⁾ (Ancho x Profundo x Alto)	
		kW	%	kg/s	lbm/s	C°	F°	MJ/kWh	btu/kWh	m	in
COMBUSTIBLES GASEOSOS ⁽³⁾											
C30 LP	NG	28	25	0.31	0.69	275	530	13.8	13,100	0.76 x 1.5 x 1.8	30 x 60 x 70
C30 HP	NG, P, LG, DG	30	26	0.31	0.69	275	530	13.8	13,100	0.76 x 1.5 x 1.8	30 x 60 x 70
C30 HZLC ⁽⁴⁾	NG	30	26	0.32	0.70	275	530	13.8	13,100	0.87 x 2.9 x 2.2	34 x 112 x 85
C65	NG, P	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 1.9 x 1.9	30 x 77 x 76
C65 ICHP	NG, P, LG, DG	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.2 x 2.4	30 x 87 x 93
C65 CARB	NG	65	28	0.51	1.13	311	592	12.9	12,200	0.76 x 2.2 x 2.6	30 x 87 x 103
C65 CARB	LG, DG	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.2 x 2.6	30 x 87 x 103
C65 HZLC ⁽⁴⁾	NG	65	28	0.50	1.09	325	617	12.9	12,200	0.87 x 3.2 x 2.3	35 x 128 x 90
C200 LP	NG	190	31	1.3	2.9	280	535	11.6	11,000	1.7 x 3.7 x 2.5	67 x 150 x 98
C200 HP	NG, P, LG, DG	200	33	1.3	2.9	280	535	10.9	10,300	1.7 x 3.7 x 2.5	67 x 150 x 98
C200 HZLC ⁽⁴⁾	NG	200	33	1.3	2.9	280	535	10.9	10,300	1.7 x 3.1 x 2.9	66 x 122 x 114
C600 LP	NG	570	31	4.0	8.8	280	535	11.6	11,000	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C600 HP	NG, P, LG, DG	600	33	4.0	8.8	280	535	10.9	10,300	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C800 LP	NG	760	31	5.3	11.7	280	535	11.6	11,000	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C800 HP	NG, P, LG, DG	800	33	5.3	11.7	280	535	10.9	10,300	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C1000 LP	NG	950	31	6.7	14.7	280	535	11.6	11,000	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
C1000 HP	NG, P, LG, DG	1000	33	6.7	14.7	280	535	10.9	10,300	2.4 x 9.1 x 2.9	96 x 360 x 114
COMBUSTIBLES LÍQUIDOS ⁽⁵⁾											
C30	D, BD, A, K	29	25	0.31	0.69	275	530	14.4	13,700	0.76 x 1.5 x 1.9	30 x 60 x 70
C65	D, BD, A, K	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.0 x 2.1	30 x 77 x 76
C65 ICHP	D, BD, A, K	65	29	0.49	1.08	309	588	12.4	11,800	0.76 x 2.2 x 2.4	30 x 87 x 93
C200	D, A, K	200	33	1.3	2.9	280	535	10.9	10,300	1.7 x 3.7 x 2.5	67 x 150 x 98

1. Rendimiento nominal de plena potencia en condiciones ISO: 59 °F, 14,696 psia, 60% RH
2. Las medidas de alturas son a la línea del techo de la unidad. Salida de escape de gases puede llegar hasta 7 pulgadas (17,8 centímetros) por encima de la línea del techo de la unidad.
3. Modelos disponibles que operan con distintos combustibles: NG - Gas Natural; P-Propano; LG – Biogás de rellenos Sanitarios; DG – Biogás de Digestores
4. Las unidades Hazardous locations son adecuadas para uso en atmósferas potencialmente explosivas (UL Clase I, División 2 o Atex Clase I Zona 2)
5. Modelos disponibles que operan con distintos combustibles; D – Diesel; BD – Biodiesel; A–Turbosina/JP1; K – Keroseno

*Las especificaciones no están garantizadas y están sujetos a cambio sin previo aviso.

Fuente: (Capstone Microturbine Corporation)

8.3.1. Selección de alternativas

8.3.1.1. Selección de la microturbina por potencia nominal y tipo de combustible

Teniendo en cuenta la información de los consumos del sistema actual del CJFD se dimensionó la microturbina más adecuada en éste caso. Por esto se presenta en la tabla 32, un resumen de la información relevante sobre la potencia activa observada del edificio y el tipo de combustible disponible.

Tabla 32. Resumen de requerimientos energéticos del CJFD

Potencia mínima observada	Potencia máxima observada	Combustible disponible	Presión de entrada del gas
19,8 kW	76,6 kW	Gas Natural	10 psi

Fuente: Por los autores

Según éstos datos no valdría la pena instalar una microturbina que superara los 80 kW de potencia nominal, lo cual indica que para las dimensiones de éste proyecto solamente se tendrían en cuenta los modelos C65 y C30.

Adicionalmente, teniendo en cuenta que el combustible disponible para el edificio es el Gas Natural que llega a una presión de 10 psi, las microturbinas deben trabajar con valores de presión baja (Low Pressure Natural Gas - LPNG). Por otro lado, analizando la curva de potencia, si se escoge el modelo C65 de 65 kW de potencia eléctrica generada, la mayor parte del tiempo la energía producida va a sobrepasar la demanda del edificio, desperdiciando la energía eléctrica generada.

8.3.1.2. Selección del combustible para la microturbina

Para la selección de la microturbina, se realizó un análisis de los posibles combustibles que se pueden utilizar para las diferentes referencias y su costo por hora de funcionamiento. Para analizar los combustibles gaseosos se tuvo en cuenta que la presión de entrada del gas natural que llega al CJFD es de 10 psi, lo cual es considerado un valor de presión baja de gas natural.

La microturbina C30 tiene varias referencias que varían dependiendo del tipo de combustible que utilizan. Entre los combustibles gaseosos se encuentran el Gas Natural, Propano, Biogás de Relleno Sanitario y Biogás de Digestor (ver tabla 31), sin embargo debido a que cerca de la universidad no existen rellenos sanitarios, ni biodigestores o distribuidores de propano, solamente se puede utilizar gas natural. Adicionalmente como éste llega a baja presión se analizaron únicamente las referencias de la microturbina C30 LPNG. Los combustibles líquidos que puede utilizar la microturbina son el Diesel, Bio-Diesel, Queroseno y la Turbosina/JP1, sin embargo éste último no se analizó debido a su baja disponibilidad comercial en Colombia (ACIEM).

Para conocer el combustible óptimo, el rendimiento térmico neto de la microturbina para combustibles líquidos (13700BTU/kWh o 14454,27 KJoules/kWh) se obtuvo de la tabla 31, lo cual al ser multiplicado por la potencia nominal (29 kW) da como resultado el requerimiento de energía por hora proveniente del combustible de la microturbina (energía del flujo de combustible). Este resultado se divide entre el poder calorífico de los diferentes tipos de combustibles en KJ/m³ para

hallar el consumo en m³/h de cada tipo de combustible. Teniendo en cuenta también el costo por metro cúbico de cada combustible se encontró el costo por hora de utilizar la microturbina con cada una de ellos. Los resultados de éste análisis se muestran en la tabla 33 y 34. El valor de la energía de flujo de combustible para la microturbina de combustibles gaseosos se tomó del observado en la tabla 40 del capítulo de reducción de potencia debido a la temperatura ambiental en el numeral 8.5.2.2.1., más adelante en éste mismo documento.

Tabla 33. Costo por combustible

MICROTURBINA COMBUSTIBLES LIQUIDOS			MICROTURBINA COMBUSTIBLES GASEOSOS		
Rendimiento térmico (BTU/kWh)	13.700,00	Energía flujo de combustible(BTU/h)	397.300,00	Energía flujo de combustible(BTU/h)	394.000,00
Rendimiento térmico (kJ/kWh)	14.454,27	Energía del flujo de combustible(kJ/h)	419.173,70	Energía flujo de combustible(kJ/h)	415.692,01
Potencia nominal (kW)	29,00				

Fuente: Por los autores

Tabla 34. Costo por combustible

Tipo de combustible	Poderes caloríficos	Consumo de combustible (m3)	Precios combustibles	\$/hora
	KJ/m ³	m ³ /h	\$/m ³	
DIESEL	38.462.864,40	0,0109	1791205,92	19.520,81
QUEROSENO	37.348.004,89	0,0112	1330868,42	14.936,94
BIODIESEL	35.118.259,46	0,0119	2136662,52	25.503,33
GAS NATURAL PUJ	42.661,49	9,7440	1035,78	10.092,60

Fuente: Por los autores

8.3.1.3. Microturbina escogida para el estudio

Debido a que la potencia requerida por el edificio tiene un valor mínimo de 20 kW, la microturbina C30 de CAPSTONE, que genera 30 KW nominales, cubriría de manera suficiente la potencia eléctrica mínima observada del edificio. Más adelante se evaluará la pertinencia del equipo en el caso del CJFD, realizando un análisis de los sistemas eléctrico y térmico, teniendo en cuenta los requerimientos energéticos actuales.

Entre las diferentes turbinas que se encuentran en el mercado se decidió el estudio de la C30, no solo por el consumo actual del edificio, sino también por el tipo de combustible (gas natural) que se esta utilizando para suplir la demanda del sistema térmico del centro deportivo. Como la presión de entrada del gas en el edificio es de 10 PSI (presión baja de gas natural), se escogió la alternativa C30 LP, que trabaja bajo ésta condición.

8.4. Posibles alternativas de solución para el aprovechamiento de la energía eléctrica generada por las microturbinas

Existen varias formas de conectar la microturbina al sistema eléctrico del edificio. Los requerimientos técnicos de la instalación varían dependiendo del tipo de conexión que se vaya a realizar, por lo cual es pertinente realizar un análisis previo de cada una, de manera que se elija con precisión la mejor opción para el CJFD teniendo en cuenta las condiciones actuales de funcionamiento del sistema eléctrico y térmico del edificio.

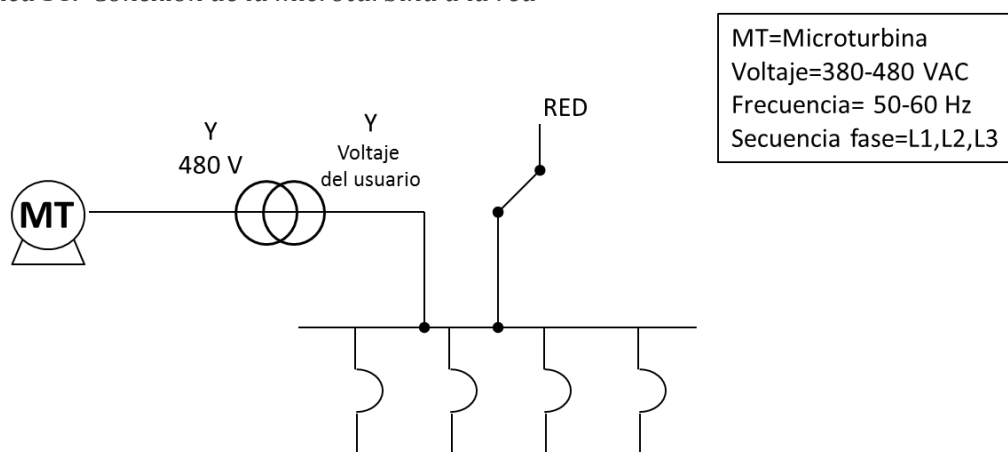
8.4.1. Tipos de conexiones eléctricas de la microturbina

A continuación se presentan los diferentes tipos de conexión de la microturbina y las características de cada uno.

8.4.1.1. Conexión a la red

La gráfica 38 representa el diagrama unifilar de una microturbina conectada a un edificio en conjunto con la red.

Gráfica 38. Conexión de la microturbina a la red



Sincronismo=Voltaje=Frecuencia=Secuencia con la RED

Fuente: Por los autores

En este tipo de conexión es importante mencionar los siguientes elementos y condiciones para que se pueda realizar exitosamente la conexión:

- Generador (Microturbina).
- Transformador (para el cambio de voltaje dependiendo del que necesita el usuario).
- Conexión a la RED eléctrica (OR's).
- Sincronismo del voltaje, frecuencia y secuencia de fase.

En éste modo de trabajo, el edificio está conectado normalmente a la red y adicionalmente a la microturbina. Antes de poner en marcha la microturbina, la red supliría la demanda total del edificio, de acuerdo con los parámetros de voltaje, frecuencia y secuencia de fase

establecidos. Una vez se inicia la microturbina, ésta reconoce los parámetros a los cuales la red está trabajando y sincroniza su sistema tomándola como referencia.

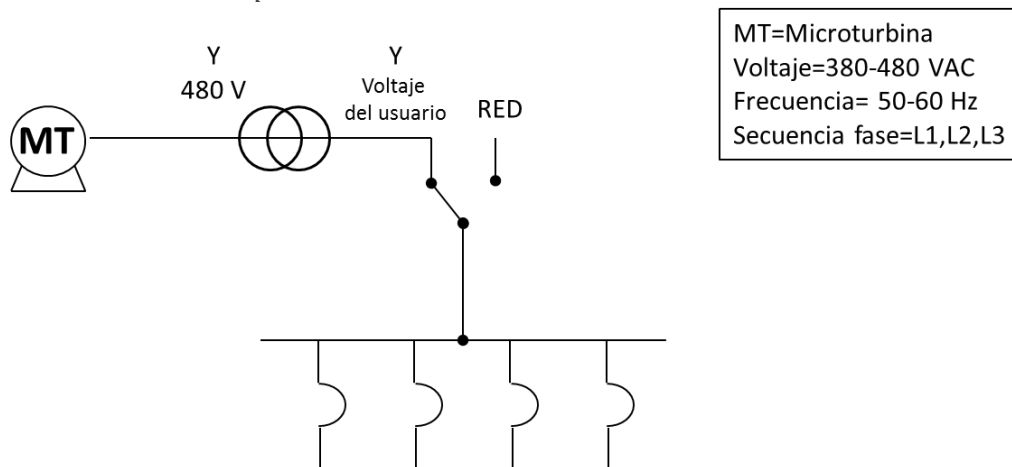
Es importante tener en cuenta que la microturbina C30 siempre genera energía a un voltaje que se encuentra entre 380 y 480 VAC. Si el voltaje entregado por la red al edificio es diferente a éste, es necesario instalar un transformador entre el circuito del edificio y la microturbina para que así se entregue la energía con la misma tensión.

Una vez sincronizada la microturbina, ésta empieza a generar energía eléctrica, lo cual disminuye la cantidad de energía que el edificio toma de la red. Si la red sufre un corte de energía, la microturbina pierde su referencia y se apaga inmediatamente.

8.4.1.2. *Conexión independiente*

La gráfica 39 representa el diagrama unifilar de una microturbina conectada a un edificio de manera que pueda suplir la demanda total de éste. Es importante mencionar que la energía eléctrica neta de salida para ésta conexión debe ser mayor que la demanda del edificio, pues de otra manera la microturbina se apagaría.

Gráfica 39. *Conexión independiente de la microturbina*



Sincronismo=Voltaje=Frecuencia=Secuencia con la RED

Fuente: Por los autores

En este tipo de conexión es importante mencionar los siguientes elementos y condiciones para que se pueda realizar exitosamente la conexión:

- Generador (Microturbina).
- Transformador (para el cambio de voltaje dependiendo del que necesita el usuario).
- Conexión a la RED eléctrica (OR's).
- Sincronismo del voltaje, frecuencia y secuencia de fase.

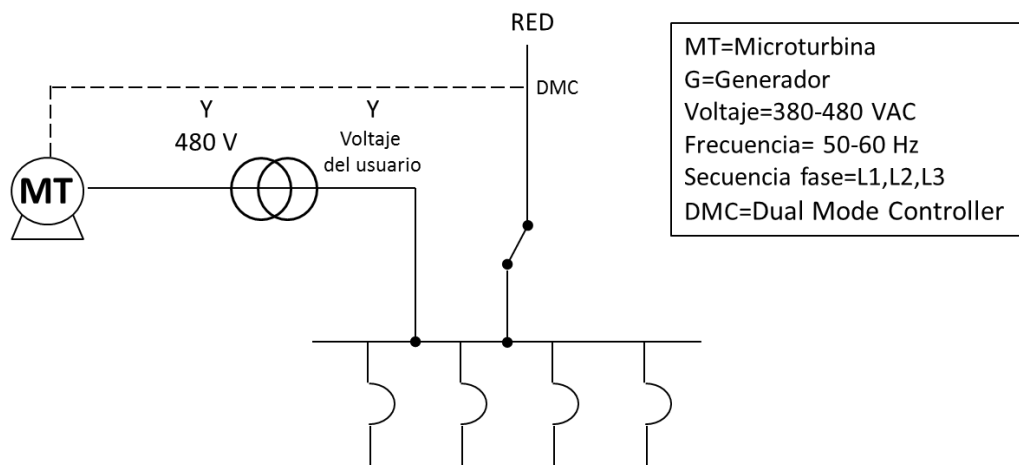
En el modo de conexión independiente, la microturbina supe la energía total del edificio, por lo cual éste no requiere estar conectado a la red. La microturbina trabaja de manera autónoma, sin ninguna referencia externa para la frecuencia o el voltaje.

La principal restricción de éste modo de trabajo, se refiere a la capacidad máxima de la microturbina, pues si la demanda del edificio llega a ser mayor que la energía generada por el equipo, éste se sobrecargará y se apagará para evitar daños en su sistema. Si ésta situación llega a darse, la única forma de suplir la demanda en modo independiente, sería adquirir otra microturbina que asuma la demanda adicional del edificio.

8.4.1.3. Conexión dual

La gráfica 40 representa el diagrama unifilar de una microturbina conectada a un edificio en modo dual, es decir que trabaja en conjunto con la red y puede trabajar sola en caso de que la red falle.

Gráfica 40. Conexión de la microturbina modo dual



Sincronismo=Voltaje=Frecuencia=Secuencia con la RED

Fuente: Por los autores

En este tipo de conexión es importante mencionar los siguientes elementos y condiciones para que se pueda realizar exitosamente la conexión:

- Generador (Microturbina).
- Transformador (para el cambio de voltaje dependiendo del que necesita el usuario).
- Conexión a la RED eléctrica (OR's).
- Sincronismo del voltaje, frecuencia y secuencia de fase.
- DMC (Dual Mode Controller)

El modo dual, alterna el modo de conexión a la red y el independiente, según las necesidades eléctricas que requiera el sistema del usuario. Principalmente éste sistema responde a los cortes de energía que se presenten en la red. Inicialmente el sistema trabaja del mismo modo en que se trabaja con el modo de conexión a la red, es decir la microturbina se sincroniza con

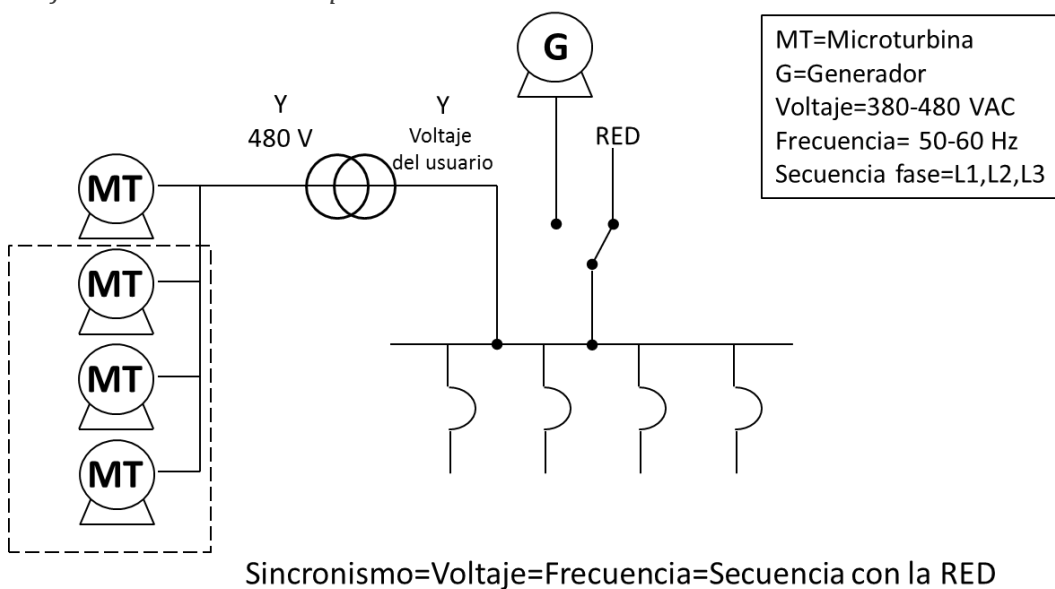
los parámetros de frecuencia, voltaje y secuencia de fase de la red, y genera energía eléctrica pero sin desconectar el edificio del suministro de la red. Cuando se presenta un corte de energía en la red, la microturbina también se apaga por unos instantes, y luego cambia al modo independiente, y suplir la energía demandada por el edificio.

Cuando la red restablece su servicio normal, un dispositivo DMC (Dual Mode Controller), verifica que el servicio se mantenga durante 5 minutos, y luego le da la orden a la microturbina de cambiar nuevamente al modo de conexión a la red. Para poder implementar éste modo de trabajo, es necesario que la microturbina tenga suficiente capacidad para trabajar en modo independiente, pues en caso de un corte de energía debe poder suplir toda la energía demandada del edificio.

8.4.1.4. Modo Multipac

La gráfica 41 representa el diagrama unifilar de varias microturbinas conectadas a un edificio en modo multipac.

Gráfica 41. Conexión Multipac de la microturbina



Fuente: Por los autores

En este tipo de conexión es importante mencionar los siguientes elementos y condiciones para que se pueda realizar exitosamente la conexión:

- Varios generadores (Microturbinas dependiendo del consumo del usuario).
- Transformador (para el cambio de voltaje dependiendo del que necesita el usuario).
- Conexión a la RED eléctrica (OR's).
- Sincronismo entre voltaje, frecuencia y secuencia de fase.

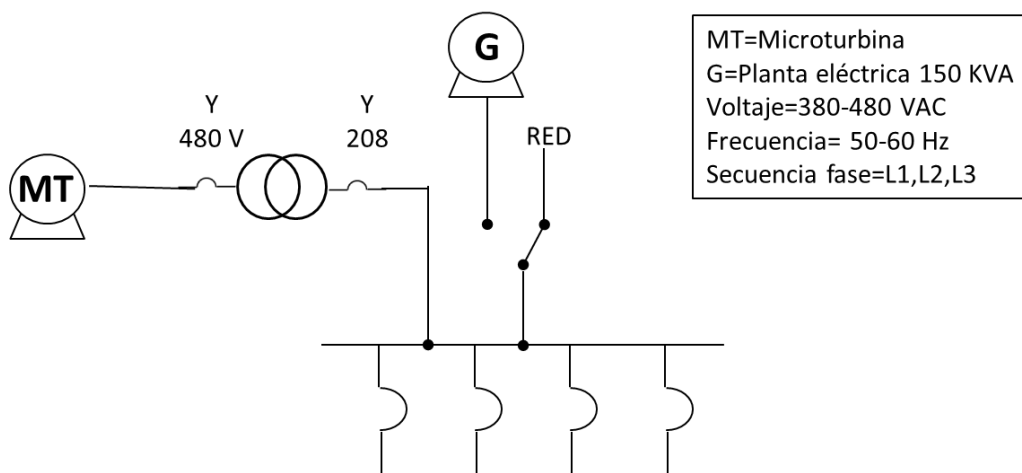
Si el usuario quiere suplir por completo su energía eléctrica a partir del uso de las microturbinas existe un tipo de instalación en la cual se montan varias en serie. De ésta manera se suplir la energía demandada del edificio, y si por alguna razón la energía consumida

aumenta, superando el límite de capacidad de una microturbina, la siguiente se enciende y ayuda a soportar la carga. Es importante dimensionar el transformador de voltaje de la instalación teniendo en cuenta el número de microturbinas a instalar y sus capacidades de generación, pues éste debe tener suficiente capacidad para soportar la carga que todas generen en conjunto.

8.4.2. Selección de la conexión eléctrica a utilizar en el CJFD

La gráfica 42 muestra el tipo de conexión entre la microturbina y edificio para el sistema propuesto.

Gráfica 42. Conexión propuesta de la microturbina para el CJFD



Sincronismo=Voltaje=Frecuencia=Secuencia con la RED

Fuente: Por los autores

Luego de analizar los principales tipos de conexiones eléctricas de la microturbina a gas y el sistema eléctrico del edificio del CJFD de la PUJ, y teniendo en cuenta también los requerimientos técnicos y ambientales de los equipos propuestos, se menciona a continuación los elementos y condiciones que se requieren para obtener una conexión eléctrica óptima:

- Generador (Microturbina C30 HPNG).
- Transformador Y - Y trifásico seco (480V-208V).
- Conexión a la RED eléctrica (Distribuidora y comercializadora de energía eléctrica-EMGESA).
- Gabinete de protecciones (tablero de protecciones)
- Generador alterno (Planta eléctrica)
- Sincronismo del voltaje (480V-2018V), frecuencia (50-60Hz) y secuencia de fase (L1, L2, L3, Neutro y tierra).

Este modo de conexión es muy parecido al de conexión a la red, pues el edificio está conectado a la red y al mismo tiempo a la microturbina. De esta forma la red suplir la demanda total del edificio de acuerdo con los parámetros de voltaje, frecuencia y secuencia de fase establecidos para luego poner en funcionamiento a la microturbina, la cual reconoce los parámetros que ya están establecidos por la red de tal manera que pueda trabajar en sincronía con ellos.

El transformador Y - Y trifásico, es indispensable en este sistema eléctrico pues se encarga de sincronizar la entrega de la energía eléctrica bajo la tensión que requiere el circuito del edificio. El transformador cambia el voltaje de salida de la microturbina (380 y 480 VAC) al que se necesita para suplir el centro deportivo (208 VAC).

Los gabinetes de protección son necesarios para proteger tanto la microturbina como el transformador de las posibles corrientes de falla a las que estos equipos pueden ser expuestos. Por lo tanto uno de los tableros debe ser ubicado entre la microturbina y el transformador y el otro entre el transformador y el circuito eléctrico del edificio. (Ver Gráfica 42)

Una vez sincronizados los parámetros entre la microturbina y el circuito del edificio, se inicia el proceso de generación de energía eléctrica, lo cual hace que se disminuya el consumo de energía tomada de la red eléctrica. Si la red sufre un corte de energía, la planta de soporte se enciende y la microturbina se sincroniza con los parámetros de funcionamiento de ésta. Para esto la microturbina debe apagarse primero, luego reconocer los valores de frecuencia, voltaje y secuencia de fase a los cuales trabaja la planta y finalmente iniciar el proceso de generación bajo éstos parámetros.

De ésta manera, la planta es capaz de satisfacer, en conjunto con la microturbina, las demandas eléctricas de los usuarios en el CJFD mientras se normaliza el sistema de conexión entre la red eléctrica y el edificio, obteniendo un ahorro por el combustible de la planta eléctrica que ya no tendría que generar la potencia que supliría la microturbina en éste caso.

Es importante recordar la microturbina C30LPNG produce 30kW nominales en condiciones ideales, lo cual representa la línea base del consumo eléctrico en todo el edificio. Así pues, la red eléctrica, o la planta de soporte (en caso de un corte de energía), se encargarían de completar la potencia eléctrica demandada por el edificio.

La potencia real generada por la microturbina debido a las condiciones ambientales de la ciudad de Bogotá D, C., será analizada posteriormente en el numeral 8.5.5.2., de éste documento.

8.5. Posibles alternativas de solución para el aprovechamiento de la energía térmica liberada por las microturbinas

8.5.1. Alternativas de aprovechamiento térmico

En el CJFD, el consumo de gas se representa principalmente en los consumos que tienen las calderas de agua caliente y los vaporizadores o calderas de producción de vapor, además del consumo que tiene la cafetería del edificio.

El calor útil de la microturbina proviene de sus gases de escape, lo cual hace imposible aprovechar ésta energía para cocinar o calentar alimentos ya que estos gases deben ser expulsados a razón de evitar acumulación en las tuberías del sistema y daños en los equipos que puedan poner en peligro las personas asistidas al centro deportivo.

Por ésta razón solamente se puede aprovechar la energía de los gases de escape para calentar el agua evitando que se acumulen los gases en el sistema. Por ello es necesario que se tenga un equipo en el que se pueda transferir la energía térmica de los gases de combustión hacia el agua, sin necesidad de interrumpir su flujo normal.

Para ello se formularon dos alternativas:

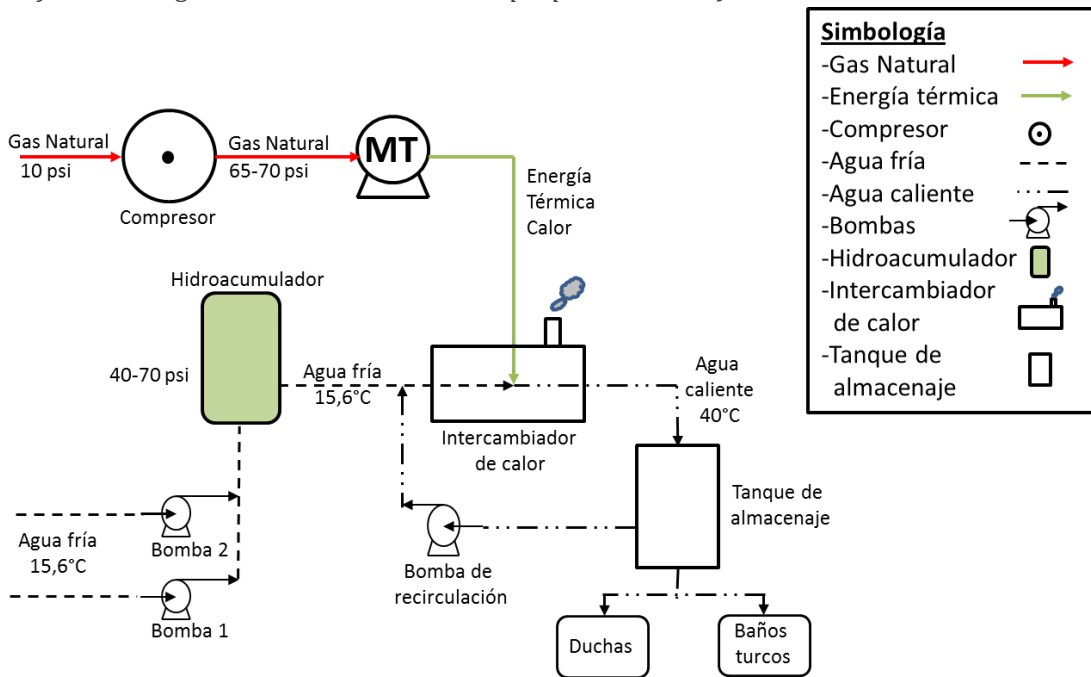
1. Conectar la microturbina a un intercambiador de calor que transfiera el calor de los gases de escape hacia el agua, para que ésta sea llevada al tanque que alimenta las duchas.
2. Conectar la microturbina a un intercambiador de calor que caliente el agua, para que ésta posteriormente sea transportada, no sólo hacia las duchas, sino también hacia los calderines de generación de vapor de los baños turcos.

8.5.2. elección de la alternativa de aprovechamiento térmico a utilizar en el CJFD

Se eligió la segunda alternativa de aprovechamiento térmico (conectar la microturbina al intercambiador de calor y distribuir el agua caliente entre las duchas y los vaporizadores de los baños turcos), pues ésta tendría una mayor eficiencia, ya que el agua llegaría con una mayor temperatura a los vaporizadores de los baños turcos, lo cual disminuiría la cantidad de energía necesaria para evaporar el agua requerida.

Además con ésta alternativa se integran los dos sistemas térmicos principales del centro deportivo (calentamiento de agua y producción de vapor), aumentando así la eficiencia energética total del edificio. El proceso propuesto del aprovechamiento de energía térmica se ve en la gráfica 43.

Gráfica 43. Diagrama del Sistema térmico propuesto en el CJFD



Fuente: Por los autores

Luego del análisis del sistema térmico actual del CJFD y las condiciones y requerimientos de la microturbina para su uso adecuado, es importante tener en cuenta los siguientes elementos y condiciones para aprovechar la energía térmica de las microtubinas:

- Microturbina C30LPNG
- Intercambiador de calor (para agua caliente).
- Hidroacumulador y bombas (para mantener la presión del agua en el sistema).
- Tanque (500 lts)
- Combustible de Gas Natural
- Tubería para gases de escape
- Tubería para agua caliente hacia los baños turcos.
- Compresor de gas natural

El agua que circula por el sistema, se encuentra a una presión entre 40 y 70 psi que es alcanzada gracias al sistema de bombeo del edificio, el cual por medio de 2 bombas y un tanque hidroacumulador, eleva la presión hasta dichos valores. En este punto, el agua que entra al sistema es bombeada hacia el hidrocumulador, el cual por medio de sensores de presión verifica que ésta no sea menor a 40 psi ni tampoco mayor a 70 psi. Si el sistema trabajara por debajo de 40 psi entonces el agua no llegaría a su destino con suficiente presión para ser utilizada por el usuario, y si fuera mayor a 70 psi se pondría en riesgo la seguridad del hidrocumulador, las tuberías y los demás equipos a través de los cuales pasaría el agua, sin mencionar a los usuarios, el personal de mantenimiento y las personas que trabajan en el edificio.

Debido a que la presión del Gas Natural en el edificio se encuentra a 10 psi, se considera de baja presión, por lo cual es necesario el uso de un compresor que se encarga de elevar esa presión a

valores entre 65 y 70 psi, que es la presión de entrada del gas que requiere la microturbina para que pueda operar correctamente dentro del sistema térmico. Luego de obtener la presión deseada, la microturbina se encarga de la combustión del Gas Natural, y de esta manera por medio de los gases de escape se brinda la energía térmica a los sistemas que la requieran dentro del edificio. Estos gases de escape son distribuidos hacia el intercambiador de calor, el cual se encarga de calentar el agua que se encuentra en circulación, desde una temperatura inicial de 15,7°C hasta 36,6°C aproximadamente.

Luego de calentar el agua en el intercambiador de calor hasta 36,6°C aproximadamente, el agua se dirige hacia el tanque donde es almacenada para en seguida distribuirse hacia las calderas de los baños turcos y hacia las duchas. De no ser demandada el agua caliente, ésta se dirige a ser calentada nuevamente, a través de una bomba de recirculación que hace que al alcanzar una temperatura menor a 30°C, el agua sea impulsada nuevamente a la tubería de entrada del intercambiador para poder así mantener la temperatura del agua entre 30 y 40°C.

8.6. Requerimientos técnicos

Como el sistema propuesto es un tipo de microgeneración, fue necesario analizar los requerimientos técnicos de la instalación de acuerdo al diseño de la conexión eléctrica y el aprovechamiento de energía térmica por separado.

8.6.1. Requerimientos de la instalación eléctrica de la microturbina

Para realizar la conexión de la microturbina según el tipo de conexión escogida, es necesario contar con los siguientes equipos:

- Transformador: Para conectar la microturbina al edificio del CJFD, es necesario conectar un transformador trifásico Y – Y, que convierta el voltaje de salida de la microturbina (480V) al voltaje requerido por el centro deportivo (208 V).
- 2 Tableros de protección: El tablero protecciones necesario para proteger la microturbina y el transformador. Uno de estos tableros sería ubicado entre la microturbina y el transformador y el otro entre este último y el circuito de la universidad.

8.6.2. Requerimientos técnicos del aprovechamiento de la energía térmica de la microturbina

El aprovechamiento del calor de los gases de combustión expulsados por la microturbina, está sujeto a la instalación de los siguientes equipos:

- Compresor: la microturbina requiere una presión de entrada de gas de 70 psi, por lo cual es necesario instalar un compresor que suba la presión del gas que llega al edificio, ya que ésta solamente alcanza una presión de 10psi.
- Intercambiador de calor: Es un equipo que permite transferir la energía térmica de los gases de combustión emitidos por la microturbina, hacia agua que se quiere calentar. Para tal propósito el intercambiador se debe ubicar de tal manera que los gases de

combustión de la microturbina sean dirigidos hacia su interior para que se pueda realizar la transferencia de energía, y luego sean liberados al ambiente.

8.7. Maquinaria y equipos necesarios para la instalación de la microturbina

De acuerdo con los requerimientos técnicos mencionados anteriormente se realizó una descripción detallada de los equipos requeridos para la propuesta de cogeneración a partir de microturbinas a gas.

8.7.1. Compresor de gas natural (si la microturbina no lo incluye)

Para el sistema térmico se requiere del compresor debido a la baja presión de entrada del gas con que cuenta el sistema actual, la microturbina LPNG incluye un compresor, pero si se quisiera adquirir una microturbina que no lo incluyera, sería necesario instalarlo para que la microturbina funcione adecuadamente.

Por medio de un motor el compresor se encarga de elevar la presión del gas natural, reduciendo su volumen. En el sistema térmico propuesto es necesario aumentar la presión del combustible actual (10 psi) hasta los valores de presión que requiere la microturbina (65-70 psi) para que ésta pueda operar normalmente. En un principio el compresor se conectaría al circuito del edificio, pero una vez puesta en marcha la microturbina, ésta se encargaría de energizar el equipo de compresión. En la tabla 35, se muestran los parámetros de funcionamiento del compresor.

Tabla 35. Características del compresor

Parámetro	Compresor 150 PSI
Tanque (galones)	35
Cabezote 6520	2 pistones
Motor WEG Brasileiro	1,5 HP

Fuente: Ver Anexo 11

Algunas microturbinas incluyen el compresor. Sin embargo se cotizó el costo del compresor aparte, en caso de que se adquiriera una microturbina que no lo incluya.

8.7.2. Microturbina Modelo C30 (Ver Anexo 7)

El modo de trabajo elegido para la microturbina es sincronizada con la red, y la presión de entrada es 10 psi (baja presión de gas natural - LPNG), el modelo de la microturbina elegido es el (30R-FG4-D000), que cumple con ambas condiciones.

8.7.2.1. Condiciones de funcionamiento

Las condiciones ambientales ideales para la instalación de una microturbina son: 0°C, 60% de humedad relativa, y una presión atmosférica de 101,3 k Pa (14,696 PSI, 1 atmósfera).

La eficiencia de la microturbina depende de la presión de entrada del gas. Actualmente el combustible llega a una presión de 10 PSI al edificio, lo cual corresponde a un valor de baja presión de entrada del gas natural, por lo tanto es necesario trabajar con una microturbina LPNG (Low

Pressure Natural Gas). La tabla 36, muestra datos de operación de la microturbina C30 LPNG de Capstone.

Tabla 36. Datos de operación de la microturbina C30

Rendimiento	Modelo C30 LPNG
Salida nominal	28,0 (+0/-1) kW
Eficiencia térmica	25,0 (±2)% LHV
Flujo de combustible (LHV)^{1,2}	404.000 kJ/hr (382.000 Btu/hr)
Flujo de combustible (LVV)^{1,2}	444,000 kJ/hr (420,000 Btu/hr)
Tasa de calor por kWh	14.400 kJ/kWhr (13.700 Btu/kWhr)
Temperatura de escape	275 °C (530 °F)
Energía calorífica de escape	327.000 kJ/hr (310.000 Btu/hr)
Flujo de masa de los gases de escape	0,31 kg/s (0,68 lbm/s)

1. Estos parámetros dependen del tipo de combustible.
2. Se supone una relación de 01:01 entre el Mayor valor calorífico (HHV) y el poder calorífico inferior (LHV).

Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

La microturbina C30 tiene las siguientes dimensiones (ver tabla 37).

Tabla 37. Dimensiones de la microturbina

	Modelo C30
Alto	1943 mm
Ancho	762 mm
Profundo	1516 mm
Peso	405 Kg (conectado a la red) 578 Kg (modo dual)

Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

8.7.2.1.1. Condiciones de operación

La microturbina debe trabajar entre los siguientes rangos de temperatura (ver tabla 38).

Tabla 38. Rango de temperatura de trabajo de la microturbina

	Modelo C30
Temperatura de operación	-20 a 50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 a 65°C

Nota: El sistema no se debe almacenar húmedo.

Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

Adicionalmente es importante mencionar que la microturbina funciona bajo los parámetros observados en la tabla 39.

Tabla 39. Parámetros de trabajo de la microturbina

Modelo C30 (LPNG)	
Potencia neta de salida (sin compresión del gas)	28/ (+0/-1) kW netos 28 kVA max a 480 VAC
Eficiencia eléctrica neta	25 (±2) %
Relación nominal de calor neto	14.400 kJ (13.700 Btu /kWh)
Rango nominal de voltaje de operación	400 a 480 VAC
Rango nominal de frecuencia de operación	50/60 Hz
Conexión de la salida del voltaje	3-fases, 3 o 4 hilos (la red debe ser neutra y estar conectada a tierra) Conexión tipo Y
Corriente de salida	46 Amperios RMS En estado estacionario
Distorsión armónica total	Obedece a la IEEE 519, 5%

Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

Microturbina C30



Fuente: Imagen tomada de(Vescovo, 2009)

8.7.2.2. Rendimiento eléctrico de la microturbina según las condiciones ambientales

Adicionalmente es necesario estimar la potencia real que se obtendría de la microturbina, de acuerdo a las condiciones en que ésta sería instalada.

8.7.2.2.1. Reducción de potencia debido a la temperatura ambiental

La temperatura ambiente de Bogotá oscila alrededor de los 15°C (59 F). Éste valor, según la tabla 40, no reduce la potencia neta de la microturbina (30kW), pero sí reduce su eficiencia eléctrica hasta un valor de 26,0%, sabiendo que el máximo valor de ésta es de 27,9% para el modelo C30 HP. Esto implicaría que para generar los mismos 30 KW eléctricos, se requeriría de mayor cantidad de energía de entrada, es decir de mayor cantidad de gas.

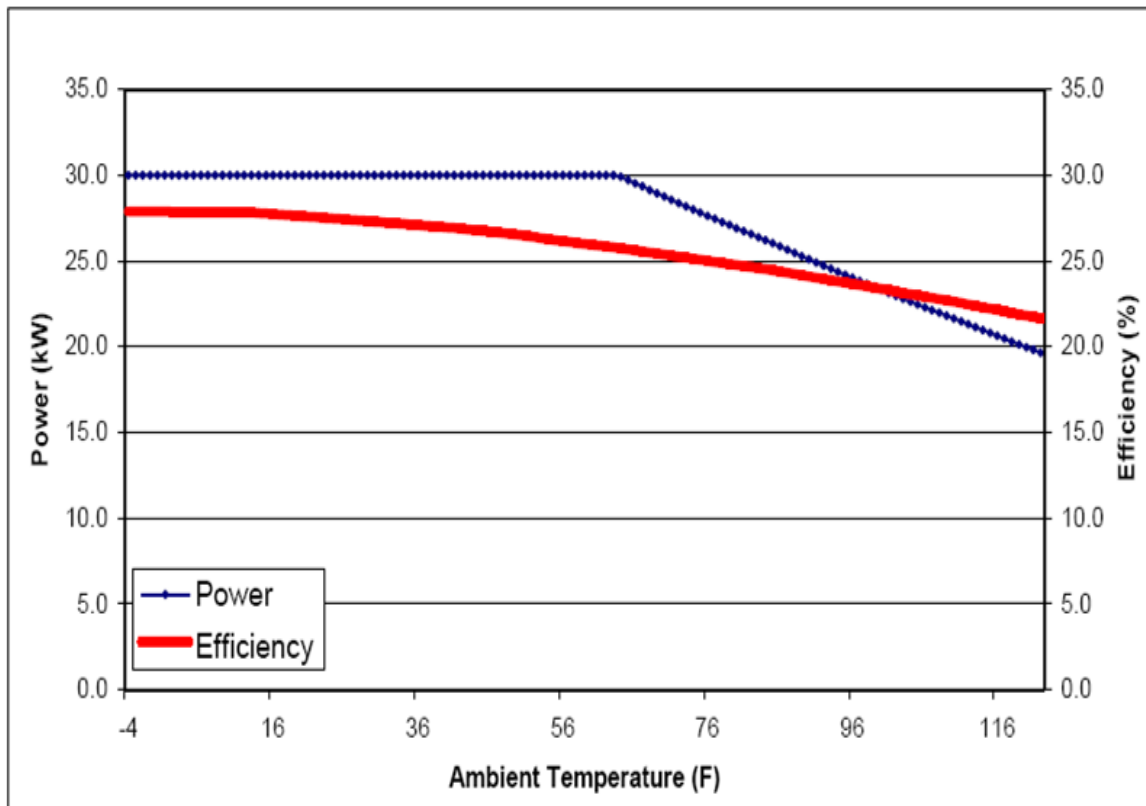
Tabla 40. Reducción de potencia debido a la temperatura ambiental

Ambient Temp (F)	Net Power (kW)	Net Efficiency (%)	Exhaust Temp (F)	Exhaust Mass Flow Rate (lbm/s)	Exhaust Energy (Btu/hr)	Fuel Flow Energy (Btu/hr LHV)	Heat Rate (Btu/kWhr LHV)
31	30.0	27.3	490	0.66	288000	375000	12500
32	30.0	27.2	492	0.66	289000	376000	12500
33	30.0	27.2	493	0.66	289000	376000	12500
34	30.0	27.2	494	0.66	290000	377000	12600
35	30.0	27.1	495	0.66	290000	377000	12600
36	30.0	27.1	497	0.66	291000	378000	12600
37	30.0	27.1	498	0.66	292000	378000	12600
38	30.0	27.0	499	0.66	292000	379000	12600
39	30.0	27.0	500	0.66	293000	379000	12600
40	30.0	27.0	502	0.66	293000	380000	12700
41	30.0	26.9	503	0.66	294000	380000	12700
42	30.0	26.9	504	0.67	295000	381000	12700
43	30.0	26.8	506	0.67	295000	381000	12700
44	30.0	26.8	507	0.67	296000	382000	12700
45	30.0	26.8	508	0.67	297000	383000	12800
46	30.0	26.7	510	0.67	297000	383000	12800
47	30.0	26.7	511	0.67	298000	384000	12800
48	30.0	26.6	512	0.67	299000	384000	12800
49	30.0	26.6	514	0.67	300000	385000	12800
50	30.0	26.5	515	0.67	301000	386000	12900
51	30.0	26.5	517	0.67	302000	387000	12900
52	30.0	26.4	518	0.68	303000	388000	12900
53	30.0	26.3	520	0.68	304000	389000	13000
54	30.0	26.3	521	0.68	305000	390000	13000
55	30.0	26.2	523	0.68	306000	390000	13000
56	30.0	26.2	524	0.68	307000	391000	13000
57	30.0	26.1	526	0.68	308000	392000	13100
58	30.0	26.1	527	0.68	309000	393000	13100
59	30.0	26.0	529	0.68	310000	394000	13100
60	30.0	25.9	530	0.68	311000	394000	13100
61	30.0	25.9	531	0.69	312000	395000	13200
62	30.0	25.8	533	0.69	313000	396000	13200
63	30.0	25.8	534	0.69	314000	397000	13200
64	29.9	25.7	535	0.69	314000	397000	13300
65	29.7	25.7	536	0.69	313000	395000	13300
66	29.5	25.6	536	0.68	312000	393000	13300
67	29.3	25.6	537	0.68	311000	392000	13300
68	29.1	25.5	537	0.68	310000	390000	13400
69	29.0	25.4	538	0.68	309000	388000	13400

Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

El comportamiento de la potencia neta nominal y de la eficiencia se observan en la gráfica 44. Se puede observar la eficiencia disminuye conforme la temperatura se eleva. La potencia neta nominal disminuye linealmente a partir de los 17,6 °C (64 F). Por ello para éste estudio es importante tener en cuenta que una vez la temperatura de Bogotá alcance o supere los 17,6°C, la potencia nominal de la microturbina va a disminuir.

Gráfica 44. Comportamiento de la potencia neta de salida y la eficiencia de la microturbina C30 con respecto a la temperatura



Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

8.7.2.2.2. Reducción de potencia debido a la presión ambiental

La potencia de salida de la microturbina es afectada por la presión del ambiente ya que la densidad del aire varía; si la presión es menor, el aire es menos denso, es decir existe menos oxígeno en el ambiente, lo cual hace que la combustión del equipo sea menos eficiente.

Como la instalación del sistema es evaluada en la ciudad de Bogotá, la cual tiene una presión ambiental de 10,64 PSI (menor que la presión al nivel del mar 14,696 PSI), se debe verificar la tabla 41, con el fin de establecer la potencia que realmente se genera.

En la tabla 41, se define la proporción de potencia (power ratio), como una fracción de la máxima potencia generada, la cual se obtiene al nivel del mar, a una presión de 14,696 PSI.

Tabla 41. Eficiencia eléctrica de la microturbina con respecto a la presión ambiental

Ambient Pressure (psia)	Power Ratio	Ambient Pressure (psia)	Power Ratio	Ambient Pressure (psia)	Power Ratio
14.696	1.000	12.135	0.826	9.948	0.677
14.590	0.993	12.044	0.820	9.870	0.672
14.485	0.986	11.954	0.813	9.794	0.666
14.380	0.978	11.864	0.807	9.717	0.661
14.276	0.971	11.775	0.801	9.641	0.656
14.172	0.964	11.686	0.795	9.566	0.651
14.069	0.957	11.598	0.789	9.491	0.646
13.967	0.950	11.511	0.783	9.417	0.641
13.865	0.943	11.424	0.777	9.343	0.636
13.764	0.937	11.338	0.771	9.270	0.631
13.664	0.930	11.252	0.766	9.197	0.626
13.564	0.923	11.166	0.760	9.124	0.621
13.464	0.916	11.081	0.754	9.052	0.616
13.366	0.909	10.997	0.748	8.981	0.611
13.268	0.903	10.913	0.743	8.910	0.606
13.170	0.896	10.830	0.737	8.839	0.601
13.073	0.890	10.747	0.731	8.769	0.597
12.977	0.883	10.665	0.726	8.699	0.592
12.881	0.876	10.583	0.720	8.630	0.587
12.786	0.870	10.502	0.715	8.561	0.583
12.691	0.864	10.421	0.709	8.492	0.578
12.597	0.857	10.341	0.704	8.424	0.573
12.503	0.851	10.261	0.698	8.357	0.569
12.410	0.844	10.182	0.693	8.290	0.564

Fuente: (CAPSTONE Turbine Corporation, 2006)

El valor de la presión de Bogotá no se encuentra en la tabla 41. Como la relación entre la presión y la proporción de potencia (power ratio) es lineal, se puede realizar una interpolación para encontrar la fracción de la potencia correspondiente a la presión atmosférica de Bogotá (10,64 PSI):

$$\frac{10,665PSI - 10,583PSI}{10,665PSI - 10,64PSI} = \frac{0,726 - 0,720}{0,726 - x}$$

De lo cual despegamos,

$$x = 0,7241$$

Éste valor corresponde entonces al porcentaje de la potencia máxima de la microturbina al cual trabajaría el equipo una vez instalado en Bogotá.

8.7.2.2.3. Cálculo de la potencia real generada

Para calcular la potencia real generada, es necesario tener en cuenta las condiciones de la potencia basada en la temperatura y la presión ambiental, además de las pérdidas causadas por

cargas parásitas (RFC). En éste caso las cargas parásitas son representadas por los equipos que requieren de la energía eléctrica producida por la microturbina. Como el compresor una vez puesta en marcha la microturbina, se conectaría directamente a la microturbina, éste representa una carga parásita.

Reducción de potencia por la altura (presión): 0,7241

Potencia basada en temperatura: 30 kW

RFC: 1,5 HP = 1,12 kW

$$Potencia\ esperada = (28\ kW * 0,7241) - 1,12\ kW = 19,1548\ kW$$

La potencia estimada para la instalación de una microturbina C30 en el Centro Javeriano de Formación Deportiva de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá, es de 20,723 kW.

8.7.2.3. Rendimiento térmico de la microturbina según las condiciones ambientales

Para analizar el rendimiento térmico de la microturbina es importante resaltar que a mayor temperatura ambiental, el consumo de combustible, en éste caso gas natural, tenderá a ser más grande, por lo cual producir un kWh va a requerir una mayor cantidad de energía térmica. En el caso del CJFD, como ya se había mencionado, la temperatura está alrededor de 15°C (59F), lo cual indica un consumo de energía de 13.100 Btu/kWh (ver tabla 40 numeral 8.6.4.2.1.).

8.7.3. Transformador eléctrico

Como la microturbina genera la energía eléctrica a un voltaje de 380 – 480 V es necesario llevar éste valor al que es utilizado en los circuitos del edificio actualmente, es decir a 208V. Para una microturbina C30, el transformador que se vaya a utilizar debe tener una potencia mínima de 45 KVA, de manera que soporte la carga generada. Adicionalmente es importante resaltar que el transformador debe tener una conexión Y – Y, debido a que tanto el edificio como la microturbina deben conectar sus tres fases a neutro y a tierra, lo cual se conoce como una conexión tipo Y. En la tabla 42 se presentan los parámetros de trabajo del transformador.

Tabla 42. Características técnicas del transformador

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO SECO Y-Y	
Potencia (KVA)	45
Voltaje de entrada (V)	208
Voltaje de salida (V)	480

Fuente: Ver Anexo 8

8.7.4. Tableros generales de acometidas

Acorde con el diagrama unifilar de la conexión propuesta (Diagrama 9), es necesario instalar dos tableros generales de acometidas que tengan protecciones tanto para la conexión entre el transformador y el circuito del edificio, como para la que existe entre la microturbina y el transformador. Los datos de operación de éstos tableros de protección se presentan en la tabla43.

Tabla 43. Características técnicas de los tableros generales de acometidas

EQUIPO DE PROTECCIÓN DEL TRANSFORMADOR Y-Y TRIFÁSICO SECO			
CANTIDADES	EQUIPO	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
1	Tablero general de acometidas	1400x1000x350mm	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Barraje 3F+N+T (acrílicos-aisladores y tornillos) • 1 breaker principal 250 AMP • 2 breaker ind.3*30 AMP • 3 breaker ind.3*40 AMP • 3 breaker ind.3*50 AMP • 2 breaker ind.3*60 AMP
1	Tablero general de acometidas regulado	500x400x250mm	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Barraje 3F+N+T • 1 breaker ind.3*40 AMP • 2 taco riel 1*30 AMP

Fuente: Ver Anexo 9

8.7.5. Intercambiador de calor para agua caliente

El intercambio de calor entre los gases de escape de la microturbina y el agua destinada para el servicio de agua caliente para las duchas se debe realizar con un intercambiador de calor. Las características técnicas de éste equipo se encuentran en la tabla 44.

Tabla 44. Características técnicas del intercambiador de calor

INTERCAMBIADOR DE CALOR			
EQUIPO	TIPO	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
Intercambiador de calor	Tubos para calentamiento de agua	160 cm x 70 cm x 60 cm Largo x ancho x alto	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo calibre 2" acero inoxidable 1 metro de longitud • Tubos soldados a las cámaras de combustión y transferencia fabricadas en lámina de acero inoxidable calibre 14 • Dos miples para entrada y salida de agua • Dos tubos con flanche para conexión a la chimenea • Patas al piso

Fuente: Ver Anexo 10

8.8. Diseño final del sistema propuesto

8.8.1. Tiempo propuesto de operación de la microturbina

Es importante resaltar que mantener la microturbina encendida durante el periodo del día en el que no hay usuarios dentro del edificio, sería un desperdicio de gas natural ya que el consumo de agua caliente y de vapor es prácticamente nulo, y por esto la energía térmica de la microturbina no se aprovecharía para calentar el agua.

Se planteó que la microturbina solamente se debe utilizar de 6:00 am a 10:00 pm entre semana, de 6:00 am a 6:00 pm el sábado y de 8:00 am hasta el medio día los domingos, pues en éstos horarios

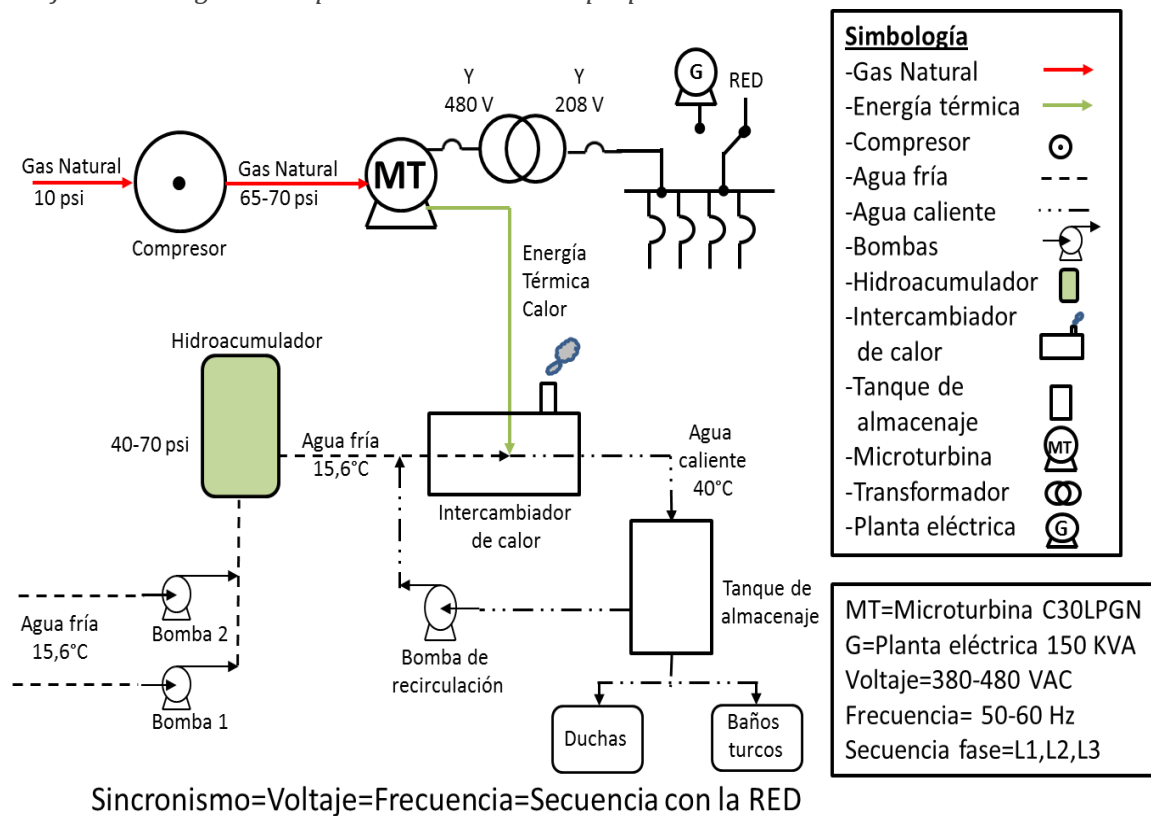
el centro deportivo presta sus servicios a los usuarios. De ésta manera se reduciría el desperdicio de energía térmica en los horarios en que no hay demanda de calor. Por ésta razón las horas de trabajo de la microturbina por semana son 96.

También para evitar el desperdicio de energía térmica, la microturbina solamente se pondría en marcha durante los periodos correspondientes a los dos semestres académicos del año (32 semanas al año), pues en los periodos de vacaciones, la cantidad de estudiantes que utiliza el CJFD se reduce (Ramírez Cuervo, 2012). De ésta manera las horas de trabajo por año son 3072.

8.8.2. Descripción del sistema propuesto

La gráfica 45 representa el sistema propuesto de cogeneración a través de la microturbina a gas en el edificio del CJFD.

Gráfica 45. Diagrama esquemático del sistema propuesto



Fuente: Por los autores

El sistema propuesto requiere de una conexión con la red, y una planta de soporte que en caso de falla eléctrica, supla la energía del CJFD. Debido a que La microturbina solamente se encarga de generar la potencia de la línea base del edificio, ésta debe trabajar en conjunto tanto con la red como con la planta, de manera que éstas últimas suplan la energía demandada restante.

Adicionalmente el diagrama12 hace referencia al sistema térmico en el cual es necesario instalar un compresor de gas natural que proporcione el combustible a la microturbina a una presión de

70psi. Los gases de combustión son liberados hacia el intercambiador de calor, que transfiere su energía térmica hacia el agua fría que viene impulsada por el sistema de bombeo del edificio. Luego de la transferencia de calor los gases de escape son evacuados, y el agua caliente se almacena en el tanque, desde donde se distribuye hacia las duchas y las calderas de los baños turcos. De ésta manera se genera parte de la energía eléctrica consumida por el centro deportivo y se mejora la eficiencia del sistema térmico ya que se reemplaza la caldera por el intercambiador de calor que además apoya el proceso de generación de vapor, elevando la temperatura del agua para que los vaporizadores disminuyan su consumo de combustible, ya que en el sistema actual el agua llega fría (15°C) a éstos equipos.

En el Diagrama 13 se definen los parámetros y se describe el funcionamiento del sistema propuesto mediante un diagrama de flujo.

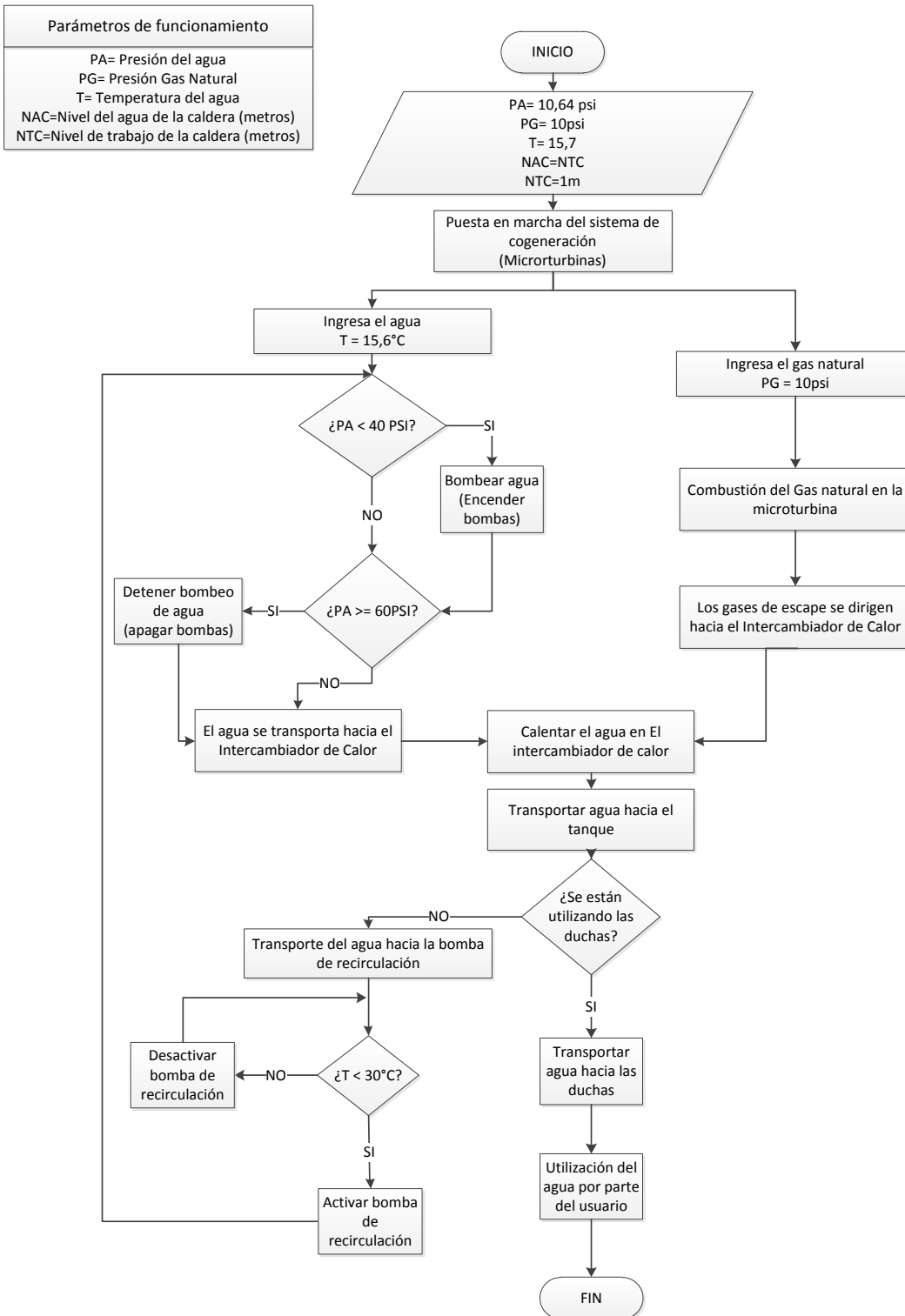
8.8.3. Diagrama de flujo del sistema propuesto (Ver gráfica 46)

El proceso descrito en el diagrama de flujo del sistema propuesto (gráfica 46) inicia cuando la Microturbina se pone en marcha y demanda combustible (gas natural) para la obtención de energía eléctrica. Como la microturbina requiere que el gas entre a una presión de 70 psi, es importante elevar la presión por medio de un compresor, pues éste llega al edificio a 10 psi. Luego de elevar la presión del gas de entrada, la microturbina puede iniciar el proceso de combustión donde se libera energía eléctrica junto con gases de escape. Éstos últimos son dirigidos directamente hacia el intercambiador de calor.

Antes de mencionar el proceso que realiza el intercambiador de calor es indispensable hablar sobre la obtención del agua (proceso muy parecido al sistema actual). El agua llega con una temperatura de 15.3 °C a las bombas, las cuales se encargan de impulsarla hacia el hidroacumulador. Dos sensores de presión regulan el accionamiento de las bombas. Una vez que la presión baja de 40 PSI las bombas se accionan para que el agua de las duchas salga con suficiente presión. Por seguridad, cuando el valor alcanza los 70 PSI se detienen de manera que no se generen daños en el hidroacumulador, el intercambiador de calor, los tanques o en las tuberías del sistema. El agua que viene del hidroacumulador a una temperatura de 15.7°C entra en el intercambiador de calor, en donde se encuentra con los gases de escape que provienen de la microturbina y se calienta hasta que llega a una temperatura de 40°C aproximadamente, para que luego fluya por la tubería hacia el tanque de 500 galones, desde donde es transportada hacia las duchas y las calderas de los baños turcos.

Cuando el sistema térmico no sea utilizado por los usuarios (baños turcos y duchas) el consumo del agua se detiene y por medio de una válvula los gases de escape son emitidos hacia el medio ambiente. Es decir, una válvula alternadora envía los gases de escape hacia el intercambiador de calor o hacia el medio ambiente según las necesidades del sistema. Si la temperatura del agua que se almacena en el tanque baja de 30°C, ésta será distribuida nuevamente hacia el intercambiador de calor a través de una bomba de recirculación. Los procesos de bombeo y recirculación del agua son los mismos que se realizan en el sistema térmico actual.

Gráfica 46. Diagrama de flujo del sistema propuesto



Fuente: Por los autores

8.8.4. Diagrama de bloques del sistema propuesto

El diagrama de bloques de la gráfica 47 representa el proceso de obtención de energía eléctrica y térmica a partir de la microturbina. Inicia con el proceso de compresión del gas natural y pasa por la combustión del gas en la microturbina, lo cual genera energía eléctrica y térmica aprovechable. Por otra parte los gases de escape se conducen hacia el intercambiador de calor donde se calienta el agua que llega del hidroacumulador.

Una vez se calienta el agua, ésta es transportada hacia el tanque a través de las tuberías del sistema. Si el agua se enfría en el tanque, se debe llevar nuevamente hacia el intercambiador de calor para que se caliente nuevamente por lo cual se tiene un sistema de recirculación accionado por una bomba, al igual que en el sistema actual.

Luego de ser acumulada en el tanque, el agua se distribuye hacia las duchas, de manera que si existe demanda de agua caliente por parte de los usuarios, ésta se pueda satisfacer a partir del agua almacenada en el tanque. Por otra parte también se distribuye hacia las calderas de los baños turcos, ya que si el agua llega caliente a estos equipos, se requeriría una menor cantidad de gas natural para evaporar el agua necesaria para prestar el servicio a los usuarios.

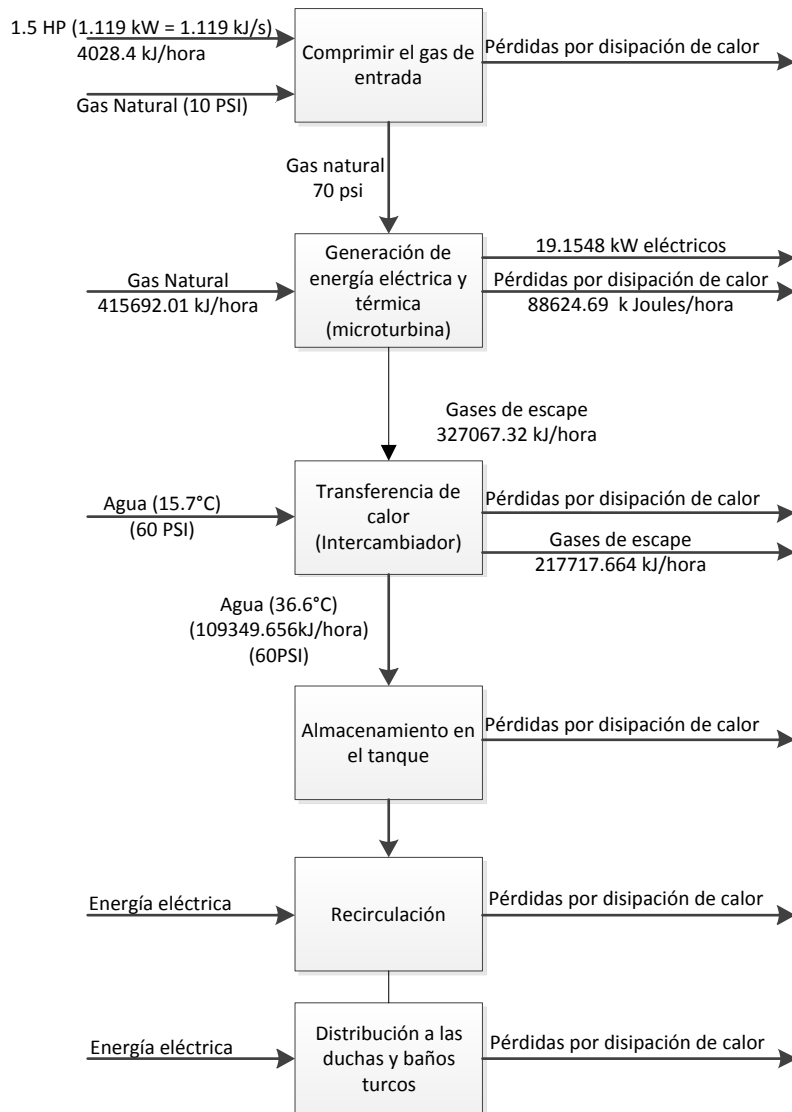
Para hallar los valores de entrada y salida de energía de cada una de las operaciones del diagrama de bloques fue necesario realizar una revisión de los parámetros de funcionamiento de cada uno de los equipos necesarios para el sistema propuesto.

En primer lugar se encuentra el compresor que tiene una potencia de 1,5 HP (1,12 kW =1.118,55J/s). También se revisó la energía de entrada de la microturbina, que en éste caso sería dada por el gas natural. Según la tabla 40, del capítulo de reducción de potencia de la microturbina debido a la temperatura ambiental (numeral 8.6.4.2.1), la energía de entrada del combustible, representada por la energía del flujo de combustible (fuel flow energy), es de 394.000 BTU/hora (415.692,01 kJ/hora). Por otro lado la energía de salida (Exhaust energy) es de 310.000 BTU/hora (327.067,32 kJ/hora). Ésta última es la energía que tienen los gases de escape que son conducidos hacia el intercambiador para calentar el agua.

Como se analizó en el balance de energía de la caldera numeral 6.6.4.1.2., el calor necesario para elevar la temperatura de 1,2550 metros cúbicos de agua (volumen de agua calentado por hora), desde 15,7 °C hasta 36,6°C es de 109.349,656kJ. Esta misma energía sería necesaria para calentar el agua en el sistema propuesto, suponiendo que la demanda de agua es muy similar a la evidenciada en éste estudio.

Una vez se obtuvieron los datos de entrada y salida de energía de cada una de las actividades del sistema (evidenciadas en el diagrama de bloques de la gráfica 47), se realizó el balance de materia y energía del sistema propuesto, lo cual se muestra en el numeral 8.7.6.1. Los datos obtenidos de éste balance de materia y energía se compararon con los datos actuales para realizar una evaluación financiera y ambiental del sistema propuesto (Ver capítulos 9 y 10).

Gráfica 47. Diagrama de bloques del sistema propuesto



Fuente: Por los autores

8.8.4.1. Balance de materia y energía del sistema propuesto

Como el compresor se conectará a la microturbina una vez esté en funcionamiento, no se realizó un balance de energía para éste equipo.

El balance de energía se hizo desde la generación de energía térmica y eléctrica por parte de la microturbina, es decir desde la segunda operación del diagrama de bloques del sistema propuesto mostrado en la gráfica 47.

8.8.4.1.1. Balance de energía de la microturbina

Los valores a continuación se encuentran en las tablas de referencia del equipo, en especial la tabla 40, del capítulo de reducción de potencia de la microturbina debido a la temperatura ambiental (numeral 8.6.4.2.1).

Es importante mencionar que los cálculos del balance de energía se realizaron con respecto a una hora de funcionamiento de la microturbina.

Energía de entrada: gas natural 394.000 BTU/hora (415.692,01 kJ/hora)

Energía de Salida: Gases de escape 310.000 BTU/hora (327.067,32 kJ/hora)

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas por disipación de calor} &= 415.692,01 \text{ kJ/hora} - 327.067,32 \text{ kJ/hora} \\ &= 88.624,69 \text{ kJ/hora} \end{aligned}$$

Por otra parte la microturbina también genera 19,1548 kW de potencia eléctrica. Si se multiplica éste valor por 1 hora, se obtienen 19,1548 kWh, es decir 68.957,28 kJ/hora.

8.8.4.1.2. Balance de materia de la microturbina

El gas consumido por la microturbina se calculó teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{gas consumido por la microturbina} = \frac{\text{Energía del flujo de combustible}}{\text{Poder calorífico del gas natural utilizado}}$$

La energía del flujo de combustible (Fuel flow energy), que representa la cantidad de energía que se la microturbina consume por hora, se halla en la tabla 40, en el capítulo de reducción de potencia debido a la temperatura ambiental (numeral 8.6.4.2.1). Se sabe entonces, que la energía proveniente del combustible que necesita la microturbina es de 394.000BTU/hora (415.692,01 kJ/hora). Por otra parte, se sabe que el gas natural entregado por la empresa FENOSA a la universidad tiene un poder calorífico de 1.145 BTU/pie³ (42.661,492 k Joules/m³). Por lo tanto el consumo teórico de gas natural de la microturbina se halla de la siguiente manera:

$$\text{gas consumido por la microturbina} = \frac{415692,01 \text{ kJ/hora}}{42661,492 \text{ kJ/m}^3}$$

$$\text{gas consumido por la microturbina} = 9,7439 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Entonces por año académico se consumiría 29.933,45 metros cúbicos. Teniendo en cuenta el tiempo de funcionamiento del sistema propuesto por año en el numeral 8.6.1.

El cálculo de la masa de entrada de gas natural y la de los de gases de escape de la microturbina se realizó de manera similar al realizado en el balance de materia de la caldera calculado en el numeral 6.6.4.1.3. La tabla 45 muestra los resultados de éste análisis.

Tabla 45. Resumen del balance de materia del gas natural consumido por la microturbina

Constituyente ^{e1}	Fórmula Química ^{a1}	Porcentaje por volumen ⁿ¹	Volumen del Gas Natural utilizado	Volumen por componente	Densidad por componente ²	masa por componente	Oxígeno requerido	CO2 Liberado por la combustión	Agua liberada por la combustión	Óxido de nitrógeno (NO) liberado	
Metano	CH4	81,86%	9,7439 m3	7,976 m3	0,68 Kg/m3	5,424 kg	21,696 kg	14,916 kg	12,204 kg	0 kg	
Etano	C2H6	11,61%	9,7439 m3	1,131 m3	1,28 Kg/m3	1,450 kg	5,414 kg	4,254 kg	2,611 kg	0 kg	
Propano	C3H8	1,92%	9,7439 m3	0,187 m3	1,91 Kg/m3	0,357 kg	1,299 kg	1,072 kg	0,585 kg	0 kg	
I-Butano	C4H10	0,23%	9,7439 m3	0,022 m3	2,51 Kg/m3	0,056 kg	0,202 kg	0,171 kg	0,087 kg	0 kg	
N-Butano	C4H10	0,22%	9,7439 m3	0,021 m3	2,52 Kg/m3	0,054 kg	0,194 kg	0,164 kg	0,084 kg	0 kg	
Nitrógeno	N2	0,90%	9,7439 m3	0,088 m3	1,18 Kg/m3	0,104 kg	0,119 kg	0 kg	0 kg	0,223 kg	
Dióxido de carbono	CO2	3,18%	9,7439 m3	0,310 m3	1,87 Kg/m3	0,579 kg	0 kg	0,579 kg	0 kg	0 kg	
OTROS	-	0,08%	9,7439 m3	0,008 m3	-	-	- kg	- kg	- kg	- kg	
TOTAL	-	100%	-	9,743	-	-	8,025 kg	28,924 kg	21,156 kg	15,57 kg	0,223 kg

Fuente: Por los autores

1. Valores tomados de (gas Natural fenosa).
2. Valores tomados de (AIR LIQUIDE)

Como se muestra la tabla 45 el consumo de gas es de 8,025 Kg que junto a la entrada de oxígeno (28,924 kg), suman 36,949 kg de entrada. Por otra parte el CO₂, agua y NO, producidos por la combustión suman en total 36,949 kg, lo cual indica que la entrada de masa y la salida están balanceadas. La combustión del gas natural por la microturbina genera 21,156 kg de CO₂ (dióxido de carbono) y 0,223 kg de NO (óxido de nitrógeno). Esto es 2,08 veces más CO₂ y NO de lo que emite la caldera. Esto se debe a que el consumo de gas natural de la microturbina es más grande que el de la caldera y por lo tanto emite mayor cantidad de gases contaminantes.

8.8.4.1.3. Balance de energía del intercambiador de calor

Los gases de escape de la microturbina son conducidos hasta el intercambiador por lo cual la energía de entrada del intercambiador es la misma energía de salida de la microturbina, asumiendo pérdidas por disipación de calor nulas. Por lo tanto el balance de energía queda así:

Energía de Salida: Gases de escape 310.000 BTU/hora (327.067,32 kJ/hora)

La energía que el agua absorbe para calentarse desde 15,7°C hasta 36,6°C, es la misma que se calculó en el balance de energía de la caldera (numeral 6.6.4.1.2.), es decir:

Energía absorbida por el agua: 109.349,656 kJ/hora

El resto de la energía se asume como pérdidas tanto por disipación de calor como por los gases de escape liberados al ambiente.

Pérdidas de energía: 217.717,664 kJ/hora

8.8.4.1.4. Balance de energía de las calderas de producción de vapor de los baños turcos propuesto

El balance de energía de las calderas de producción de vapor solamente se diferencia del evaluado en la situación actual (numeral 6.6.4.2.), en que ya no debe elevarse la temperatura del agua desde 15,7°C (288,85 K) sino desde 36,6°C (309,75 K). La entrada de combustible se calculó a partir de la eficiencia de las calderas de producción de vapor hallada en el numeral 6.6.4.2.

Energía absorbida por el agua (calor absorbido): $Calor\ absorbido = m * C_p * \Delta T + mLv$

Calor absorbido

$$= \left(\frac{9 \text{ Litros}}{\text{hora}} * \frac{0,001 \text{ m}^3}{\text{Litros}} * \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) * \frac{4,189 \text{ kJ}}{\text{K} * \text{Kg}} * (373,15 \text{ K} - 309,75 \text{ K})$$

$$+ \left(\frac{9 \text{ Litros}}{\text{hora}} * \frac{0,001 \text{ m}^3}{\text{Litros}} * \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) * 2257 \text{ kJ/kg}$$

$$Calor\ absorbido = 2390,2434 \text{ kJ/hora} + 20313 \text{ kJ/hora}$$

$$Calor\ absorbido = 22703,2434 \text{ kJ/hora}$$

Si se asume que la eficiencia de las calderas de producción de vapor permanece igual, es decir 30,59%, según lo calculado en el numeral 6.6.4.2., entonces la entrada de combustible se calcula de la siguiente manera.

$$Eficiencia = \frac{Energía\ útil}{Energía\ de\ entrada} * 100$$

$$0,3049 = \frac{22703.2434\ kJ/hora}{Energía\ de\ entrada}$$

$$Energía\ de\ entrada = \frac{22703,2434\ kJ/hora}{0,3056}$$

$$Energía\ de\ entrada = 74461,2771kJ/hora$$

Como $Energía\ de\ entrada = Gas\ consumido * Poder\ calorífico\ del\ gas\ consumido$

$$\frac{74461,2771kJ}{hora} = Gas\ consumido \left(\frac{m^3\ gas}{hora} \right) * \frac{42661,492\ k\ Joules}{m^3\ gas}$$

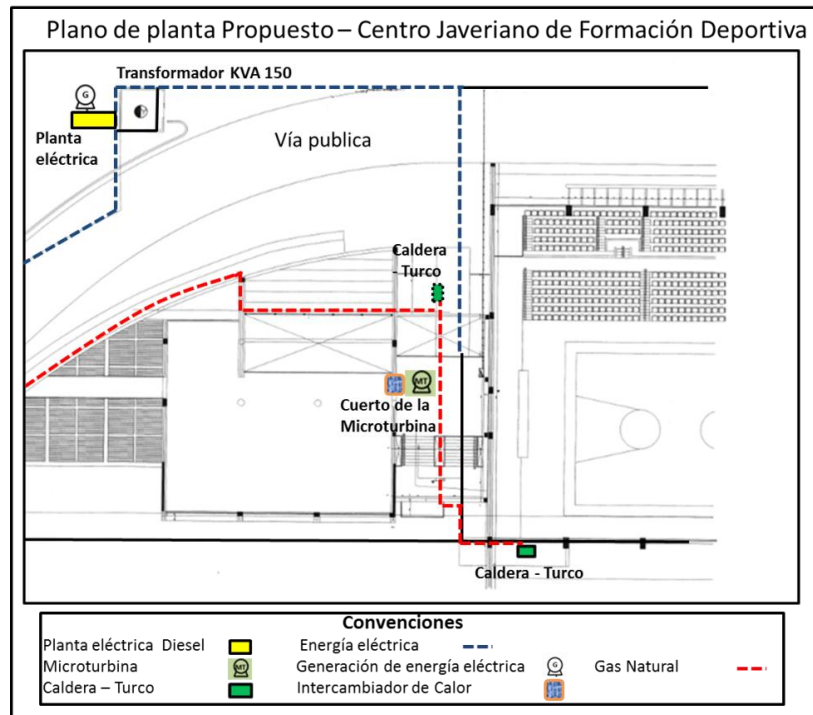
$$\frac{74461,2771kJ}{hora} \frac{1}{42661,492\ kJ} = Gas\ consumido \left(\frac{m^3\ gas}{hora} \right)$$

$$1,7453m^3\ gas/hora = Gas\ consumido$$

8.8.5. Diagrama de planta y equipos del sistema propuesto

En la gráfica 48 se muestra la ubicación de la microturbina y la distribución final del sistema propuesto.

Gráfica 48. Diagrama de planta y equipos propuesto



Fuente: Por los autores

Se propone ubicar la microturbina y el intercambiador, en el cuarto donde actualmente se encuentra la caldera, de manera que el agua se distribuya desde un punto central hacia las duchas, y las calderas de los baños turcos. Adicionalmente la acometida de gas ya ha sido instalada en éste cuarto, por lo cual la instalación solamente requeriría de adecuaciones del edificio, en cuanto a la generación eléctrica, es decir se requeriría de tubos por donde se puedan pasar los cables de cada una de las fases del equipo generador así como la conexión a neutro y tierra. El transformador de la microturbina (capacidad-45kVA) se instalaría en el mismo lugar donde se encuentra el transformador de 150 kVA. Se utilizaría la misma tubería instalada para la conexión entre el transformador actual y CJFD, para trazar la conexión entre la microturbina, su transformador y el circuito del edificio.

8.9. Cálculo de la eficiencia del sistema propuesto

A partir de los datos obtenidos en el balance de materia y energía del sistema (Numeral 8.7.6.1.) se calculó la eficiencia eléctrica y térmica de la microturbina, así como la eficiencia total teniendo en cuenta la energía liberada por la combustión del gas natural requerido y la energía aprovechada por la demanda estimada del edificio.

8.9.1. Cálculo de eficiencia eléctrica

La eficiencia eléctrica de la microturbina se obtiene dividiendo la energía eléctrica total de salida entre la energía de entrada, es decir la que se obtiene de la quema del combustible.

$$Eficiencia\ eléctrica = \frac{Energía\ eléctrica\ producida}{Energía\ total\ de\ entrada}$$

$$Eficiencia\ eléctrica = \frac{68957,28\ kJ/hora}{415692,01\ kJ/hora}$$

$$Eficiencia\ Eléctrica = 16,558\%$$

8.9.2. Cálculo de la eficiencia térmica

La eficiencia térmica de la microturbina es la energía aprovechada por el edificio entre la energía de entrada. La energía aprovechada no puede ser mayor que la demandada por el sistema actualmente ya que no se puede aumentar la demanda de utilización de las duchas ni los baños turcos.

$$Eficiencia\ Térmica = \frac{Energía\ térmica\ aprovechada}{Energía\ total\ de\ entrada}$$

$$Eficiencia\ Térmica = \frac{109349,656\ kJ/hora}{415692,01\ kJ/hora}$$

$$Eficiencia\ Térmica = 26,305\%$$

8.9.3. Cálculo de eficiencia total de la microturbina

La eficiencia total del sistema es la suma de la energía eléctrica y térmica aprovechada dividida entre la energía total de entrada.

$$Eficiencia\ Total = \frac{Energía\ eléctrica\ producida + Energía\ térmica\ aprovechada}{Energía\ total\ de\ entrada}$$

$$Eficiencia\ Total = \frac{68957,28\ kJ/hora + 109349,656\ kJ/hora}{415692,01\ kJ/hora}$$

$$Eficiencia\ Total = 42,894\%$$

9. Análisis financiero sistema actual y del sistema propuesto

En primer lugar se analizaron los costos del sistema actual para poder compararlos con los del sistema propuesto y evaluar cual alternativa es mejor.

9.1. Actividades de Mantenimiento actuales y costos asociados

En la tabla 46 se presenta un resumen de los costos del mantenimiento del sistema térmico actual.

Tabla 46. Mantenimientos a los equipos térmicos del CJFD

Actividades de Mantenimiento a los equipos térmicos del CJFD y costos asociados						
Equipo	Marca y Modelo	Tipo de mantenimiento	Descripción	Periodo o fecha	Precio Unitario	Costo anual
Caldera	Continental Confort WSF10-G	Preventivo	Se realizan controles de ajustes y calibración de los siguientes elementos: Boquillas, electrodos, válvulas y controles de seguridad que hacen parte de los equipos.	Cada 3 meses (4 mantenimientos al año)	\$ 285.000	\$ 1.140.000 ¹
Planta Eléctrica	JOHN DEERE TO 60 59 T 38 53 57	Preventivo	Revisión general del sistema eléctrico	Cada mes	\$90.000	\$ 1.080.000
Planta Eléctrica	JOHN DEERE TO 60 59 T 38 53 57	Preventivo	Cambio de aceite	Cada año	\$100.000	\$100.000
Bombas	Barnes 1515HHE-4	Correctivo	Se realiza el mantenimiento a las dos electrobombas por goteo de los sellos mecánicos (rodamientos, herm casquillo eje, tornillería y empaque bomba).	3 Marzo de 2010	\$ 812.000	-
Caldera de producción de vapor	Heating termo línea HG Y 90	Preventivo	Ajuste general de tortillería, limpieza general Exterior e Interior, deshollinada, ajuste y regulación del quemador, ajuste piezoeléctrico y regulación válvula de seguridad.	Cada 3 meses (4 mantenimientos al año)	\$60.000	\$ 240.000
Caldera de producción de vapor	Heating termo línea HG Y 90	Correctivo	Arreglo de la pantalla	13 Octubre de 2011	\$ 116.000	-
Caldera de producción de vapor	Heating termo línea HG Y 90	Correctivo	Se realiza el cambio de temporizador y reparación del calefactor	13 Octubre de 2011	\$ 116.000	-
Caldera de producción de vapor	Heating termo línea HG Y 90	Correctivo	Revisión y mantenimiento de 2 calefactores de patio, reubicación del encendido y sensores. Aislamiento de cables siliconados puesto a punto.	28 de Junio del 2010	\$232.000	-

Fuente: Por los autores

1. De los costos de mantenimiento el único costo que se evitaría con el sistema propuesto de cogeneración a partir de la microturbina a gas C30 es el costo de la caldera ya que sería remplazada.

9.2. Costo actual del sistema por consumo de energía eléctrica y térmica

El consumo de energía eléctrica y térmica actual y sus costos se resumen en las tablas 47 y 48.

Tabla 47. Consumo eléctrico actual

			Costo del kWh	Costo del consumo kWh
Consumo por semana	7314,802	kWh/semana	239,59	\$ 1'752.553,41
Consumo por año	234.073,658	kWh/año	239,59	\$ 56.081.707,72

Fuente: Por los autores

Tabla 48. Consumo actual aproximado de gas natural

	Consumo baños Turcos	Consumo Caldera	Consumo de total de gas (metros cúbicos)	Costo del gas consumido
Consumo por Semana Aprox. (m³ gas/semana)	83,755	149,455	233,21	\$ 232.743,58
Consumo por año Aprox. (m³ gas/año)	2680,16	4782,56	7462,72	\$ 7.447.794,56

Fuente: Por los autores

9.3. Costos de la instalación de microturbinas

Los costos de instalación del proyecto se tomaron como la suma de los costos de construcción de ductos y obras de infraestructura, los costos de los equipos necesarios y los costos de transporte de la microturbina hasta el lugar donde se realizaría la instalación.

9.3.1. Costos de construcción de ductos e infraestructura para la instalación

El costo total de la obra de infraestructura, incluyendo costo de ductos y tubería para cableado es de \$1'689.600. (Ver anexo 13).

9.3.1.1. Costos de los equipos

Tabla 49. Costo de los equipos requeridos para la instalación de la microturbina en el CJFD

Equipo	Descripción	Empresa	Valor unitario	
			Costo en dólares (USD)	Costo en pesos Colombianos (COP)
Microturbina (30R-FG4-D000) (Ver Anexo 7)	(2-10psi) conexión a la red Incluye Compresor de gas Natural interno	CAPSTONE	60.300,00	106'779.139,00 (1)
Transformador (Ver Anexo 8)	Trifásico seco con gabinete	PROTIND LTDA.	-	12'528.000
2 Tableros generales de acometidas (Ver Anexo 9)	Tablero general de acometidas Tablero general de acometidas regulado	PROTIND LTDA.	-	5'220.000
Intercambiador de calor (Ver Anexo 10)	Tipo tubo para calentamiento de agua	ABS INDUSTRIAL	-	9'628.000
Compresor (2) (Ver Anexo 11)	150 psi	TECNICOMPRESORES INDUSTRIALES		\$1'044.000
TOTAL				\$134'175.139,00

1. Tomando el TRM (\$1771,13/USD) del 21 de abril de 2012 (Portafolio).
2. El compresor fue cotizado en caso de adquirir una microturbina que no tenga éste equipo incluido, pero no se tuvo en cuenta en el costo total pues la microturbina cotizada ya lo incluye.

9.3.2. Costos de transporte de la microturbina (Ver Anexo 12)

La tabla 50 resume los costos de transporte de la microturbina que sería entregada en la fábrica de CAPSTONE en la ciudad de California Estados Unidos.

Tabla 50. Costo del transporte de la microturbina

Costo del transporte de la microturbina California, USA – PUJ, Bogotá, Colombia			
CONDICIONES DE TRANSPORTE	1 Pcs / 405 Kg	USD:	COP 1.771,13
	Dimensiones 2.00 X 1.70 X 1.00 metros		
	Peso Volumen 567 Kg		
	Precio de la Microturbina a gas:	USD 60.300,00	
	PRECIO USD	PRECIO COP	COMENTARIO
GASTOS USA			
Tarifa flete aéreo	USD 1.162,35	COP 2.058.672,96	(Usa-Bogotá)
Fuel surcharge	USD 28,35	COP 50.211,54	(Recargo por combustible)
Transferencia carga aerolínea	USD 124,74	COP 220.930,76	(Min USD 45,00)
Elaboración guía	USD 35,00	COP 61.989,55	
Manejos y coordinación carga	USD 55,00	COP 97.412,15	
Correo y comunicaciones	USD 40,00	COP 70.845,20	
Recogida carga	USD 205,00	COP 363.081,65	
GASTOS BOGOTA			
Liberación guía	USD 40,00	COP 70.845,20	
Radicación guía hija	USD 30,00	COP 53.133,90	
Traslado mercancía a zona aduanera	USD 45,36	COP 80.338,46	
Collection FEE	USD 20,00	COP 35.422,60	(Min USD 20,00)
Comunicaciones	USD 20,00	COP 35.422,60	
Gravamen de importación	USD 0,00	COP 0,00	0% del valor CIF
Iva de impuestos	USD 9.930,46	COP 17.588.128,54	16% del valor CIF
Comisión agente de aduana	USD 186,20	COP 329.777,41	0,3% del valor CIF. Min cop\$230.000.00
Gastos básicos		COP 130.000,00	
Declaración de importación		COP 55.000,00	
Declaración andina de valor		COP 55.000,00	
Pre inspección de la carga y toma serial		COP 60.000,00	
Bodegajes		COP 400.000,00	
Acarreo local área dentro de Bogotá		COP 130.000,00	
TOTAL		COP 21.946.212,50	

Fuente: Ver Anexo 12.

1. Tomando el TRM (\$1771,13/USD) del 21 de abril de 2012 (Portafolio).

9.3.3. Costo total de la instalación

Este costo corresponde a la suma de los costos de infraestructura, equipos requeridos y transporte, lo cual se representa en la tabla 51.

Tabla 51. Resumen de los costos totales de instalación de la propuesta

Costos	Precios
Costos de infraestructura	\$1'689.600,00
Costos de los equipos requeridos	\$134'262.574,00
Costos de transporte	\$21.932.740,13
TOTAL	\$157'810.951,50

Fuente: Por los autores

9.4. Análisis de los costos y beneficios de la propuesta

9.4.1. Costo del gas consumido por la microturbina

El consumo de gas natural de la microturbina es de 9,7439 metros cúbicos y por año académico se estimo en 29.933,45 metros cúbicos (ver balance de materia de la caldera numeral 8.6.4.1.2.), lo cual corresponde a un costo de \$31'004.474,47 por año.

9.4.2. Costo del kWh generado por la microturbina

La microturbina requiere de 9,7439 metros cúbicos por hora, con lo cual se producen 19,1548 kWh eléctricos. Como el costo del metro cúbico es de \$1035,78 el costo del kWh propuesto se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Costo del kWh microturbina} = \frac{\text{Consumo } m^3 \text{ gas/hora} * \text{costo del metro cúbico de gas}}{\text{energía eléctrica generada/hora}}$$

$$\text{Costo del kWh microturbina} = \frac{9,7439m^3 / \text{hora} * \$1035,78/m^3 \text{ gas}}{19,1548 \text{ kWh/hora}}$$

$$\text{Costo del kWh microturbina} = \$526,89/\text{kWh}$$

Este valor es 2,3 veces mas grande que el costo actual del kWh (\$239,59/kWh).

9.4.3. Costos de mantenimiento

El costo de mantenimiento se estima en USD 0.01/kWh nominal. Por lo cual para una microturbina C30 (de 30 kW de potencia nominal) que trabaje en el tiempo definido en el numeral 8.6.1., es decir 3.072 horas /año, el costo de mantenimiento es de:

$$\text{Costo del mantenimiento por año} = \text{USD} \frac{0,01}{\text{kWh}} * \text{COP} \frac{1771,13}{\text{USD}} * 30\text{kW} * 3072 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo del mantenimiento por año} = \$1'632.273,41$$

9.4.4. Costos anuales de la situación actual y propuesta

La tabla 52 muestra una comparación entre los costos del sistema actual y el sistema propuesto.

Tabla 52. Comparación de los costos Situación actual y propuesta

SITUACION ACTUAL			SITUACION PROPUESTA MICROTURBINAS		
concepto	Consumo por año	Costo anual	Concepto	Consumo por año	Costo anual
Energía eléctrica	234.073,658 kWh	\$56.081.707,72	Energía eléctrica	175.230,118 kWh	\$41.983.384,07
Energía térmica	7462,72 m ³ gas	\$7'729.736,12	Energía térmica	29'933.45m ³ gas	\$31'004.474,47
Mantenimiento de la caldera	-	\$1'140.000	Mantenimiento microturbina	-	\$1'632.273,41

Fuente: Por los autores

9.4.5. Retornos mensuales y anuales por ahorros en el sistema de cogeneración

Los ahorros se calcularon según la energía eléctrica y térmica que se puede aprovechar de la puesta en marcha de la microturbina bajo las condiciones propuestas.

9.4.6. Ahorro de energía eléctrica propuesto

La energía eléctrica producida por la microturbina se considera un ahorro que se calcula multiplicando el costo del kWh actual para la universidad por la energía generada. El cálculo del ahorro de energía eléctrica se muestra en la tabla 53.

Tabla 53. Ahorros por producción de energía eléctrica de la microturbina

CONSUMO ELECTRICICO PROPUESTO	Energía generada	Costo kWh	Ahorro por generación de energía eléctrica
Potencia microturbina	19,1548 kW	\$239.59	\$ 4.589,30
Ahorro del consumo por semana	1532,384 kWh/semana	\$239.59	\$ 440.572,66
Ahorro del consumo por año	49036,288 kWh/año	\$239.59	\$ 14'098.325,09

Fuente: Por los autores

Los ahorros semanales y anuales se calcularon teniendo en cuenta el número de horas de trabajo de la microturbina por semana (96 horas) y por año (3072 horas) establecidas bajo las condiciones expuestas en el numeral 8.6.1.

9.4.7. Ahorro de gas natural propuesto

El ahorro de gas natural se muestra en la Tabla 54, donde la columna de Ahorro turcos es el valor actual menos el consumo propuesto. El ahorro de gas natural por parte de la caldera es el mismo valor observado del consumo de éste equipo, ya que la caldera se reemplaza completamente por la microturbina.

Tabla 54. Ahorros de gas natural por el aprovechamiento de energía térmica de la microturbina

CALCULO DEL CONSUMO APROXIMADO DE GAS NATURAL	Turcos	Turcos propuesto 1	Ahorro turcos	Ahorro Caldera	Ahorro de gas (metros cúbicos)	Ahorro por consumo de gas
Consumo por hora Aprox. (m³ gas/hora)		1,7453				\$ -
Consumo por Semana Aprox. (m³ gas/semana)	83,755	78,625	5,12	149,455	154,58	\$ 160.115,26
Consumo por Mes Aprox. (m³ gas/mes)	335,02	314,503	20,51	597,82	618,33	\$ 640.461,04
Consumo por año Aprox. (m³ gas/mes)	2680,16	2516,024	164,13	4782,56	4946,69	\$ 5.123.688,29

Fuente: Por los autores

1. El consumo de gas natural propuesto para las calderas de producción de vapor para los baños turcos se analiza en el numeral 9.4.9.1. a continuación.

9.4.7.1. Cálculo del consumo propuesto de gas para las calderas de producción de vapor (baños turcos)

Multiplicando el consumo de gas de los baños turcos por hora calculado en el balance de energía propuesto (numeral 8.7.6.1.4.), por el número de horas semanales en que se utilizaron

los turcos durante el estudio, es decir 45,05 horas (Ver tabla 16. Numeral 6.6.1.3.) Se obtiene el consumo aproximado por semana como sigue:

$$1,7453m^3 \text{ gas/hora} * 45,05 \text{ horas/semana} = \text{Gas consumido/semana}$$

$$78,6258m^3 \text{ gas/semana} = \text{Gas consumido/semana}$$

Multiplicando este valor por las 32 semanas correspondientes a los dos semestres académicos se tiene que:

$$78,6258m^3 \text{ gas/semana} * 32 \text{ semanas/año} = \text{Gas consumido/año}$$

$$2516,024 m^3 \text{ gas/año} = \text{Gas consumido/año}$$

9.5. Análisis Financiero de la propuesta

Teniendo en cuenta los costos y ahorros calculados en el capítulo 9.3. (Análisis de los costos y beneficios de la propuesta), se obtuvo el flujo de caja para el primer año presentado en la tabla 55.

Tabla 55. Flujo de caja del sistema propuesto

Costos del sistema de microturbinas	Instalación Año 0	Año 1
Inversión inicial	\$157'810.951,50	
Costo del combustible	-	\$ 31.004.591,06
Costo de mantenimiento	-	\$ 1.632.273,41
Costo total	\$157'810.951,50	\$ 32.636.864,47
Ahorros/costos evadidos		
Producción de electricidad		\$ 14.098.325,09
Calor de cogeneración		\$ 5.123.688,29
Costos de mantenimiento caldera		\$ 1.140.000,00
TOTAL		\$ 20.362.013,38
Ganancia Neta por periodo	\$ (157'810.951,50)	\$ (12.274.851,10)
Ganancia acumulada	\$ (157'810.951,50)	\$ (170.085.803,60)

Fuente: Por los autores

Como se puede ver el costo de combustible y mantenimiento de la microturbina es mayor que los ahorros por producción de electricidad, energía térmica ahorrada por la cogeneración y los mantenimientos de la caldera, que sería reemplazada. Por ello el ahorro o ganancia neta es negativo, lo cual quiere decir que una microturbina instalada en el CJFD bajo las condiciones planteadas, genera pérdidas anuales por un valor de \$12'274.851,10, por lo cual el proyecto no es viable financieramente bajo las condiciones establecidas en éste documento.

El análisis se amplió a 10 años, teniendo en cuenta el cambio del valor del dinero en el tiempo acorde con la inflación anual pronosticada para el 2012 (3,61%) (Reportes del Emisor, 2012) y asumiéndola constante durante los 10 años. De igual manera todos los flujos anuales netos son negativos, por lo cual la inversión inicial nunca se recuperaría. El valor presente neto de los diez años, evaluado a una tasa de descuento del 8% (Bolívar Rojas, 2012) representa una pérdida de \$252'778.146,35. El análisis se presentó ante la directora financiera de la universidad, Johanna Bolívar, quien lo revisó y confirmó la tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero de la universidad. Los resultados del análisis financiero a 10 años se muestran en la tabla 56.

Tabla 56. Flujo de caja del sistema propuesto

Flujo de caja del sistema propuesto											
Costos del sistema de microturbinas	Instalación Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversión inicial	\$ 157.810.952										
Costo del combustible		\$ 31.004.591	\$ 32.123.857	\$ 33.283.528	\$ 34.485.063	\$ 35.729.974	\$ 37.019.826	\$ 38.356.242	\$ 39.740.902	\$ 41.175.549	\$ 42.661.986
Costo de mantenimiento		\$ 1.632.273	\$ 1.691.198	\$ 1.752.251	\$ 1.815.507	\$ 1.881.047	\$ 1.948.953	\$ 2.019.310	\$ 2.092.207	\$ 2.167.736	\$ 2.245.991
Costo total		\$ 32.636.864	\$ 33.815.055	\$ 35.035.779	\$ 36.300.570	\$ 37.611.021	\$ 38.968.779	\$ 40.375.552	\$ 41.833.109	\$ 43.343.284	\$ 44.907.977
Ahorros/costos evadidos											
Producción de electricidad		\$ 14.098.325	\$ 14.607.275	\$ 15.134.597	\$ 15.680.956	\$ 16.247.039	\$ 16.833.557	\$ 17.441.248	\$ 18.070.877	\$ 18.723.236	\$ 19.399.145
Calor de cogeneración		\$ 5.123.688	\$ 5.308.653	\$ 5.500.296	\$ 5.698.857	\$ 5.904.585	\$ 6.117.741	\$ 6.338.591	\$ 6.567.414	\$ 6.804.498	\$ 7.050.140
Costos de mantenimiento caldera		\$ 1.140.000	\$ 1.181.154	\$ 1.223.794	\$ 1.267.973	\$ 1.313.746	\$ 1.361.173	\$ 1.410.311	\$ 1.461.223	\$ 1.513.973	\$ 1.568.628
TOTAL		\$ 20.362.013	\$ 21.097.082	\$ 21.858.687	\$ 22.647.785	\$ 23.465.370	\$ 24.312.470	\$ 25.190.150	\$ 26.099.515	\$ 27.041.707	\$ 28.017.913
Ganancia Neta por periodo	\$ (157.810.952)	\$ (12.274.851)	\$ (12.717.973)	\$ (13.177.092)	\$ (13.652.785)	\$ (14.145.651)	\$ (14.656.309)	\$ (15.185.401)	\$ (15.733.594)	\$ (16.301.577)	\$ (16.890.064)
Ganancia acumulada	\$ (157.810.952)	\$ (170.085.802)	\$ (182.803.776)	\$ (195.980.868)	\$ (209.633.653)	\$ (223.779.304)	\$ (238.435.612)	\$ (253.621.014)	\$ (269.354.608)	\$ (285.656.185)	\$ (302.546.249)
VPN	\$ (252.778.146,35)										
Tasa de descuento¹	8%										
Inflación²	3.61%										

Fuente: Por los autores

1. (Bolívar Rojas, 2012)
2. (Reportes del Emisor, 2012)

El VPN a 10 años es negativo con un valor de \$(252.778.146,35). El proyecto por lo tanto no es viable financieramente bajo las condiciones establecidas.

9.5.1. Análisis DOFA del sistema propuesto.

Para dar una visión general del sistema propuesto se realizó un análisis DOFA que se muestra en la gráfica 49.

Gráfica 49. Análisis DOFA del sistema propuesto

DOFA	POSITIVO	NEGATIVO
ORIGEN INTERNO	<p>FORTALEZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aprovechamiento de la energía térmica y eléctrica en el edificio del CJFD. • Requiere menor espacio el sistema propuesto que el actual. • Control, monitoreo y diagnóstico en detalle de los consumos tanto térmicos como eléctricos en el edificio CJFD • Sistema silencioso 	<p>DEBILIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baja rentabilidad. • El cambio de repuestos y mantenimiento debe realizarse por medio del personal especializado. • Uso elevado del combustible de gas natural. • Alto costo de inversión inicial (Microturbina, compresor, transformador, intercambiador de calor e instalación del sistema)
ORIGEN EXTERNO	<p>OPORTUNIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pueden emplear diferentes tipos de combustibles (gas natural, propano, diesel, keroseno, biogás). • Los sistemas de cogeneración a nivel mundial toman fuerza cada vez más por su eficiencia y colaboración hacia el medio ambiente. • Reconocimientos por el uso eficiente de energía en Colombia. • Uso de algunos de los equipos utilizados en el sistema actual por parte del sistema propuesto (tanques, bombas de presión, tanque de hidroacumulador y tubería actual) 	<p>AMENAZAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El incremento del precio del metro cúbico de gas natural. • Falta de inversión en el sector empresarial en Colombia.

Fuente: Por los autores

10. Diagnóstico ambiental

Para la estimación del diagnóstico ambiental de los sistemas térmicos y eléctricos en el edificio del Centro Javeriano de Formación Deportiva, se utilizaron herramientas de la aplicación de PLM (Producción más limpia). La PLM es una estrategia preventiva para la protección del medio ambiente en las empresas; busca analizar procesos, productos y servicios con el objetivo de aumentar la eficiencia en todas las áreas de la compañía y reducir los riesgos sobre los operarios y el medio ambiente. (Centro Nacional de Producción más Limpia,)

10.1. Revisión ambiental inicial de la Situación actual y la propuesta de cogeneración

La microturbina consume 9,7439 metros cúbicos por hora de gas natural, lo cual es 2,08 veces lo que consume actualmente la caldera utilizada para calentar el agua en el edificio, es decir 4,668 metros cúbicos de gas. Por ésta razón la cantidad de gases de escape emitidos a la atmósfera se duplicaría, lo cual hace que la microturbina no sea una tecnología ambientalmente mejor que la utilizada actualmente en el edificio para satisfacer la demanda de agua caliente.

10.1.1. Ecomapa

Esta herramienta de diagnóstico de la PLM es indispensable para la visualización y localización de las áreas o puntos críticos o de alto riesgo de contaminación las cuales se visualizan por medio de un plano (Saer & van Hoof, 2003). En el caso de del Centro Javeriano de Formación Deportiva es importante recordar que se analizaron dos tipos de sistemas de energía (eléctrico y térmico), de las cuales se analizaron los factores de riesgo y las áreas críticas.

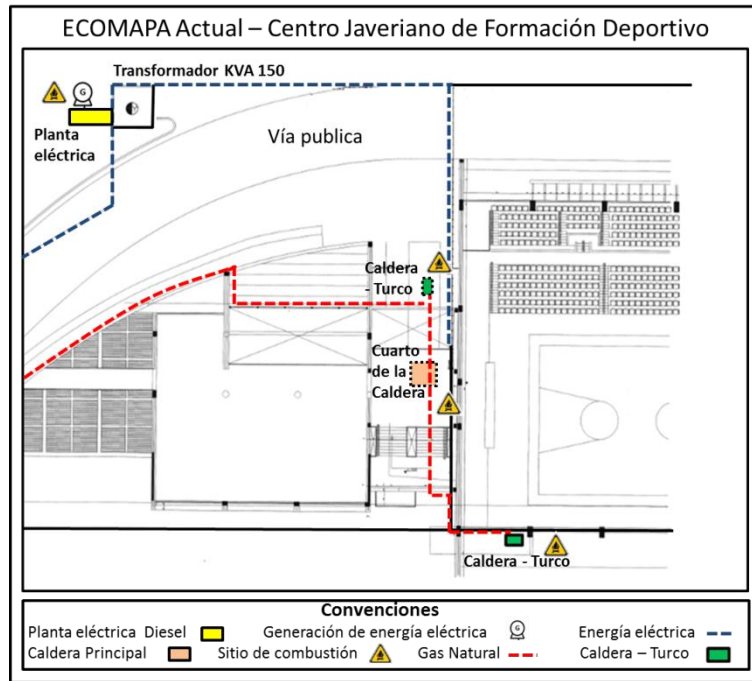
En el caso de la situación térmica es importante que el plano cuente con todos los equipos y elementos que intervienen en el sistema térmico y eléctrico para el análisis de proceso de combustión del gas natural junto con los residuos que se generan en este sistema térmico.

En la gráfica 50 se presenta el ecomapa del sistema actual de energía eléctrica y térmica actual. En éste sistema se puede observar la ubicación de los equipos de los sistemas de abastecimiento de energía eléctrica y térmica del edificio. La línea punteada azul indica la acometida de energía eléctrica, mientras que la línea punteada roja la de gas natural.

Existen varios puntos donde se presenta combustión de gas natural. En cuanto a los sistemas utilizados para calentar agua y generar vapor, la combustión se produce por las calderas tanto de agua caliente como de producción de vapor.

Por otra parte también se produce combustión en la planta eléctrica ya que se requiere de diesel corriente (ACPM) para que ésta pueda generar la energía requerida por el edificio en caso de un corte de energía. Sin embargo éste proceso no se tuvo en cuenta en el análisis de huella de carbono del numeral 10.2.1., ya que no es una actividad constante sino que se presenta únicamente cuando hay cortes de energía. Además el funcionamiento de la planta eléctrica no se altera con la instalación de la microturbina.

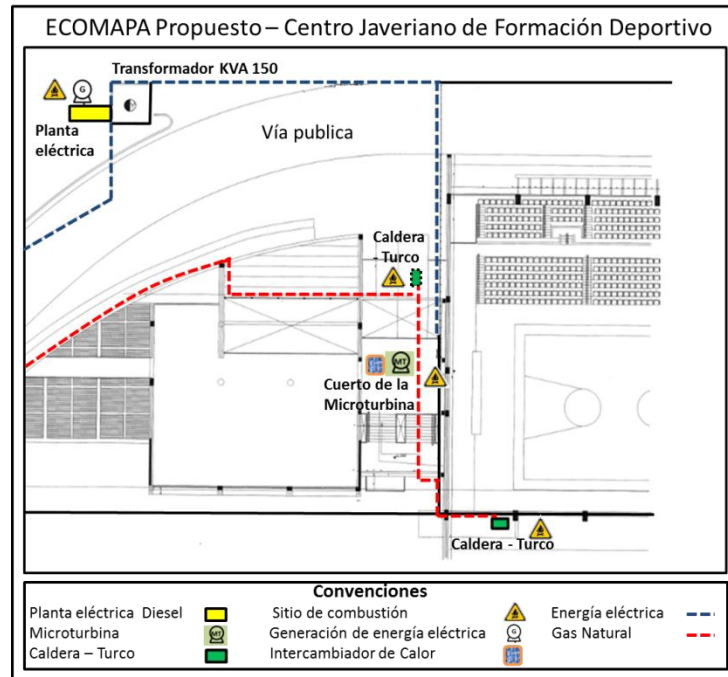
Gráfica 50. Ecomapa del sistema de energía eléctrica y térmica actual



Fuente: Por los autores

En la gráfica 51 se encuentra el plano ECOMAPA propuesto (sistema Microturbina) en el CJFD

Gráfica 51. Ecomapa del sistema de energía eléctrica y térmica propuesto



Fuente: Por los autores

Esta herramienta de diagnóstico facilita la descripción visual de los sistemas energéticos implementados actualmente y los de la propuesta de uso de una microturbina a gas en el mismo sistema térmico y eléctrico del edificio del CJFD. Por ello se muestra en el diagrama la ubicación de las fuentes de energía tanto eléctrica (red eléctrica) como térmica (combustible de gas natural) del edificio. Se observa también la ubicación de los equipos requeridos por los sistemas energéticos junto con los lugares donde se da la combustión del gas natural y en los cuales se emiten gases de escape hacia el medio ambiente.

Comparando el sistema actual con el propuesto se observa claramente el cambio de equipo para la combustión del gas natural. En este caso es el uso de la microturbina a gas natural la cual reemplaza a la caldera y se ubica en el mismo lugar en donde ésta operaba. Adicionalmente se ubica el intercambiador de calor el cual se encarga de utilizar los gases que provienen de la microturbina para calentar el agua.

Con respecto al sistema eléctrico la microturbina se encarga de producir energía eléctrica supliendo la línea base del consumo en el edificio.

10.1.2. Ecobalance

10.1.2.1. Comparación Balance de materia de la caldera y microturbina

La caldera produce 10,135 kg de CO₂ y 0,107 kg de óxido de nitrógeno (ver balance de materia de la caldera. Numeral 6.6.4.1.3.), mientras que la microturbina emite a la atmósfera 21,156 kg de CO₂ (dióxido de carbono) y 0,223 kg de NO (óxido de nitrógeno) (Ver balance de materia de la microturbina. Numeral 8.7.6.1.2.). Esto es 2,08 veces más CO₂ y NO de lo que emite la caldera. Por lo cual el sistema propuesto contamina más el ambiente que el sistema actual.

10.1.3. Matriz de vulnerabilidad ambiental

La matriz MED es una herramienta diagnóstico ambiental en la cual se evalúa el ciclo de vida de un producto identificando todos los impactos ambientales desde el origen de un producto hasta su destino final. La matriz analiza las características de los materiales, energía y desechos utilizados en la operación de una empresa. La columna de materiales analiza el uso de materiales no renovables y aquellos que no son utilizados eficientemente, contaminando el medio ambiente. El análisis de la energía incluye aquella que es utilizada durante todo el proceso y su desperdicio. Por otra parte la columna de desechos busca establecer los contaminantes del agua, aire y suelo, generados en los procesos. Estos tres aspectos se analizan en cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto desde la materia prima, pasando por la producción, distribución, utilización y disposición final. En el caso del CJFD, el producto analizado en el sistema térmico es el agua caliente y el vapor requerido para satisfacer la demanda de las duchas y los baños turcos respectivamente. La tabla 57 resume los resultados de la matriz MED.

Tabla 57. Matriz MED del sistema actual

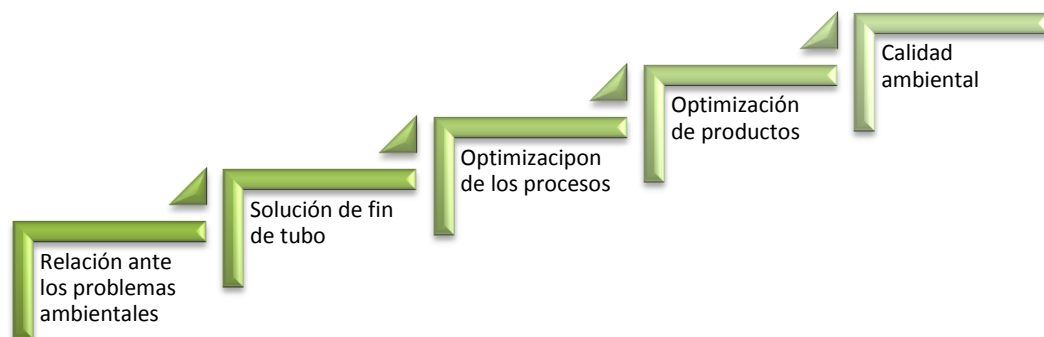
	MATERIALES	ENERGÍA	DESECHOS
MATERIA PRIMA	<ul style="list-style-type: none"> • Agua 15,7°C • Gas Natural (12psi) 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía eléctrica 	NA
PRODUCCIÓN (Energía térmica-calentar agua)	<ul style="list-style-type: none"> • Agua a una presión entre 40-70 psi y a una temperatura de 15,7°C • Gas Natural (199143,84 K Joules/h) 	<ul style="list-style-type: none"> • Combustión (199143,84 K Joules/h) • Energía Térmica (109349,65 K Joules/h) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas por disipación de calor (89794,18 K Joules/h) • Gases de combustión
DISTRIBUCIÓN (Almacenamiento de agua caliente y recirculación)	<ul style="list-style-type: none"> • Agua (almacenaje en tanque) 37°C • Agua (recirculación) a 33°C y una presión de 60psi 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía eléctrica 3,7 KWh (bombeo de agua) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas por disipación de calor
USO	<ul style="list-style-type: none"> • Agua caliente a una temperatura de 33°C (duchas) • Vapor para los baños turcos 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía Térmica caldera (109349,65 K Joules/h) • Energía térmica turcos (23491,19 K Joules/h) 	<ul style="list-style-type: none"> • Perdidas por disipación de calor • Agua • Vapor
FIN DE VIDA	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas residuales • Vapor 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía térmica 	<ul style="list-style-type: none"> • Gases de escape • Aguas residuales • Gases calientes

Fuente: Por los autores

10.1.4. Escalera medioambiental

La escalera ambiental permite evaluar las actividades que realiza una organización para disminuir el impacto ambiental de su operación. La gráfica 52 muestra la estructura principal de la escalera ambiental.

Gráfica 52. Escalera ambiental del sistema actual



Esta es otra herramienta que ofrece Producción Más Limpia en la cual se analizan las reacciones ante los problemas y sus soluciones, optimización de procesos, optimización de productos y la calidad ambiental que se busca en el sistema. Para el análisis de la situación actual en el edificio

Centro Javeriano de Formación Deportiva se encontraron los siguientes aspectos a tener en cuenta en esta escalera ambiental.

Reacción ante los problemas ambientales: En busca de la obtención de la energía eléctrica surgen problemas generados por las plantas hidroeléctricas, como lo son la pérdida de millones de hectáreas de bosque y emisiones de gases de efecto de invernadero que aportan al calentamiento global debido a la descomposición de la biomasa, y como reacción ante estos problemas en Colombia lastimosamente aún no se le da la gran importancia que requiere. Sin embargo ya existen varios sistemas que buscan disminuir los impactos ambientales, entre ellos el sistema de cogeneración para la obtención de la energía eléctrica.

Con respecto al edificio del CJFD y luego de implementar el sistema térmico (equipos de la caldera junto con los vaporizadores) iniciaron los procesos de combustión en donde se quema el combustible (gas natural) y de esta manera se generan emisiones de gases hacia el ambiente, lastimosamente aún no se han iniciado los procesos de mitigación del impacto ambiental en el edificio ya que no existen filtros en las chimeneas de los equipos térmicos.

Solución de fin de tubo: Con respecto al sistema térmico es importante mencionar que la caldera no cuenta con filtros de gases de escape. Estos filtros se encargan de evitar el paso hacia la atmósfera de los elementos o partículas contaminantes, disminuyendo el impacto ambiental. Dichas partículas se encuentran en las corrientes de los gases de escape, los cuales se producen en los procesos de quema del combustible, en este caso del gas natural para la obtención de energía térmica.

Optimización de procesos: En el edificio aún no se han hecho estudios preliminares para el análisis y mejora ambiental de los sistemas de energía implementados, y todo esto se debe a que aún no se conocen las demandas térmicas y eléctricas del mismo. Este estudio contiene una serie de análisis térmicos, eléctricos y ambientales pueden ser de gran utilidad como trabajo preliminar para un análisis ambiental mucho más riguroso pues se definieron los sistemas usados en el edificio y se realizó un cálculo aproximado del impacto ambiental (Ver numeral 10.1.).

Optimización de productos: La administración del campus de la Pontificia Universidad Javeriana, en busca de mejorar el sistema térmico disminuyó la temperatura de operación de la caldera (desde 80°C hasta 55°C) (Suárez, 2012), para reducir el consumo de gas natural, lo cual también disminuyó la quema del combustible junto con las emisiones de gases de escape.

Calidad ambiental: Desafortunadamente la Pontificia Universidad Javeriana no se encuentra certificada por la Norma Técnica Colombiana ambiental ISO 14000. Esta norma es de gran importancia para toda entidad que quiera definir los aspectos e impactos ambientales de sus instituciones, así como las metas y objetivos para el desarrollo de un sistema de gestión ambiental que busque reducir la contaminación que se genere a causa de sus operaciones. (Icontec Internacional 2011 Todos los Derechos Reservados., 2011)

10.2. Diagnóstico ambiental del sistema actual y de la propuesta

El diagnóstico ambiental de la propuesta se realizó con base en una comparación entre la huella de carbono de la microturbina y la del sistema actual.

10.2.1. Indicadores de ecoeficiencia evaluados

El indicador de ecoeficiencia utilizado para evaluar la propuesta es la huella de carbono ya que ésta permite evaluar la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera. En la tabla 58 se realiza una comparación entre la huella de carbono del sistema actual y la del sistema propuesto.

Tabla 58. Huella de carbono

	Gas Natural consumido ⁽¹⁾ (m ³)	Emisiones ⁽²⁾ CO ₂ (Kg/m ³)	Kg CO ₂ al mes ⁽³⁾	TON CO ₂ al mes
Sistema actual (Caldera)	740,15808	2,17120316	1607	1,607
Sistema propuesto (microturbina)	3741,6576	2,17120316	8123,9	8,1239

1. Es el consumo por mes calculado a partir del promedio de consumo y las horas trabajo por semana de cada equipo.
2. Es la razón de producción de CO₂ por metro cubico. Se halló dividiendo los kg de CO₂ producidos por hora entre los metros cúbicos de gas consumidos por hora. Ver balance de materia de la caldera (Numeral 6.6.4.1.3) y de la microturbina (Numeral 8.6.4.1.2).
3. Multiplicación entre la columna de Gas Natural consumido por las Emisiones de CO₂.

10.2.2. Análisis y comparación de indicadores en la situación actual y propuesta

Como se puede observar las toneladas de CO₂ producidas por el sistema propuesto al mes son 8,1239 mientras que en el sistema actual son de 1,607. Esto significa que el sistema propuesto produce 5,05 veces más CO₂ que el sistema actual.

La relación entre la cantidad de CO₂ producido y el KJ aprovechado en la caldera es de 9,269E-08 TON CO₂/KJ, mientras que la de la microturbina es de 3,072E-07 TON CO₂/KJ, lo cual es 3,31 veces mayor que el sistema actual. Sin embargo si se lograra aumentar la eficiencia térmica de la microturbina hasta un valor de 80%, la relación daría 7,30154E-08 TON CO₂/KJ, lo cual es una reducción del 21,22% con respecto al valor actual.

Conclusiones

- El sistema energético actual del CJFD, está conformado por las demandas de energía eléctrica y térmica. La energía eléctrica es suministrada por EMGESA S.A. ESP y llega al edificio a una tensión de 208V, los cuales son obtenidos por medio de un transformador de 150 kVA. La potencia activa observada en el edificio tiene un comportamiento que depende de la rutina de encendido y apagado de la iluminación y los equipos instalados. La potencia mínima y máxima observadas, así como el consumo de energía eléctrica diario y las aproximaciones del consumo por semana y por año se presentan en la tabla 59:

Tabla 59. Características Demanda eléctrica del CJFD

	C. Trucos (m ³ gas)
Potencia mínima observada	19,8 kW
Potencia máxima observada	76,6 kW
Consumo estimado por semana	7314,802 kWh
Consumo estimado por año	234.073,658 kWh

- El edificio requiere energía térmica para calentar agua a través de una caldera CONTINENTAL y para generar vapor para los baños turcos a través de 2 calderas de generación de vapor de la empresa Dragoner (una por baño). El gas natural es suministrado por la empresa de gas natural Fenosa, la cual provee el combustible que llega al edificio, a una presión de 10 psi. Los consumos observados durante el estudio, al igual que las aproximaciones del consumo por mes y por año, se resumen en la tabla 60:

Tabla 60. Consumo de energía térmica

	C. Trucos (m ³ gas)	C. Caldera (m ³ gas)
Promedio por hora	1,8056 m ³ gas/hora	4,668 m ³ gas/hora
Total Semana	83,755 m ³ gas/semana	149,455 m ³ gas/semana
Aproximado por mes	335.02 m ³ gas/mes	597.82 m ³ gas/mes
Aproximado por año	2680,2 m ³ gas/año	4782,6 m ³ gas/año

- La única restricción legal para un proyecto de autogeneración, se basa en la prohibición de exportar energía hacia la red, pues si la energía generada se transporta hacia la red u otros usuarios se sanciona a la institución que sea responsable de la unidad generadora. En Colombia no hay beneficios ni incentivos económicos por la implementación de proyectos de autogeneración. Es importante coordinar las condiciones de instalación y protección del equipo generador con el Operador de Red (OR) y se deben tener en cuenta las normas que éste establezca para los proyectos de autogeneración.
- Un sistema de cogeneración basado en las microturbinas a gas en el CJFD, requiere como mínimo de Una Microturbina a gas (Costo: \$106'799.139), un Compresor de gas natural (Costo: \$1'044.000), un Transformador de 45 kVA (Costo: \$12'528.000), 2 Tableros

generales de acometidas (Costo: \$5'220.000), y un Intercambiador de calor (Costo:\$9'628.000).

Ver especificaciones de los equipos en el capítulo de Maquinaria y equipos necesarios para la instalación de la microturbina (Numeral 8.5).

El costo de implementación del proyecto incluyendo equipos instalados, obras de infraestructura, transporte e instalación es de \$157'810.952.

- La propuesta de un sistema de cogeneración basado en la tecnología de microturbinas a gas, no es viable financieramente para el caso del Centro Javeriano de Formación deportiva de la Pontificia Universidad Javeriana, puesto que el consumo de gas natural propuesto por las condiciones de funcionamiento de la microturbina en el escenario planteado para éste estudio es 2 veces más grande que el actual (La microturbina consume 9,7439 metros cúbicos por hora mientras que la caldera de agua caliente solamente, 4,668 metros cúbicos por hora). Esto eleva el costo anual por consumo de combustible para calentar el agua de las duchas desde \$5'123.688 hasta \$31'004.591; aproximadamente 6 veces más grande que el costo actual.

Por otra parte el costo del metro cúbico de gas natural para la universidad Javeriana es de \$1035,78 lo cual hace que el costo del kWh producido sea de \$526,89/kWh, que es 2,19 veces más caro que el actual de (\$239.59/kWh). También es necesario resaltar que la reducción de la potencia debido a la presión ambiental (por la altura a la que se encuentra la ciudad de Bogotá D.C.), reduce la eficiencia eléctrica lo cual hace que la microturbina opere a un 72,41% de su capacidad de generación eléctrica nominal (se producen 19,1548 kW netos de 30kW nominales)(Ver numeral 8.6.4.2.2.).

- El ahorro anual por consumo de gas natural (reemplazando la caldera) es de \$5'123.688, y el ahorro por generación de energía eléctrica es de \$14'098.325 por año. Por otro lado el ahorro por mantenimiento de la caldera es de \$1'040.000 anualmente. Todo esto representa un ahorro total por costos evadidos, de \$20'362.013 por año.

Como el costo de combustible de la microturbina es de \$31'004.591 por año y el de mantenimiento es \$1'632.273, el costo total por año de la propuesta es de \$32'636.864, por lo cual anualmente se pierden \$12'274.851 ya que el costo es mayor que los beneficios, obteniendo un VPN negativo a 10 años de \$(252'778.146,35), evaluado con una tasa de descuento del 8% (Bolívar Rojas, 2012) y suponiendo una inflación constante durante éste periodo del 3,61% (Reportes del Emisor, 2012).

- Para el caso del CJFD la demanda de combustible actual de la caldera (4,668 m³/hora) es más baja que la requerida por la microturbina (9,7439 m³/hora), por lo cual la propuesta ambientalmente no sería viable, pues se generaría una mayor cantidad de gases de escape en comparación con el sistema actual. La caldera produce 10,135 kg de CO₂ y 0,107

kg de óxido de nitrógeno (ver balance de materia de la caldera. Numeral 6.6.4.1.3.), mientras que la microturbina emite a la atmósfera 21,156 kg de CO₂ (dióxido de carbono) y 0,223 kg de NO (óxido de nitrógeno) (Ver balance de materia de la microturbina. Numeral 8.7.6.1.2.). Esto es 2,08 veces más CO₂ y NO de lo que emite la caldera. Por lo cual el sistema propuesto contamina más el ambiente que el sistema actual.

Bibliografía

- Portafolio. (s.f.). *www.portafolio.co*. Recuperado el 2012 de Abril de 21, de <http://www.portafolio.co/>
- ACIEM. (s.f.). *www.aciem.org*. Recuperado el 20 de Abril de 2012, de http://www.aciem.org/home/images/ACIEM/Comisiones/Canasta_Energetica_Abr10_2012.xls
- Acosta y Asociados. Comisión para la Cooperación Ambiental. (Mayo de 2001). Preliminary atmospheric emissions inventory of mercury in Mexico (3.2.1.04). Sonora, México.
- Agencia Internacional de la Energía. (2008). *Combined Heat & power, Evaluating the Benefits of Greater Investment*.
- AIR LIQUIDE. (s.f.). *encyclopedia.airliquide.com*. Recuperado el 12 de Abril de 2012, de <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?languageid=9&GasID=41&CountryID=19>
- Alonso González, D. (2010). Microcogeneración. La solución más eficiente de generación de energía eléctrica térmica en edificios. En F. d. Madrid, *Guía de la cogeneración* (pág. 77). Madrid.
- Archivo historico PUJ. (2001). Planos CJFD. Bogotá, Colombia.
- Asociación Española para la Promoción de la Cogeneración COGEN España. (2010). La cogeneración en el Mundo y en España. En F. d., *Guía de la Cogeneración* (pág. 32). Madrid, España.
- Autores, P. I. (2012).
- Bastian, P. (1996). *ELECTROTECNIA-Ciclos formativos*. Haan-Gristen: AKAL S.A.
- Benjumea , P., Chaves, G., & Várgas, C. (2006). Efecto de la Temperatura sobre la Densidad del Biodiesel de Aceite de Palma y sus Mezclas con Diesel Convencional. *Revista Energética 36* , 41-49.
- Bertrand L. Hansen, P. M. (1987). *Control de calidad: Teoría y aplicaciones*. Edigrafos S.A.
- Bolaños y Serrato, F. A. (1995). Costo Energético de la Civilización. En J. J. Jardón U., *Energía y Medio Ambiente una perspectiva economico-social* (pág. 46). Plaza y Valdez.
- Bolívar Rojas, J. M. (17 de 04 de 2012). Tasa de descuento. (N. Gómez García, & A. Núñez Núñez, Entrevistadores)
- Bosch, R. (2005). *Manual de la técnica del automovil*. Innovación para tu vida.

- Calderón Romero, M., & Espinel Forero, R. (2009). *Pontificia Universidad Javeriana. Campus, presentación*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2011, de <http://www.javeriana.edu.co/campus/presentacion.htm>
- Calvo, M. S. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Cámara Colombiana de la Infraestructura. (s.f.). www.infraestructura.org.co. Recuperado el 25 de Septiembre de 2011, de http://www.infraestructura.org.co/noticiasprincipales.php?np_id=387
- Capstone Microturbine Corporation. (s.f.). www.microturbine.com. Recuperado el 17 de Abril de 2012, de http://www.microturbine.com/_docs/Product%20Catalog_ENGLISH_LR.pdf
- CAPSTONE Turbine Corporation. (Diciembre de 2006). Product Specifications. *Technical Specifications and Descriptions for a Single Capstone® MicroTurbine™ (Enclosed and Recuperated)*.
- CAPSTONE Turbine Corporation. (abril de 2006). Technical Reference. *Capstone Model C30 Performance*.
- Capstone Turbine Corporation®. (2010). Catálogo de productos 2010.
- Centro Nacional de Producción más Limpia,. (s.f.). *Manual de Introducción a la Producción Más Limpia en la Industria*. Secretaria de ambiente, Centro Nacional de Producción más Limpia.
- Cisneros Barrera, D. V. (Enero de 2003). *Integración de la Cogeneración en el mercado eléctrico*. Sevilla, España.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (28 de Mayo de 1998). Resolución 70 de 1998. Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (14 de Julio de 2008). Ley 1205 de 2008. Bogotá, Colombia.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (14 de Marzo de 2005). Lineamientos para la formulación de la política de Prevención y control de la contaminación del aire. *Documento CONPES 3344*. Bogotá, D.C., República de Colombia.
- CREG. (s.f.). *Comisión de regulación de Energía y Gas*. Recuperado el 16 de Abril de 2012, de http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-2&p_options=
- CREG Comisión de Regulación de Energía y Gas. (28 de Mayo de 1998). Resolución 70 de 1998. Bogotá D.C., Colombia.
- David R. Anderson, D. J. (2008). *Estadística Para Administración y Economía*. México D.F.: Cengage Learning editores S.A.

- Dragoner, E. (2 de Abril de 2012). (N. G. García, Entrevistador)
- Empresa Nacional de Electricidad ENDE. (2009). Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental E.E.i.a. Preliminar, Proyecto Central Hidroeléctrica MiSicuni. Bolivia.
- Enríquez Harper, G. (2005). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. México: Limusa.
- FLIR Systems, Inc. . (s.f.). *www.flir.com*. Recuperado el 1 de Abril de 2012, de <http://www.flir.com/thermography/americas/es/view/?id=54903&collectionid=607&col=54905>
- Floría, P., González Ruiz, A., & González Maestre, D. (2006). *Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Fraile, D. (2010). Evolución tecnológica y medioambiental de la cogeneración. En F. d. Madrid, *Guía de la Cogeneración* (pág. 34). Madrid.
- Fraile, D. D. (2010). Aplicaciones de la cogeneración. En Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, *Guía de la cogeneración* (pág. 101). Madrid.
- Gálvez Michaels, L. (2002). Caracterización del desempeño energético para el diseño del sistema de gestión ambiental de la Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia.
- gas Natural fenosa. (s.f.). *portal.gasnatural.com*. Recuperado el 2012 de Abril de 12, de <http://portal.gasnatural.com/servlet/ContentServer?gnpage=1-40-2¢ralassetname=1-40-4-2-1-0-0>
- Gas Natural Fenosa. (s.f.). *portal.gasnatural.com*. Recuperado el 11 de Abril de 2012, de <http://portal.gasnatural.com/servlet/ContentServer%3Fgnpage%3D1-10-1%26centralassetname%3D1-10-BloqueHTML-5630-3-1>
- González, E., Pulido, A., & Ramiro, P. (2007). *La energía que apaga Colombia. Los impactos de las inversiones de Repsol y Unión Fenosa*. Icaria.
- González, M. V. (Marzo de 2009). Estudio de la factibilidad para la colocación de generadores de emergencia en el instituto autónomo Hospital Universitario de los Andes I.A.H.U.LA. Mérida, Venezuela.
- Hewitt, P. G. (1999). Energía. En P. G. Hewitt, *Física conceptual* (págs. 106-107). México : EDDISON WESLEY LONGMAN.
- Hewitt, P. G. (2004). *Física conceptual*. México: PEARSON Addison Wesley.
- Hewlett Packard. (s.f.). Recuperado el 15 de febrero de 2012, de <http://h10010.www1.hp.com/wwpc/us/en/sm/WF05a/12454-12454-64287-321860-3328896-5037900.html?dnr=1>

- Icontec Internacional 2011 Todos los Derechos Reservados. (2011). *Icontec Internacional*. Recuperado el 7 de Abril de 2012, de <http://www.icontec.org.co/index.php?section=203>
- IEEE 519. (1992). *Recomendaciones Prácticas y requerimientos de la IEEE para el control de armónicos en sistemas electrónicos de potencia*.
- Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo. (s.f.). www.javeriana.edu.co. Recuperado el 01 de Noviembre de 2011, de www.javeriana.edu.co: http://www.javeriana.edu.co/fear/ins_amb/link3program.htm
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2007). www.wmo.int. Recuperado el 12 de Septiembre de 2011, de http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/ghgbull06_en.html
- International Energy Agency. (2008). *Electricity / Heat in World in 2008*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2011, de http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=29
- International Organization for Standardization (ISO). (2011). *Sistemas de Gestión de Energía*.
- Kojima, M., & Lovei, M. (Septiembre de 2001). *Urban Air Quality Management. World Bank Technical Paper No.508, Pollution Management Series*.
- Levenspiel, O. (1998). *Engineering Flow and Heat Exchange*. Barcelona: Reverté, S.A.
- López, A. G. (2002). *LA PREOCUPACIÓN POR LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE. UN MODELO COGNITIVO SOBRE LA CONDUCTA ECOLÓGICA*. MADRID, ESPAÑA.
- Martinez Alvarez, R., Rodriguez Yunta, M. J., & Sanchez Martín, L. (2007). *Química: Un proyecto de la American Chemical Society*. Reverté.
- McManus, N. (1998). *Generación de energía hidroeléctrica*. En M. Crane, *Producción y distribución de energía eléctrica* (pág. 76.2). Ginebra: Chantal Dufresne, BA.
- McManus, N. (1998). *Producción y distribución de energía eléctrica, Generación*. En M. Crane, *Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo* (págs. 78.2-78.3). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Publicaciones.
- (1997). *Las energías renovables. Un enfoque político-ecológico*. En E. Menéndez Pérez. *Los libros de la Catarata*.
- Ministerio de Minas Y Energía. (29 de Enero de 2009). *Resolución Número 180134 de enero de 2009*. Colombia.
- Molina, G. d. (1993). *Historia y medio ambiente*. Madrid, España.
- Mosca, T. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología*. New York: Reverté S.A.

- Naciones Unidas. (2005). Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Cepañ Eclac.
- Navarro, J., & Cetina, G. (16 de Marzo de 2012). Horas de encendido de los turcos. (N. Gómez García, & A. Núñez Núñez, Entrevistadores)
- Patiño Olivares, A. (s.f.). *Introducción a la Ingeniería Química (Balance de Masa y Energía)*. Universidad Iberoamericana.
- Pérez, P. A. (2001). *Transformadores de distribución*. Reverté S.A.
- Plantas eléctricas Corporación Martínez, CA. (s.f.). <http://www.cmplantaselectricas.com>. Recuperado el 2012 de Abril de 11, de http://www.cmplantaselectricas.com/ima/jhon_deere_2/john%20100%20kVA.pdf
- Pontificia Universidad Javeriana, B. (s.f.). Vicerrectoría del Medio Universitario. *Centro Javeriano de Formación Deportiva*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: <http://www.javeriana.edu.co/javeriana/medio/deportes/servicios.htm>.
- Prades, A. (1997). La crisis del Modelo Energético Industrial Avanzado. En A. Prades, *Energía Tecnología y sociedad* (pág. 89). Madrid: Ediciones de la Torre.
- Prieto, I., Alonso, M., & Luengo, J. C. (2007). En *Fundamentos de Máquinas térmicas*. Universidad de Oviedo.
- Ramírez Cuervo, D. (14 de Marzo de 2012). (N. Gómez García, & A. Núñez Núñez, Entrevistadores)
- Reportes del Emisor. (Enero de 2012). Recuperado el 21 de Abril de 2012, de http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/report_emisor/2012/re_153.pdf
- Restrepo Arango, L. A. (23 de noviembre de 2007). Los proyectos Hidroeléctricos en Antioquia. *La energía hidroeléctrica*. Antioquia.
- Sacristán Roa, O. (2010). Prácticas Deportivas Existentes en el Centro Javeriano de Formación Deportiva en su Programa Entrenamiento Deportivo de facultades. Bogotá, D.C., Colombia.
- Saer, A., & van Hoof, B. (2003). *Producción más Limpia*.
- Secretaría de Energía SENER. (2003). Programa energía y medio ambiente hacia el desarrollo sustentable. México, D.F., México.
- Seoanez Calvo, M., & Angulo Aguado, I. (1997). *El medio ambiente en la opinión pública*. Madrid: Mundi-prensa libros S.A.
- Sierieda, I. (1979). *Problemas de química*. Barcelona: Editorial Reverté, S.A.
- Spirax Sarco. (s.f.). La cogeneración, su clave para el ahorro de energía.

- Suárez, D. (9 de Febrero de 2012). (N. G. Gómez, & A. A. Núñez, Entrevistadores)
- Subdirección de planeación energética. (Noviembre de 2010). Plan de Expansión de Referencia 2010-2014. Bogotá, Colombia.
- TechnoGym. (s.f.). *www.technogym.com*. Recuperado el 1 de Abril de 2012, de http://www.technogym.com/co/products/confronta-versioni/10128?id_modello=3434
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2003). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ S.A., 2005.
- Turabián, J. L., & Pérez, B. (2001). *Actividades Comunitarias en medicina de familia y atención primaria*.
- UNESA. (s.f.). *Gráficos de las actividades eléctricas*. Recuperado el 23 de septiembre de 2011, de <http://www.unesa.es/index2.html>
- UNESA. (s.f.). *Gráficos de las actividades eléctricos*. Recuperado el 23 de septiembre de 2011, de <http://www.unesa.es/index2.html>
- UPME. (2006). *Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia*. Bogotá, D.C., Colombia.
- (2006). En B. Valdez Salas, *Tecnología en la UABC* (pág. 52). Universidad Autónoma de Baja California.
- Vallejo, M., Jáuregui-Renaud, K., Hermosillo, A. G., Márquez, M. F., & Cárdenas, M. (2002). Efectos de la contaminación atmosférica en la salud y su importancia en la ciudad de México. *Gaceta Médica de México*, 57-63.
- Vescovo, I. E. (2009). XIII CONGRESO ANNUAL NATURGAS Microturbinas Capstone Tecnología y Aplicaciones., (pág. 14).
- Vijay, S., Molina, L. T., & Molina, M. J. (Abril de 2004). Cálculo de Emisiones de Contaminación Atmosférica por Uso de Combustibles Fósiles en el Sector Eléctrico Mexicano.
- Villares Martín, M. (2003). *Cogeneración*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Vlek, C. (2000). Essential psychology for environmental policy making. En *International Journal of Psychology* (págs. 153-167).
- Wildi, T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- World Bank Data. (2001-2007). *CO2 emissions(kt)*.
- World Business Council for sustainable Development. (Agosto de 2000). Eco-efficiency.

www.banrepcultural.org. (s.f.). Recuperado el 26 de 03 de 2012, de
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/mecanica/gas-operador-de-estacion/gasope3a.htm>

www.bogota24.com. (s.f.). Recuperado el 21 de Abril de 2012, de
<http://www.bogota24.com/Clima-de-Bogota.htm>

Zuk, M., Garibay Bravo, V., Iniestra Gómez, R., López, M. T., Rojas-Brancho, L., & Laguna Monroy, I. (2006). Introducción a la evaluación de los impactos de las Termoeléctricas de México. México.

ANEXOS

Anexo 1 Recibo de energía de la universidad



Cliente: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CLL41
 Dirección de servicio: Kra 7 no 42-62 Bogota
 Dirección de entrega: CLL 40 N° 5 - 37 Bogota

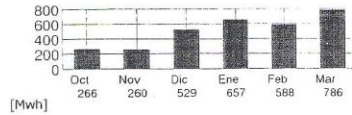
emgesa
 endesa
 NIT 860.063.875-8
 Cliente N°: 50002751 Factura de Venta N°: FN- 43195-4
 NIT: 860013720 - 1 Fecha de expedición: 14-04-12
 Período facturado: 01-03-12 - 31-03-12
 Referencia: 431954

Servicio
 Clase de servicio: Comercial Contrato N°: 4407
 Operador de red
 CODENSA S.A. ESP. (1)6016014
Información técnica
 No. serie medidor: 45538
 Nivel de tensión: Nivel II
 Grupo: DES (h)
 Transformador: 0
 Factor transformación: CI 660.19 DP (Kw) 563.11
Calidad servicio
 Primer Trimestre 2012
 Datos hasta 2012-02
 VMEDES (h)
 VMFES (#)

Indicadores

Tasa moratoria: 2.49 %
 IPP mes actual: 118.21
 Variación IPP: -0.21
 Contribución: 0.00 %
 Timbre: %

Consumo



Resumen de su factura de energía

		Valor (\$)
Liquidación consumo		188,404,793
Activa (Kwh)	786,377.80	105,098,472.00
Cargos regulados activa	1.00	83,306,321.00
Ajustes		-3,178,063
Restricciones menor valor mes anterior	1.00	3,192,490.00
Ajuste mes anterior STN	1.00	14,427.00

Información de interés

Tarifa media: 239.59 [\$/Kwh]

NUEVO ESQUEMA INCENTIVOS Y COMPENSACIONES
 DTT: 0
 CRO: 660.1
 CM: 351573.6

Este es un PDF generado automáticamente por el sistema de facturación de emgesa. No se cobra por este servicio. Si desea más información consulte con el área de atención al cliente al número 112 de Bogotá. Si desea más información consulte con el área de atención al cliente al número 112 de Bogotá. Si desea más información consulte con el área de atención al cliente al número 112 de Bogotá.

Pago oportuno
 2012-04-24
 Suspensión servicio
 2012-04-25

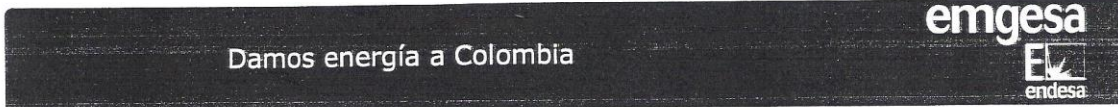
Total a pagar \$ 185,226,730

Recuerde, si usted paga después de la fecha establecida como **Pago Oportuno**, se le cobrarán intereses de mora a la máxima tasa permitida.

Su Coordinador Comercial de Zona, está atento a sus requerimientos.

SARA TRUJILLO - strujillof@emgesa.com.co 3158401980 - 2190442

Sistema de Facturación emgesa. No se cobra por este servicio. Si desea más información consulte con el área de atención al cliente al número 112 de Bogotá. Si desea más información consulte con el área de atención al cliente al número 112 de Bogotá. Si desea más información consulte con el área de atención al cliente al número 112 de Bogotá.



Factura de Venta N°: FN- 43195-4
 Cliente: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CLL41
 Cliente N°: 50002751
 Pago oportuno: 2012-04-24
 NIT 860.063.875-8
 Carrera 11 N° 82-76 Piso 4° - Bogotá D.C.

Total a pagar \$ 185,226,730



(415127009980011568/8070110431958/19001000185726230196170120474)

Anexo 2 Recibo de gas natural

factura

Industrial



NIG 00150823
 Factura No. FI 000000078996
 Fecha 20/03/2012

Referencia de pago
 99150823

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIA
 KR 7 40 62
 BOGOTA

NIT: 860013720
 DIRECCIÓN: KR 7 40 62
 SECTOR: DISTRITO 2

Periodo facturado 13/02/2012 AL 12/03/2012

Dias de consumo 28

Medidor	Marca	Tipo de lectura	Lecturas		Factor corrección	Consumo corregido (m3)
			Anterior	Actual		
320007	DRESSER	R	00784334	00793948	2,1835	20,992

Poder calorífico BTU/pie3 1145 **3 | Consumo neto** 24.036

Tarifa aplicada REG EXENTA

Liquidación consumo		
Consumo m3	Tarifa \$/m3	Valor \$
24036	1.035,78	24.896.008

PC-M/J/M3: 42,66 Equiv.KW 248.772 1KWH: 100,08

Liquidación valor a bolsa económica	
Faltante para contrato (m3)	Valor \$

Detalle deudas pendientes			
Factura No.	Fecha emisión	Valor factura	Saldo \$



Conceptos facturados

000 CARGO FIJO	2.600
001 CONSUMO	24.896.008

2012 MAR 23 AM 11:30

Impuestos y contribuciones

4 Contribución Res. 015/97 S/001	\$
Ajuste a la decena	\$2
Total factura	\$24.898.610
Deudas pendientes	\$
Saldos a favor	
Total a pagar	\$24.898.610
Fecha limite de pago	03/04/2012

Gas Naturals.A., ESP NIT. 900.007.813-5
 Calle 71A No. 5-30 Bogotá



(415)7707208025257(8020)9915082300078996(3900)0024898610

Mi pago a través de medios electrónicos

Entidad financiera	Número de aprobación	Fecha

Banco	Referencia de pago	Factura No.	Fecha factura	Total a pagar
	00150823	000000078996	20/03/2012	\$24.898.610

Sello del Banco

Si cancela con cheque grarlo a nombre de Gas Natural S.A., ESP

Anexo 3 Máquinas trotadoras

Technogym® - Wednesday, 07 March 2016
HOME FITNESS
COMMERCIAL FITNESS





Technogym
The Wellness Company
Productos y servicios para descubrir el Wellness con el ejercicio físico.

Inclusive Run Inclusive

Descripción del producto

Comparar versiones

	Run Inclusive 700 MD	Run Inclusive 500 MD
		
Especificaciones técnicas		
Plug & Play System		✓
Wellness System		Optional
Fast Track Control with Visual Setup	✓	✗
User Defined Language Selection	✓	✗
Min Speed (km/h mph)	0.8 0.5	
Max speed (km/h mph)	23 14.2	20 12.4
Incline (Min)	0	0%
Incline (Max)	15	15%
Running Surface (Length) (mm in)	1520	
Running Surface (Width) (mm in)	520	
Altura (mm in)	1500 59	
Ancho (mm in)	940 37	
Longitud (mm in)	2190 86	
Peso (kg lbs)	195 430	
Engine Power (Peak)	8.0 HP (AC)	8.0 HP (AC)
Alimentación	90-265 VAC ("U" version)	90-265 VAC ("U" version)
<u>Monitorización de la frecuencia cardíaca</u>	Hand Sensor, Telemetry	Hand Sensor, Telemetry
Available Programs	14 - Quick Start, Goals (Tempo; Distancia; Calorie), CPR, Perfil (8), Manual, Training Zone, Weight Loss	11 - Quick Start, Goals (Tempo; Distancia; Calorie), CPR, Perfil (8)
Submaximal test	Fitness Test	Fitness Test
Maximal test	✗	✗

Fuente: (TechnoGym)

Anexo 4 Especificaciones técnicas del analizador de redes



GSC-53/N/57/59

versión: 1.10

14. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

14.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

La precisión está indicada como [% de la lectura ± número de cifras]. Está referida a las siguientes condiciones atmosféricas: temperatura 23°C ± 5°C con humedad relativa < 60%.

14.1.1. Prueba de verificación

- MEDIDA DE LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCIÓN Y EQUIPOTENCIALES (Modalidad AUTO, RT+, RT-)

Escala [Ω]	Resolución [Ω]	Precisión*
0.01 ÷ 9.99	0.01	±(2% Lectura + 2 dgts)
10.0 ÷ 99.9	0.1	

* Se ha tenido en cuenta la calibración que elimina la resistencia del cable

Corriente de prueba	> 200mA CC para R<5Ω (incluida la calibración)	Resolución medida de la corriente: 1mA
Tensión en vacío	4V ≤ V ₀ ≤ 24V	

- MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (Mod. MAN, TIMER)

Tensión de prueba [V]	Escala [MΩ]	Resolución [MΩ]	Precisión
50	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(2% Lectura + 2 dgt) si V/R > 1μA
	10.0 ÷ 49.9	0.1	
	50.0 ÷ 99.9	0.1	
100	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(2% Lectura + 2 dgt) si V/R > 1μA
	10.0 ÷ 99.9	0.1	
	100.0 ÷ 199.9	0.1	
250	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(2% lectura + 2 digit) si V/R > 1μA
	10.0 ÷ 199.9	0.1	
	200 ÷ 249	1	
500	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(5% Lectura + 2 dgt) si V/R < 1μA
	10.0 ÷ 199.9	0.1	
	200 ÷ 499	1	
1000	0.01 ÷ 9.99	0.01	±(2% lectura + 2 digit) si V/R > 1μA
	10.0 ÷ 199.9	0.1	
	200 ÷ 999	1	
	1000 ÷ 1999	1	±(5% Lectura + 2 dgt) si V/R ≤ 1μA

Tensión de vacío	< 1.3 x Tensión de Prueba nominal
Corriente de cortocircuito	< 8.0mA a 500V programado
Corriente de medida nominal	500V > 2.2mA sobre 230kΩ
otras	> 1mA sobre 1kΩ * V _{nom}

- PRUEBA DE INTERVENCIÓN DIFERENCIAL (RCD)

Corriente de intervención nominal (I _{ΔN})	10mA, 30mA, 100mA, 300mA, 500mA
Tipo de Diferencial	AC, A, Generales y Selectivos
Tensiones fase-tierra	100V ÷ 255V
Frecuencia	50Hz +/- 0.5Hz

Tiempo de intervención t_{ΔN}

Escala [ms]	Resolución [ms]	Precisión
½ I _{ΔN} , I _{ΔN}	1	±(2% Lectura + 2 digit)
2 I _{ΔN}		
5 I _{ΔN} RCD		
1 ÷ 160 selectivos		

Tensión de Contacto U_t

Escala [V]	Resolución [V]	Precisión
0 ÷ 2U _{lim}	0.1	- 0%, +(5% Lectura + 3dgt)

U_t LIM (UL): 25V o 50V

Resistencia de tierra R_Δ sin la intervención del diferencial

Escala [Ω]	Resolución [Ω]	Precisión ΔN
1 ÷ 1999	1	- 0%, +(5% Lectura + 3dgt)

Corriente de prueba 0.5 ΔN programada en la prueba U_t
15mA en la prueba Ra 15mA

Medida de la Corriente de Intervención

Tipo RCD	I _{ΔN}	Escala I _{ΔN} [mA]	Resolución [mA]	Precisión ΔN
AC	I _{ΔN} ≤ 10mA	(0.5 ÷ 1.4) I _{ΔN}	0.1 I _{ΔN}	- 0%, +5% I _{ΔN}
A		(0.5 ÷ 2.4) I _{ΔN}	0.1 I _{ΔN}	- 0%, +5% I _{ΔN}
AC	I _{ΔN} > 10mA	(0.5 ÷ 1.4) I _{ΔN}	0.1 I _{ΔN}	- 0%, +5% I _{ΔN}
A		(0.5 ÷ 2) I _{ΔN}	0.1 I _{ΔN}	- 0%, +5% I _{ΔN}

● MEDIDA DE LA FRECUENCIA

Escala [Hz]	Resolución [Hz]	Precisión
47.0 ÷ 63.6	0.1	±(0.1%Lectura+1 dgt)

Las medidas de RCD y LOOP son activas sólo para 50Hz +/- 0.5Hz

● MEDIDA DE TENSIÓN (RCD, LOOP, SENTIDO CÍCLICO)

Escala [V]	Resolución [V]	Precisión
0 ÷ 460V	1	±(3%Lectura + 2dgts)

● MEDIDA DE LA IMPEDANCIA DE LÍNEA (fase-fase, fase-neutro)

Escala [Ω]	Resolución [Ω] *	Precisión
0.01 ÷ 9.99	0.01	±(5% lectura + 3dgts)
10.0 ÷ 199.9	0.1	

(*) 0.1 mΩ en la escala de 0.0 ÷ 199.9 mΩ (con IMP57)

Corriente de pico máxima a la tensión de prueba

127V	3.65A
230V	6.64A
400V	11.5A

 Tensión de prueba fase-neutro/fase-fase
 Frecuencia

100:255/100:440V	50Hz
50Hz +/- 0.5Hz	

● MEDIDA IMPEDANCIA DEL BUCLE DE AVERÍA (fase-terra)

Escala [Ω]	Resolución [Ω] *	Precisión
0.01 ÷ 19.99	0.01	±(5% lectura + 3dgts)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	

(*) 0.1 mΩ en la escala de 0.0 ÷ 199.9 mΩ (con IMP57)

Corriente de pico máxima a la tensión de prueba

127V	3.65A
230V	6.64A

 Tensión de prueba fase-tierra
 Frecuencia

100:255V	50Hz
50Hz +/- 0.5Hz	

● MEDIDA IMPEDANCIA DEL BUCLE DE AVERÍA SIN LA INTERVENCIÓN DEL DIFERENCIAL (fase-tierra R_e 15mA)

Escala [Ω]	Resolución [Ω]	Precisión
1 ÷ 1999	1	-0% +5% lectura + 3dgts

Corriente de prueba

15mA

Tensión de prueba fase-tierra

100:255V 50Hz

Frecuencia

50Hz +/- 0.5Hz

● MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE TIERRA A TRAVÉS DE PICAS

Escala RE[Ω]	Resolución [Ω]	Precisión
0.01 ÷ 19.99	0.01	±(5% lectura + 3 dgts)
20.0 ÷ 199.9	0.1	
200 ÷ 1999	1	

 Corriente de prueba
 Tensión de vacío

<10mA – 77.5Hz	
<20V RMS	

● MEDIDA DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

Escala ρ (*)	Resolución	Precisión
0.60 ÷ 19.99 Ωm	0.01 Ωm	±(5% lectura + 3 dgts)
20.0 ÷ 199.9 Ωm	0.1 Ωm	
200 ÷ 1999 Ωm	1 Ωm	
2.00 ÷ 99.99 kΩm	0.01 kΩm	
100.0 ÷ 125.5 kΩm	0.1 kΩm	

(*) con distancia = 10m

 Escala de programación distancia:
 Corriente de prueba
 Tensión de vacío

d: 1-10m	
<10mA – 77.5Hz	
<20V RMS	

● MEDIDA DE LA CONTINUIDAD SEGÚN EN60439-1; EN60204-1

Escala [Ω]	Resolución [Ω]	Precisión
0.001 ÷ 0.999	0.001	±(1% lectura + 2 dgts)

Corriente de prueba

> 10A CA para R< 0.45Ω

Resolución medida de la corriente:

0.1A

Tensión en vacío

Comprendida entre 6 y 12V~

Alimentación

230V~ 50Hz

● MEDIDA DE LA CONTINUIDAD SEGÚN EN60439-1; EN60204-1 (Sólo paraGSC57)

Escala [V]	Resolución [V]	Precisión
0.01 ÷ 9.99	0.01	±(1% lectura + 2 dgts)

Corriente de prueba

> 10A CA para R< 0.45Ω

Resolución medida de la corriente:

0.1A

Tensión de vacío

Menor de 12V~

Alimentación

230V~ 50Hz

14.1.2. Función ANALIZADOR y AUX
● MEDIDA DE TENSIÓN – SISTEMA MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO (AUTORANGO)

Escala [V]	Resolución [V]	Precisión	Impedancia de entrada
15 ÷ 310	0.2	±(0.5% lectura + 2 dgts)	300kΩ (Fase-Neutro)
310 ÷ 600	0.4		300kΩ (Fase-Fase)

● MEDIDA DE ANOMALÍAS DE TENSIÓN – SISTEMA MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO (selección MANUAL de la ESCALA)

Escala [V]	Resolución (Tensión)	Resolución (Tiempo)	Precisión (Tensión)	Precisión (ref. 50Hz) (Tiempo)	Impedancia de entrada
15 ÷ 310	0.2V	½ periodo (10ms)	±(1.0% lectura + 2 dgts)	± 10ms	300kΩ (Fase-Neutro)
30 ÷ 600	0.4V				300kΩ (Fase-Fase)

● MEDIDA DE LA CORRIENTE A TRAVÉS DE PINZA EXTERNA – SISTEMA MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO

Fondo Escala(*)	Resolución [mV]	Precisión	Impedancia de entrada	Protección contra sobrecargas
0.005 ÷ 0.26V	0.1	±(0.5% lectura + 2 dgts)	200kΩ	5V
0.26 ÷ 1V	0.4			

(*) Ejemplo: utilizando una pinza con fondo de escala igual a 1000A/1V, el instrumento mide corrientes superiores a 5A

● MEDIDA DE POTENCIA – SISTEMA MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO

Tipo Medida	Escala	Precisión	Resolución
POTENCIA ACTIVA	0 ÷ 999.9W	±(1.0% Lectura + 2 dgts)	0.1W
	1 ÷ 999.9kW		0.1kW
	1 ÷ 999.9MW		0.1MW
	1000 ÷ 9999MW		1MW
0 ÷ 999.9VAR	0.1VAR		
POTENCIA REACTIVA	1 ÷ 999.9kVAR	0.1kVAR	
	1 ÷ 999.9MVAR	0.1MVAR	
	1000 ÷ 9999MVAR	1MVAR	
	0 ÷ 999.9VA	0.1VA	
POTENCIA APARENTE	1 ÷ 999.9kVA	0.1kVA	
	1 ÷ 999.9MVA	0.1MVA	
	1000 ÷ 9999MVA	1MVA	
	0 ÷ 999.9Wh	0.1Wh	
ENERGÍA ACTIVA (Clase2 EN61036)	1 ÷ 999.9kWh	0.1kWh	
	1 ÷ 999.9MWh	0.1MWh	
	1000 ÷ 9999MWh	1MWh	
	0 ÷ 999.9VARh	0.1VARh	
ENERGÍA REACTIVA (Clase3 IEC1268)	1 ÷ 999.9kVARh	0.1kVARh	
	1 ÷ 999.9MVARh	0.1MVARh	
	1000 ÷ 9999MVARh	1MVARh	

● MEDIDA DE Cos φ – SISTEMA MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO

Cos φ	Resolución	Precisión expresada en grados [°]
0.20	0.01	0.6
0.50		0.7
0.80		1.0

● MEDIDA DE ARMÓNICOS – SISTEMA MONOFÁSICO Y TRIFÁSICO

Escala	Precisión base	Resolución Máxima
DC – 25H	±(5% + 2 dgts)	0.1V / 0.1A
26H – 33H	±(10% + 2 dgts)	
34H – 49H	±(15% + 2 dgts)	

Los armónicos son puestos a cero los siguientes umbrales:
 DC: si <2% del 1º armónico o si <0.2% del Fondo Escala de las Pinzas
 1º armónico: si <0.2% del Fondo Escala de las Pinzas
 2º : 49º: si <2% de la 1ª armónico o si <0.2% del Fondo Escala de las Pinzas
 La programación FLEX deshabilita la medida de la Componente DC

● MEDIDA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES (Función AUX)

Escala	Precisión	Resolución
-20°C ÷ 80 °C	±(2% Lectura + 2 dgts)	0.1 °C
0 ÷ 100% HR		0.1% HR
0.001Lux ÷ 20.00 Lux		0.001 ÷ 0.02 Lux
0.1Lux ÷ 2000 Lux		0.1 ÷ 2 Lux
1Lux ÷ 20 kLux		1 ÷ 20 Lux

● MEDIDA DE LA CORRIENTE DE FUGA (a través de Pinza HT96U opcional GSC57/59)

Escala [mA] (*)	Resolución [mA]	Precisión	Impedancia de entrada	Protección contra sobrecargas
0.5 ÷ 999.9	0.1	±(5% lectura + 2 dgts)	200kΩ	5V

(*) Durante el registro el instrumento memoriza sólo valores de corriente > 5mA con resolución 1mA

14.2. NORMATIVAS

14.2.1. Generalidades

Seguridad Instrumentos de medida	EN 61010-1 + A2 (1997)
Normas de producto	IEC61557-1, -2, -3, -4, -5, -6
Aislamiento	clase 2
Nivel de polución	2
Categoría de sobretensión	CAT II 600V~ / 350V~ respecto a tierra CAT III 600V~ / 300V~ respecto a tierra
Utilización en interiores; altitud max:	2000m
EMC	EN61326-1 (1998) + A1 (1999)

El instrumento es conforme a los requisitos de las directivas europeas para el marcaje CE.

14.2.2. Normativas de las medidas de verificación

LOW Ω (>200mA):	ITCBT03,UNE20460,CEI 64-8 612.2, IEC 61557-4
M Ω :	ITCBT019,UNE20460,CE 64-8 612.3,IEC 61557-2
RCD:	UNE 20-383/75, CEI 64-8 612.9 e ap.D , IEC 61557-6
LOOP P-P, P-N, P-PE:	ITCBT03,UNE20460,CEI64-8 612.6.3,IEC61557-3
PHASE SEQUENCE:	IEC 61557-7
EARTH:	ITCBT03,UNE20460,CEI64-8612.6.2,IEC 61557-5

14.2.3. Normativa para las medidas de potencia

Características de la tensión suministrada de las redes públicas EN50160
Contadores eléctricos estáticos de energía activa para corriente CA EN61036(Clase2)
Contadores eléctricos estáticos de energía reactiva para corriente CA IEC1268 (Clase3)

14.2.4. AUX

Medidas Sonométricas (con Sonda HT55)	EN60651:1994/A1 Clase1 EN60804:1994/A2 Clase1
---------------------------------------	--

14.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Características mecánicas

Dimensiones	225 x 165 x 105 mm
Pesos (pilas incluidas)	aprox. 1,2kg GSC53-N-59 aprox. 1,7Kg. GSC57

Alimentación

Pilas 6 pilas 1.5-LR6-AA-AM3-MN 1500

Autonomía Pilas:

LOW Ω :	> 800 pruebas
M Ω :	> 500 pruebas
RCD:	> 1000 pruebas
LOOP P-P, P-N, P-PE	> 1000 pruebas
Ra \perp :	> 1000 pruebas
EARTH:	> 1000 pruebas
SECUENCIA FASES:	> 1000 pruebas
AUX (Med. en Tiempo Real):	> 20 horas
AUX (Registro):	> 20 horas
ANALIZADOR (Med. en Tiempo Real):	> 20 horas
ANALIZADOR (Registro):	> 20 horas

Alimentador Externo	Cod. A0050 220V/50Hz Cód. A0053 110V/60Hz (unciones AUX y ANALIZADOR)
---------------------	---

Visualizador

Características	Modulo gráfico de matriz de punto retroiluminado
Resolución	128x128
Area visible	73mmx73mm

Memoria:

Memoria	2Mb
Prueba de verificación	max. 999 medidas
Registro AUX y ANALIZADOR	Ver párrafo 11.2

Interfaz:

Puerto serie RS232 optoaislada para transferir a un PC los resultados de las medidas.

14.4. CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura de referencia	23° \pm 5°C
Temperatura de uso	0° \div 40°C
Humedad relativa de Uso	< 80%
Temperatura de almacenamiento	-10 \div 60°C
Humedad de almacenamiento	< 80%

Anexo 5 Tabla de datos recogidos de potencia activa

Tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+_Max [W]	P1+_Max [W]	P2+_Max [W]	P3+_Max [W]
06/03/2012 01:39:00 PM	55665	20080	18555	17030
06/03/2012 01:44:00 PM	49297,5	18555	16432,5	14310
06/03/2012 01:49:00 PM	51142,5	18555	17047,5	15540
06/03/2012 01:54:00 PM	54382,5	18555	18127,5	17700
06/03/2012 01:59:00 PM	58207,5	18555	19402,5	20250
06/03/2012 02:04:00 PM	54307,5	18555	18102,5	17650
06/03/2012 02:09:00 PM	50737,5	18555	16912,5	15270
06/03/2012 02:14:00 PM	49020	16810	16340	15870
06/03/2012 02:19:00 PM	50790	16930	16930	16930
06/03/2012 02:24:00 PM	56265	18650	18755	18860
06/03/2012 02:29:00 PM	50310	17300	16770	16240
06/03/2012 02:34:00 PM	52365	18200	17455	16710
06/03/2012 02:39:00 PM	54090	18050	18030	18010
06/03/2012 02:44:00 PM	57315	18120	19105	20090
06/03/2012 02:49:00 PM	55245	18050	18415	18780
06/03/2012 02:54:00 PM	55920	18930	18640	18350
06/03/2012 02:59:00 PM	53430	18020	17810	17600
06/03/2012 03:04:00 PM	55290	18050	18430	18810
06/03/2012 03:09:00 PM	49800	16600	16600	16600
06/03/2012 03:14:00 PM	53160	17940	17720	17500
06/03/2012 03:19:00 PM	38145	12610	12715	12820
06/03/2012 03:24:00 PM	52545	17950	17515	17080
06/03/2012 03:29:00 PM	53145	18820	17715	16610
06/03/2012 03:34:00 PM	50010	16840	16670	16500
06/03/2012 03:39:00 PM	54150	18900	18050	17200
06/03/2012 03:44:00 PM	53445	18390	17815	17240
06/03/2012 03:49:00 PM	55695	18180	18565	18950
06/03/2012 03:54:00 PM	55770	17740	18590	19440
06/03/2012 03:59:00 PM	53670	18030	17890	17750
06/03/2012 04:04:00 PM	53925	18440	17975	17510
06/03/2012 04:09:00 PM	55035	18250	18345	18440
06/03/2012 04:14:00 PM	55140	17720	18380	19040
06/03/2012 04:19:00 PM	41580	13920	13860	13800
06/03/2012 04:24:00 PM	53475	17520	17825	18130
06/03/2012 04:29:00 PM	57210	16910	19070	21230
06/03/2012 04:34:00 PM	54645	17880	18215	18550
06/03/2012 04:39:00 PM	55965	18120	18655	19190
06/03/2012 04:44:00 PM	46575	14020	15525	17030
06/03/2012 04:49:00 PM	54975	18180	18325	18470
06/03/2012 04:54:00 PM	51780	17070	17260	17450
06/03/2012 04:59:00 PM	40065	12290	13355	14420
06/03/2012 05:04:00 PM	52605	17100	17535	17970
06/03/2012 05:09:00 PM	56520	18390	18840	19290
06/03/2012 05:14:00 PM	38235	12630	12745	12860
06/03/2012 05:19:00 PM	49140	16320	16380	16440
06/03/2012 05:24:00 PM	39075	12100	13025	13950
06/03/2012 05:29:00 PM	63120	19210	21040	22870
06/03/2012 05:34:00 PM	48195	14000	16065	18130
06/03/2012 05:39:00 PM	63285	20170	21095	22020
06/03/2012 05:44:00 PM	53235	16260	17745	19230
06/03/2012 05:49:00 PM	65850	21840	21950	22060

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
06/03/2012 05:54:00 PM	70455	23580	23485	23390
06/03/2012 05:59:00 PM	76620	23990	25540	27090
06/03/2012 06:04:00 PM	59955	18730	19985	21240
06/03/2012 06:09:00 PM	71505	23610	23835	24060
06/03/2012 06:14:00 PM	70530	23160	23510	23860
06/03/2012 06:19:00 PM	56490	17880	18830	19780
06/03/2012 06:24:00 PM	58305	18560	19435	20310
06/03/2012 06:29:00 PM	71715	23410	23905	24400
06/03/2012 06:34:00 PM	59235	18910	19745	20580
06/03/2012 06:39:00 PM	71955	24240	23985	23730
06/03/2012 06:44:00 PM	60630	18680	20210	21740
06/03/2012 06:49:00 PM	62115	19780	20705	21630
06/03/2012 06:54:00 PM	74835	23630	24945	26260
06/03/2012 06:59:00 PM	58515	18200	19505	20810
06/03/2012 07:04:00 PM	69135	22770	23045	23320
06/03/2012 07:09:00 PM	56640	17950	18880	19810
06/03/2012 07:14:00 PM	69795	23500	23265	23030
06/03/2012 07:19:00 PM	57810	17230	19270	21310
06/03/2012 07:24:00 PM	56400	16780	18800	20820
06/03/2012 07:29:00 PM	55680	17100	18560	20020
06/03/2012 07:34:00 PM	65610	21510	21870	22230
06/03/2012 07:39:00 PM	56475	16780	18825	20870
06/03/2012 07:44:00 PM	65985	21800	21995	22190
06/03/2012 07:49:00 PM	53730	16340	17910	19480
06/03/2012 07:54:00 PM	56505	16940	18835	20730
06/03/2012 07:59:00 PM	56985	17140	18995	20850
06/03/2012 08:04:00 PM	70500	23230	23500	23770
06/03/2012 08:09:00 PM	53955	17420	17985	18550
06/03/2012 08:14:00 PM	55260	18120	18420	18720
06/03/2012 08:19:00 PM	52245	16750	17415	18080
06/03/2012 08:24:00 PM	51450	16830	17150	17470
06/03/2012 08:29:00 PM	52125	17540	17375	17210
06/03/2012 08:34:00 PM	53295	17890	17765	17640
06/03/2012 08:39:00 PM	52665	17520	17555	17590
06/03/2012 08:44:00 PM	51195	16640	17065	17490
06/03/2012 08:49:00 PM	50265	16220	16755	17290
06/03/2012 08:54:00 PM	50580	15820	16860	17900
06/03/2012 08:59:00 PM	49605	15560	16535	17510
06/03/2012 09:04:00 PM	49350	16010	16450	16890
06/03/2012 09:09:00 PM	49350	15910	16450	16990
06/03/2012 09:14:00 PM	51240	16170	17080	17990
06/03/2012 09:19:00 PM	49515	15390	16505	17620
06/03/2012 09:24:00 PM	49395	16040	16465	16890
06/03/2012 09:29:00 PM	63600	20560	21200	21840
06/03/2012 09:34:00 PM	53280	16890	17760	18630
06/03/2012 09:39:00 PM	47475	15340	15825	16310
06/03/2012 09:44:00 PM	46590	14750	15530	16310
06/03/2012 09:49:00 PM	40065	12970	13355	13740
06/03/2012 09:54:00 PM	26631	7104	8877	10650
06/03/2012 09:59:00 PM	26770,5	6797	8923,5	11050
06/03/2012 10:04:00 PM	23265	5960	7755	9550
06/03/2012 10:09:00 PM	22737	6020	7579	9138
06/03/2012 10:14:00 PM	21460,5	5459	7153,5	8848
06/03/2012 10:19:00 PM	22890	6335	7630	8925

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
06/03/2012 10:24:00 PM	24184,5	7273	8061,5	8850
06/03/2012 10:29:00 PM	26970	7320	8990	10660
06/03/2012 10:34:00 PM	27388,5	7819	9129,5	10440
06/03/2012 10:39:00 PM	28269	7556	9423	11290
06/03/2012 10:44:00 PM	29403	8442	9801	11160
06/03/2012 10:49:00 PM	31422	8988	10474	11960
06/03/2012 10:54:00 PM	37215	11170	12405	13640
06/03/2012 10:59:00 PM	38700	11870	12900	13930
06/03/2012 11:04:00 PM	40320	12210	13440	14670
06/03/2012 11:09:00 PM	37845	11560	12615	13670
06/03/2012 11:14:00 PM	38265	11850	12755	13660
06/03/2012 11:19:00 PM	39000	12120	13000	13880
06/03/2012 11:24:00 PM	38985	12180	12995	13810
06/03/2012 11:29:00 PM	36915	11040	12305	13570
06/03/2012 11:34:00 PM	37785	11630	12595	13560
06/03/2012 11:39:00 PM	38010	11780	12670	13560
06/03/2012 11:44:00 PM	38775	12090	12925	13760
06/03/2012 11:49:00 PM	38535	11960	12845	13730
06/03/2012 11:54:00 PM	39825	11970	13275	14580
06/03/2012 11:59:00 PM	37950	11670	12650	13630
07/03/2012 12:04:00 AM	37275	11200	12425	13650
07/03/2012 12:09:00 AM	37275	11300	12425	13550
07/03/2012 12:14:00 AM	37155	11140	12385	13630
07/03/2012 12:19:00 AM	35925	11150	11975	12800
07/03/2012 12:24:00 AM	35955	11080	11985	12890
07/03/2012 12:29:00 AM	35655	10780	11885	12990
07/03/2012 12:34:00 AM	55200	18020	18400	18780
07/03/2012 12:39:00 AM	41595	13200	13865	14530
07/03/2012 12:44:00 AM	39615	12020	13205	14390
07/03/2012 12:49:00 AM	40050	12420	13350	14280
07/03/2012 12:54:00 AM	40890	12810	13630	14450
07/03/2012 12:59:00 AM	40515	12470	13505	14540
07/03/2012 01:04:00 AM	39225	11590	13075	14560
07/03/2012 01:09:00 AM	42840	13150	14280	15410
07/03/2012 01:14:00 AM	39645	12140	13215	14290
07/03/2012 01:19:00 AM	41460	13200	13820	14440
07/03/2012 01:24:00 AM	40860	12710	13620	14530
07/03/2012 01:29:00 AM	40800	12820	13600	14380
07/03/2012 01:34:00 AM	40545	12630	13515	14400
07/03/2012 01:39:00 AM	41895	13470	13965	14460
07/03/2012 01:44:00 AM	42195	12690	14065	15440
07/03/2012 01:49:00 AM	41895	13450	13965	14480
07/03/2012 01:54:00 AM	40575	12810	13525	14240
07/03/2012 01:59:00 AM	39915	12170	13305	14440
07/03/2012 02:04:00 AM	58200	18360	19400	20440
07/03/2012 02:09:00 AM	41835	13420	13945	14470
07/03/2012 02:14:00 AM	41565	13040	13855	14670
07/03/2012 02:19:00 AM	39840	12150	13280	14410
07/03/2012 02:24:00 AM	40740	12750	13580	14410
07/03/2012 02:29:00 AM	40410	12580	13470	14360
07/03/2012 02:34:00 AM	40800	12270	13600	14930
07/03/2012 02:39:00 AM	41160	12460	13720	14980
07/03/2012 02:44:00 AM	38460	11670	12820	13970
07/03/2012 02:49:00 AM	41430	11990	13810	15630
07/03/2012 02:54:00 AM	41340	11620	13780	15940

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
07/03/2012 02:59:00 AM	39540	11390	13180	14970
07/03/2012 03:04:00 AM	39600	12420	13200	13980
07/03/2012 03:09:00 AM	40530	13150	13510	13870
07/03/2012 03:14:00 AM	39405	12410	13135	13860
07/03/2012 03:19:00 AM	42675	11780	14225	16670
07/03/2012 03:24:00 AM	39270	11240	13090	14940
07/03/2012 03:29:00 AM	39195	12130	13065	14000
07/03/2012 03:34:00 AM	39585	12520	13195	13870
07/03/2012 03:39:00 AM	39615	12460	13205	13950
07/03/2012 03:44:00 AM	36300	11640	12100	12560
07/03/2012 03:49:00 AM	41325	12000	13775	15550
07/03/2012 03:54:00 AM	38265	11580	12755	13930
07/03/2012 03:59:00 AM	39795	12600	13265	13930
07/03/2012 04:04:00 AM	37515	11080	12505	13930
07/03/2012 04:09:00 AM	38925	12050	12975	13900
07/03/2012 04:14:00 AM	40035	11710	13345	14980
07/03/2012 04:19:00 AM	38445	11710	12815	13920
07/03/2012 04:24:00 AM	42735	14700	14245	13790
07/03/2012 04:29:00 AM	39780	12690	13260	13830
07/03/2012 04:34:00 AM	39450	12500	13150	13800
07/03/2012 04:39:00 AM	39870	12580	13290	14000
07/03/2012 04:44:00 AM	39045	12070	13015	13960
07/03/2012 04:49:00 AM	44415	15810	14805	13800
07/03/2012 04:54:00 AM	40560	13280	13520	13760
07/03/2012 04:59:00 AM	41850	15330	13950	12570
07/03/2012 05:04:00 AM	37650	12420	12550	12680
07/03/2012 05:09:00 AM	37080	12000	12360	12720
07/03/2012 05:14:00 AM	37980	11770	12660	13550
07/03/2012 05:19:00 AM	38115	11890	12705	13520
07/03/2012 05:24:00 AM	34890	10990	11630	12270
07/03/2012 05:29:00 AM	35070	11010	11690	12370
07/03/2012 05:34:00 AM	33480	11180	11160	11140
07/03/2012 05:39:00 AM	27993	8752	9331	9910
07/03/2012 05:44:00 AM	30244,5	10260	10081,5	9903
07/03/2012 05:49:00 AM	45525	15880	15175	14470
07/03/2012 05:54:00 AM	31485	10170	10495	10820
07/03/2012 05:59:00 AM	31099,5	9693	10366,5	11040
07/03/2012 06:04:00 AM	37335	11370	12445	13520
07/03/2012 06:09:00 AM	35775	10350	11925	13500
07/03/2012 06:14:00 AM	36600	11070	12200	13330
07/03/2012 06:19:00 AM	36180	10360	12060	13760
07/03/2012 06:24:00 AM	35250	10970	11750	12530
07/03/2012 06:29:00 AM	49050	16460	16350	16240
07/03/2012 06:34:00 AM	33570	10240	11190	12140
07/03/2012 06:39:00 AM	32571	9454	10857	12260
07/03/2012 06:44:00 AM	37950	11060	12650	14240
07/03/2012 06:49:00 AM	39600	11360	13200	15040
07/03/2012 06:54:00 AM	44655	12940	14885	16830
07/03/2012 06:59:00 AM	53565	17540	17855	18170
07/03/2012 07:04:00 AM	37695	12840	12565	12290
07/03/2012 07:09:00 AM	41475	11830	13825	15820
07/03/2012 07:14:00 AM	53205	17530	17735	17940
07/03/2012 07:19:00 AM	38370	12360	12790	13220
07/03/2012 07:24:00 AM	39150	12310	13050	13790
07/03/2012 07:29:00 AM	53175	17960	17725	17490

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
07/03/2012 07:34:00 AM	36810	12050	12270	12490
07/03/2012 07:39:00 AM	50820	18360	16940	15520
07/03/2012 07:44:00 AM	36675	12580	12225	11870
07/03/2012 07:49:00 AM	35145	11520	11715	11910
07/03/2012 07:54:00 AM	50655	17670	16885	16100
07/03/2012 07:59:00 AM	34800	11630	11600	11570
07/03/2012 08:04:00 AM	48990	17370	16330	15290
07/03/2012 08:09:00 AM	51390	17300	17130	16960
07/03/2012 08:14:00 AM	57690	17890	19230	20570
07/03/2012 08:19:00 AM	36225	10910	12075	13240
07/03/2012 08:24:00 AM	48390	15620	16130	16640
07/03/2012 08:29:00 AM	37320	12220	12440	12660
07/03/2012 08:34:00 AM	46845	15930	15615	15300
07/03/2012 08:39:00 AM	40260	12190	13420	14650
07/03/2012 08:44:00 AM	53145	17950	17715	17480
07/03/2012 08:49:00 AM	57945	19070	19315	19560
07/03/2012 08:54:00 AM	56895	19340	18965	18590
07/03/2012 08:59:00 AM	53580	19200	17860	16520
07/03/2012 09:04:00 AM	49170	17600	16390	15180
07/03/2012 09:09:00 AM	54015	18010	18005	18000
07/03/2012 09:14:00 AM	54585	18970	18195	17420
07/03/2012 09:19:00 AM	53205	18030	17735	17440
07/03/2012 09:24:00 AM	42255	14130	14085	14040
07/03/2012 09:29:00 AM	38280	12660	12760	12860
07/03/2012 09:34:00 AM	54180	17240	18060	18880
07/03/2012 09:39:00 AM	52845	18740	17615	16490
07/03/2012 09:44:00 AM	37875	12620	12625	12630
07/03/2012 09:49:00 AM	56205	18630	18735	18840
07/03/2012 09:54:00 AM	54975	19870	18325	16780
07/03/2012 09:59:00 AM	37050	12270	12350	12430
07/03/2012 10:04:00 AM	50460	17190	16820	16450
07/03/2012 10:09:00 AM	55590	18760	18530	18300
07/03/2012 10:14:00 AM	53700	17710	17900	18090
07/03/2012 10:19:00 AM	35850	12210	11950	11690
07/03/2012 10:24:00 AM	51510	18260	17170	16080
07/03/2012 10:29:00 AM	49725	16210	16575	16940
07/03/2012 10:34:00 AM	51165	19110	17055	15000
07/03/2012 10:39:00 AM	48375	17990	16125	14260
07/03/2012 10:44:00 AM	46275	17010	15425	13840
07/03/2012 10:49:00 AM	51885	17280	17295	17310
07/03/2012 10:54:00 AM	47865	17430	15955	14480
07/03/2012 10:59:00 AM	45270	16160	15090	14020
07/03/2012 11:04:00 AM	50160	17400	16720	16040
07/03/2012 11:09:00 AM	55830	17960	18610	19260
07/03/2012 11:14:00 AM	53160	17620	17720	17820
07/03/2012 11:19:00 AM	51675	18080	17225	16370
07/03/2012 11:24:00 AM	41100	13600	13700	13800
07/03/2012 11:29:00 AM	53190	18650	17730	16810
07/03/2012 11:34:00 AM	55155	18000	18385	18770
07/03/2012 11:39:00 AM	43035	14910	14345	13780
07/03/2012 11:44:00 AM	53415	18160	17805	17450
07/03/2012 11:49:00 AM	50715	17240	16905	16570
07/03/2012 11:54:00 AM	52905	17150	17635	18120
07/03/2012 11:59:00 AM	56385	18270	18795	19320
07/03/2012 12:04:00 PM	51195	17680	17065	16450

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
07/03/2012 12:09:00 PM	51480	15910	17160	18410
07/03/2012 12:14:00 PM	58350	20340	19450	18560
07/03/2012 12:19:00 PM	55200	18610	18400	18190
07/03/2012 12:24:00 PM	54960	18240	18320	18400
07/03/2012 12:29:00 PM	56070	18740	18690	18640
07/03/2012 12:34:00 PM	61965	20200	20655	21110
07/03/2012 12:39:00 PM	52830	18470	17610	16750
07/03/2012 12:44:00 PM	53640	18560	17880	17200
07/03/2012 12:49:00 PM	50655	17540	16885	16230
07/03/2012 12:54:00 PM	54930	18920	18310	17700
07/03/2012 12:59:00 PM	52905	17540	17635	17730
07/03/2012 01:04:00 PM	55020	18220	18340	18460
07/03/2012 01:09:00 PM	46065	15830	15355	14880
07/03/2012 01:14:00 PM	55515	18630	18505	18380
07/03/2012 01:19:00 PM	59910	18800	19970	21140
07/03/2012 01:24:00 PM	60705	19520	20235	20950
07/03/2012 01:29:00 PM	42585	14250	14195	14140
07/03/2012 01:34:00 PM	59430	18080	19810	21540
07/03/2012 01:39:00 PM	54375	18360	18125	17890
07/03/2012 01:44:00 PM	54315	17110	18105	19100
07/03/2012 01:49:00 PM	56880	18480	18960	19440
07/03/2012 01:54:00 PM	59010	17800	19670	21540
07/03/2012 01:59:00 PM	40950	12540	13650	14760
07/03/2012 02:04:00 PM	53025	17160	17675	18190
07/03/2012 02:09:00 PM	47940	16410	15980	15550
07/03/2012 02:14:00 PM	56835	19260	18945	18630
07/03/2012 02:19:00 PM	51630	17630	17210	16790
07/03/2012 02:24:00 PM	55260	18180	18420	18660
07/03/2012 02:29:00 PM	52515	17810	17505	17200
07/03/2012 02:34:00 PM	53130	18620	17710	16800
07/03/2012 02:39:00 PM	57930	18650	19310	19970
07/03/2012 02:44:00 PM	55200	18140	18400	18660
07/03/2012 02:49:00 PM	53925	18170	17975	17780
07/03/2012 02:54:00 PM	51525	17640	17175	16710
07/03/2012 02:59:00 PM	53175	18010	17725	17440
07/03/2012 03:04:00 PM	39390	12660	13130	13600
07/03/2012 03:09:00 PM	57000	17980	19000	20020
07/03/2012 03:14:00 PM	37785	12140	12595	13050
07/03/2012 03:19:00 PM	52710	17980	17570	17160
07/03/2012 03:24:00 PM	52695	18480	17565	16650
07/03/2012 03:29:00 PM	41070	12270	13690	15110
07/03/2012 03:34:00 PM	50010	17410	16670	15930
07/03/2012 03:39:00 PM	56025	19360	18675	17990
07/03/2012 03:44:00 PM	43230	13720	14410	15100
07/03/2012 03:49:00 PM	60330	20130	20110	20090
07/03/2012 03:54:00 PM	56520	19170	18840	18510
07/03/2012 03:59:00 PM	58320	20230	19440	18650
07/03/2012 04:04:00 PM	53880	18850	17960	17070
07/03/2012 04:09:00 PM	56370	18280	18790	19300
07/03/2012 04:14:00 PM	51570	17430	17190	16950
07/03/2012 04:19:00 PM	52515	18100	17505	16910
07/03/2012 04:24:00 PM	43125	14830	14375	13920
07/03/2012 04:29:00 PM	62100	19150	20700	22250
07/03/2012 04:34:00 PM	39765	11750	13255	14760
07/03/2012 04:39:00 PM	39750	11680	13250	14820

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+_ Max [W]	P1+_ Max [W]	P2+_ Max [W]	P3+_ Max [W]
07/03/2012 04:44:00 PM	54720	18060	18240	18420
07/03/2012 04:49:00 PM	42480	11820	14160	16500
07/03/2012 04:54:00 PM	43110	11850	14370	16890
07/03/2012 04:59:00 PM	41550	11310	13850	16390
07/03/2012 05:04:00 PM	51585	16250	17195	18140
07/03/2012 05:09:00 PM	43575	12510	14525	16540
07/03/2012 05:14:00 PM	57525	18040	19175	20310
07/03/2012 05:19:00 PM	41100	12020	13700	15380
07/03/2012 05:24:00 PM	55245	17150	18415	19680
07/03/2012 05:29:00 PM	51135	13260	17045	20830
07/03/2012 05:34:00 PM	62835	19380	20945	22510
07/03/2012 05:39:00 PM	65220	19520	21740	23960
07/03/2012 05:44:00 PM	55425	17480	18475	19470
07/03/2012 05:49:00 PM	59565	17520	19855	22190
07/03/2012 05:54:00 PM	59400	17330	19800	22270
07/03/2012 05:59:00 PM	67200	21570	22400	23230
07/03/2012 06:04:00 PM	69375	21710	23125	24540
07/03/2012 06:09:00 PM	70560	23430	23520	23610
07/03/2012 06:14:00 PM	58560	18720	19520	20320
07/03/2012 06:19:00 PM	70830	23780	23610	23440
07/03/2012 06:24:00 PM	56730	17900	18910	19920
07/03/2012 06:29:00 PM	67860	23140	22620	22100
07/03/2012 06:34:00 PM	60045	19340	20015	20690
07/03/2012 06:39:00 PM	73830	23290	24610	25930
07/03/2012 06:44:00 PM	59325	19500	19775	20050
07/03/2012 06:49:00 PM	57510	18280	19170	20060
07/03/2012 06:54:00 PM	55845	17740	18615	19490
07/03/2012 06:59:00 PM	67800	22540	22600	22660
07/03/2012 07:04:00 PM	58395	18090	19465	20840
07/03/2012 07:09:00 PM	57510	17520	19170	20820
07/03/2012 07:14:00 PM	69540	22510	23180	23850
07/03/2012 07:19:00 PM	57375	17020	19125	21230
07/03/2012 07:24:00 PM	54870	16790	18290	19790
07/03/2012 07:29:00 PM	55455	17850	18485	19120
07/03/2012 07:34:00 PM	56760	17770	18920	20070
07/03/2012 07:39:00 PM	52635	16480	17545	18610
07/03/2012 07:44:00 PM	53220	15760	17740	19720
07/03/2012 07:49:00 PM	64215	20340	21405	22470
07/03/2012 07:54:00 PM	50580	16590	16860	17130
07/03/2012 07:59:00 PM	48975	15300	16325	17350
07/03/2012 08:04:00 PM	51255	15640	17085	18530
07/03/2012 08:09:00 PM	50655	14850	16885	18920
07/03/2012 08:14:00 PM	50190	15680	16730	17780
07/03/2012 08:19:00 PM	51510	16320	17170	18020
07/03/2012 08:24:00 PM	53010	16830	17670	18510
07/03/2012 08:29:00 PM	66255	21130	22085	23040
07/03/2012 08:34:00 PM	49530	15260	16510	17760
07/03/2012 08:39:00 PM	49485	15370	16495	17620
07/03/2012 08:44:00 PM	49575	15460	16525	17590
07/03/2012 08:49:00 PM	48300	15080	16100	17120
07/03/2012 08:54:00 PM	48405	14980	16135	17290
07/03/2012 08:59:00 PM	49560	15600	16520	17440
07/03/2012 09:04:00 PM	50715	15260	16905	18550
07/03/2012 09:09:00 PM	49140	15120	16380	17640
07/03/2012 09:14:00 PM	48195	14960	16065	17170

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
07/03/2012 09:19:00 PM	47970	14550	15990	17430
07/03/2012 09:24:00 PM	47160	14520	15720	16920
07/03/2012 09:29:00 PM	47535	14640	15845	17050
07/03/2012 09:34:00 PM	46320	13870	15440	17010
07/03/2012 09:39:00 PM	46425	13510	15475	17440
07/03/2012 09:44:00 PM	44355	13530	14785	16040
07/03/2012 09:49:00 PM	42720	12520	14240	15960
07/03/2012 09:54:00 PM	39375	11150	13125	15100
07/03/2012 09:59:00 PM	29571	7254	9857	12460
07/03/2012 10:04:00 PM	22276,5	5760	7425,5	9091
07/03/2012 10:09:00 PM	21310,5	5533	7103,5	8674
07/03/2012 10:14:00 PM	21408	5579	7136	8693
07/03/2012 10:19:00 PM	21505,5	5531	7168,5	8806
07/03/2012 10:24:00 PM	19843,5	4448	6614,5	8781
07/03/2012 10:29:00 PM	39313,5	9909	13104,5	16300
07/03/2012 10:34:00 PM	32809,5	9623	10936,5	12250
07/03/2012 10:39:00 PM	25786,5	6831	8595,5	10360
07/03/2012 10:44:00 PM	33679,5	9843	11226,5	12610
07/03/2012 10:49:00 PM	34740	10340	11580	12820
07/03/2012 10:54:00 PM	35307	9838	11769	13700
07/03/2012 10:59:00 PM	37095	11040	12365	13690
07/03/2012 11:04:00 PM	36930	10840	12310	13780
07/03/2012 11:09:00 PM	38055	10680	12685	14690
07/03/2012 11:14:00 PM	36375	10700	12125	13550
07/03/2012 11:19:00 PM	40410	13480	13470	13460
07/03/2012 11:24:00 PM	39795	13160	13265	13370
07/03/2012 11:29:00 PM	41715	13340	13905	14470
07/03/2012 11:34:00 PM	37815	11710	12605	13500
07/03/2012 11:39:00 PM	37455	11620	12485	13350
07/03/2012 11:44:00 PM	40815	12890	13605	14320
07/03/2012 11:49:00 PM	37785	10880	12595	14310
07/03/2012 11:54:00 PM	35400	10030	11800	13570
07/03/2012 11:59:00 PM	41160	13250	13720	14190
08/03/2012 12:04:00 AM	38850	10850	12950	15050
08/03/2012 12:09:00 AM	35895	11160	11965	12770
08/03/2012 12:14:00 AM	36705	10440	12235	14030
08/03/2012 12:19:00 AM	35803,5	9909	11934,5	13960
08/03/2012 12:24:00 AM	36210	10000	12070	14140
08/03/2012 12:29:00 AM	34480,5	8957	11493,5	14030
08/03/2012 12:34:00 AM	36315	10180	12105	14030
08/03/2012 12:39:00 AM	33517,5	9125	11172,5	13220
08/03/2012 12:44:00 AM	34497	9828	11499	13170
08/03/2012 12:49:00 AM	32955	8640	10985	13330
08/03/2012 12:54:00 AM	34176	9554	11392	13230
08/03/2012 12:59:00 AM	34366,5	9841	11455,5	13070
08/03/2012 01:04:00 AM	34509	9796	11503	13210
08/03/2012 01:09:00 AM	32872,5	9055	10957,5	12860
08/03/2012 01:14:00 AM	32430	8580	10810	13040
08/03/2012 01:19:00 AM	38145	11760	12715	13670
08/03/2012 01:24:00 AM	32785,5	9087	10928,5	12770
08/03/2012 01:29:00 AM	33583,5	9479	11194,5	12910
08/03/2012 01:34:00 AM	32172	8538	10724	12910
08/03/2012 01:39:00 AM	33924	8646	11308	13970
08/03/2012 01:44:00 AM	32839,5	8983	10946,5	12910
08/03/2012 01:49:00 AM	32700	8830	10900	12970

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+_Max [W]	P1+_Max [W]	P2+_Max [W]	P3+_Max [W]
08/03/2012 01:54:00 AM	33774	9486	11258	13030
08/03/2012 01:59:00 AM	36447	9108	12149	15190
08/03/2012 02:04:00 AM	32790	8870	10930	12990
08/03/2012 02:09:00 AM	33301,5	9111	11100,5	13090
08/03/2012 02:14:00 AM	31918,5	8319	10639,5	12960
08/03/2012 02:19:00 AM	34582,5	9135	11527,5	13920
08/03/2012 02:24:00 AM	35896,5	9661	11965,5	14270
08/03/2012 02:29:00 AM	33399	9276	11133	12990
08/03/2012 02:34:00 AM	32316	8424	10772	13120
08/03/2012 02:39:00 AM	33100,5	9097	11033,5	12970
08/03/2012 02:44:00 AM	32968,5	9049	10989,5	12930
08/03/2012 02:49:00 AM	36295,5	9657	12098,5	14540
08/03/2012 02:54:00 AM	32253	8452	10751	13050
08/03/2012 02:59:00 AM	35550	10660	11850	13040
08/03/2012 03:04:00 AM	39135	11710	13045	14380
08/03/2012 03:09:00 AM	40875	11950	13625	15300
08/03/2012 03:14:00 AM	41280	11830	13760	15690
08/03/2012 03:19:00 AM	38775	11590	12925	14260
08/03/2012 03:24:00 AM	38925	11500	12975	14450
08/03/2012 03:29:00 AM	40080	11340	13360	15380
08/03/2012 03:34:00 AM	37620	10810	12540	14270
08/03/2012 03:39:00 AM	52920	17290	17640	17990
08/03/2012 03:44:00 AM	40260	12430	13420	14410
08/03/2012 03:49:00 AM	39090	11540	13030	14520
08/03/2012 03:54:00 AM	37665	10720	12555	14390
08/03/2012 03:59:00 AM	38640	11470	12880	14290
08/03/2012 04:04:00 AM	41550	11330	13850	16370
08/03/2012 04:09:00 AM	40950	11990	13650	15310
08/03/2012 04:14:00 AM	38910	11550	12970	14390
08/03/2012 04:19:00 AM	39180	11810	13060	14310
08/03/2012 04:24:00 AM	40245	11570	13415	15260
08/03/2012 04:29:00 AM	38520	11530	12840	14150
08/03/2012 04:34:00 AM	41190	11710	13730	15750
08/03/2012 04:39:00 AM	38745	11430	12915	14400
08/03/2012 04:44:00 AM	52755	17270	17585	17900
08/03/2012 04:49:00 AM	39360	12010	13120	14230
08/03/2012 04:54:00 AM	37665	11030	12555	14080
08/03/2012 04:59:00 AM	39330	12180	13110	14040
08/03/2012 05:04:00 AM	38100	11520	12700	13880
08/03/2012 05:09:00 AM	36450	11410	12150	12890
08/03/2012 05:14:00 AM	35655	10660	11885	13110
08/03/2012 05:19:00 AM	36645	11590	12215	12840
08/03/2012 05:24:00 AM	36825	11700	12275	12850
08/03/2012 05:29:00 AM	39180	12150	13060	13970
08/03/2012 05:34:00 AM	33180	11430	11060	10690
08/03/2012 05:39:00 AM	29868	9562	9956	10350
08/03/2012 05:44:00 AM	27757,5	8571	9252,5	9934
08/03/2012 05:49:00 AM	30324	10290	10108	9926
08/03/2012 05:54:00 AM	30862,5	9915	10287,5	10660
08/03/2012 05:59:00 AM	31051,5	9731	10350,5	10970
08/03/2012 06:04:00 AM	53160	16900	17720	18540
08/03/2012 06:09:00 AM	33960	10850	11320	11790
08/03/2012 06:14:00 AM	37998	9652	12666	15680
08/03/2012 06:19:00 AM	34561,5	9561	11520,5	13480
08/03/2012 06:24:00 AM	34827	9408	11609	13810

Continuación tabla 61. Datos de potencia activa obtenidos con el analizador de redes.

	Potencia total	Potencia L1	Potencia L2	Potencia L3
Time	Pt+ _Max [W]	P1+ _Max [W]	P2+ _Max [W]	P3+ _Max [W]
08/03/2012 06:29:00 AM	38835	10070	12945	15820
08/03/2012 06:34:00 AM	36655,5	9587	12218,5	14850
08/03/2012 06:39:00 AM	37056	9714	12352	14990
08/03/2012 06:44:00 AM	38505	10400	12835	15270
08/03/2012 06:49:00 AM	37855,5	9537	12618,5	15700
08/03/2012 06:54:00 AM	38805	10350	12935	15520
08/03/2012 06:59:00 AM	39660	11010	13220	15430
08/03/2012 07:04:00 AM	51570	17260	17190	17120
08/03/2012 07:09:00 AM	40605	12980	13535	14090
08/03/2012 07:14:00 AM	57945	18540	19315	20090
08/03/2012 07:19:00 AM	46005	14050	15335	16620
08/03/2012 07:24:00 AM	46395	13670	15465	17260
08/03/2012 07:29:00 AM	44865	13420	14955	16490
08/03/2012 07:34:00 AM	48420	13420	16140	18860
08/03/2012 07:39:00 AM	58800	19610	19600	19590
08/03/2012 07:44:00 AM	43620	13580	14540	15500
08/03/2012 07:49:00 AM	42735	12990	14245	15500
08/03/2012 07:54:00 AM	54960	17890	18320	18750
08/03/2012 07:59:00 AM	41850	13750	13950	14150
08/03/2012 08:04:00 AM	52125	18840	17375	15910
08/03/2012 08:09:00 AM	42210	15670	14070	12470
08/03/2012 08:14:00 AM	54240	19890	18080	16270
08/03/2012 08:19:00 AM	45825	14610	15275	15940
08/03/2012 08:24:00 AM	57360	19650	19120	18590
08/03/2012 08:29:00 AM	43335	13210	14445	15680
08/03/2012 08:34:00 AM	55290	19610	18430	17250
08/03/2012 08:39:00 AM	44370	13510	14790	16070
08/03/2012 08:44:00 AM	41280	14750	13760	12770
08/03/2012 08:49:00 AM	58245	18300	19415	20530
08/03/2012 08:54:00 AM	56160	19160	18720	18280
08/03/2012 08:59:00 AM	60645	18870	20215	21560
08/03/2012 09:04:00 AM	58650	20110	19550	18990

Anexo 6 Especificaciones de la cámara termográfica

Tabla Comparativa de las Cámaras Termográficas de la Serie-i de FLIR

Número de Modelo	FLIR i3	FLIR i5	FLIR i7
			
Imagen			
Resolución	60 x 60 píxeles	100 x 100 píxeles	140 x 140 píxeles
Número de Píxeles	3,600	10,000	19,600
Sensibilidad Térmica	< 0.15° C	< 0.1° C	
Precisión	+/-2% ó 2° C		
Rango de Temperatura	-20° C a 250° C (-4° F a 482° F)		
Campo de Visión	12.5° x 12.5°	21° x 21°	29° x 29°
Enfoque	Libre de enfoque - autoenfocada		
Detector	Microbolómetro que no requiere de enfriamiento		
Pantalla	LCD a color de 2.8"		
Frecuencia	9 Hz		
Emisividad	Ajustable de 0.1 a 1.0		
Análisis			
Paletas Térmicas	Hierro, Arcoiris, Gris		
Modos de Medición	Punto (centro)	Punto (centro); Área (min. y máx.); Isoterma (alto/bajo)	
Almacenamiento de Archivo			
Tipo de Archivo	JPG Radiométrico (>5,000)		
Otros			
Tipo de Batería / Tiempo de Duración	Ion de Litio / >5 horas		
Sistema de Carga	Carga en la cámara con adaptador de CA; 3 hrs a 90% de su capacidad		
Dimensiones / Peso	223 x 79 x 85 mm (8.8" x 3.1" x 3.3") / 365 g (12.8 oz)		
Caída	2 m (6.6 ft)		
Golpes Operacionales	25 g, IEC 60068-2-29		
Vibración	2 g, IEC 60068-2-6		
Garantía	10 Años en el Detector / 2 Años en Partes y Labor		

*Declaración: Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso. La disponibilidad de los modelos de las cámaras y los accesorios están sujetos a consideraciones de los mercados.

Fuente: (FLIR Systems, Inc.)

Anexo 7 Cotización microturbina C30



COTIZACION

Calle 7 39 215 Of 604
Medellín, Colombia
Tel. 57 4 3111854

Comprador:
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Atn. Andrés Nuñez / Nicolás Gómez

Proyecto: Centro Javeriano de Formación Deportiva

Información Cotización:

Incoterms: EX WORKS, CHATSWORTH, 91311 CA - USA
Moneda: USD
Tiempo de Entrega: 12 semanas después de recibido el anticipo del 20%; pago del 100% antes de despacho

Item	Descripción	Cant	Valor Unitario	Valor Total
1	30R-FD4-B000 Micro Turbina Capstone C-30 Presión de trabajo: 2-10 psi Modo de operación: Stand Alone/Dual	1	69.000	69.000
2	30R-FG4-B000 Micro Turbina Capstone C-30 Presión de trabajo: 2-10 psi Modo de operación: Sincronizado a la red	1	60.300	60.300
2	30R-HD4-B000 Micro Turbina Capstone C-30 Presión de trabajo: 55-60 psi Modo de operación: Stand Alone/Dual	1	60.500	60.500
2	30R-HG4-B000 Micro Turbina Capstone C-30 Presión de trabajo: 55-60 psi Modo de operación: Sincronizado a la red	1	51.800	51.800
			Sub total	129.300
			Valor Total	129.300

Condiciones Generales de Venta:
Se cotiza en USD
Entrega los equipos en la puerta de la Fábrica en Chatsworth, California
El pago se hará directamente a la Fábrica
Validez de la oferta 30 días.

Aprobado: Néstor Moseres- Representante Legal
nestor.moseres@supernova-es.com

Firmado

Anexo 8 Cotización Transformador YY trifásico seco

PROTIND LTDA.			
DIAG.79 B BIS No. 56-42 Tels. 2255598 Fax. 2255778 BOGOTA D.C.			
COTIZACION		No.	8.244
Fecha:	Abril 02/2012		
Señores:	Andrés Aníbal Núñez		
Según solicitud :	El mismo		
Plazo de entrega :	2 semanas		
Validez de la oferta :	15 días		
Sitio de entrega :	Sus instalaciones		
Forma de Pago:	Anticipo 50%		
CANTIDAD	DETALLE	VR.UNITARIO	VR.TOTAL
	Transformador Trifásico Seco		0
	• potencia : 45 KVA		0
	• voltaje entrada : 208 VAC		0
	• voltaje salida : 440 VAC		0
1	Sin gabinete :	5.100.000	5.100.000
1	Con gabinete:	5.700.000	5.700.000
		SUB-TOTAL	10.800.000
		IVA 16%	1.728.000
		T O T A L	12.528.000
Vendedor:	GUILLERMO RODRIGUEZ		

**Anexo 9 Cotización Protección para el transformador YY
trifásico seco**

PROTIND LTDA.			
DIAG.79 B BIS No. 56-42 Tels. 2255598 Fax. 2255778 BOGOTA D.C.			
COTIZACION		No.	8.245
Fecha:	Abril 09/2012		
Señores:	Andrés Aníbal Núñez		
Según solicitud :	El mismo		
Plazo de entrega :	2 semanas		
Validez de la oferta :	15 días		
Sitio de entrega :	Sus instalaciones		
Forma de Pago:	Anticipo 50%		
CANTIDAD	DETALLE	VR.UNITARIO	VR.TOTAL
1	Tablero general de acometidas 1400x1000x350mm		
	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Barraje 3F+N+T (acrílicos-aisladores y tornillo) • 1 Breaker principal 250 AMP • 2 Breaker ind.3*30 AMP • 3 Breaker ind.3*40 AMP • 3 Breaker ind.3*50 AMP • 2 Breaker ind.3*60 AMP 		
1	Tablero general de acometidas regulado 500x400x250mm		
	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Barraje 3F+N+T • 1 Breaker ind.3*40 AMP • 2 Taco Riel 1x30 AMP 		
		SUB-TOTAL	4.500.000
		IVA 16%	720.000
		T O T A L	5.220.000
Vendedor:	GUILLERMO RODRIGUEZ		

Anexo 10 Cotización Intercambiador de calor



ABRAHAM BELLO SANCHEZ
NTT. 19.098.078
FABRICACION Y MANTENIMIENTO DE DESHIDRATADORAS
MOLINOS · TAMIZADORAS · MEZCLADORAS Y SECADORAS
PARA EL SECTOR ALIMENTICIO E INDUSTRIAL
MAQUINARIA PARA CERAMICA

2630
Bogotá, Abril 11 de 2012

Señor:
NICOLÁS GÓMEZ
Móvil. 314 206 1061
E-mail: nickbasket3@gmail.com – andressnunezz@gmail.com
Ciudad

REF: COTIZACION INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Respetado señor:

De acuerdo a su amable solicitud. Nos permitimos someter a su consideración nuestra oferta con las siguientes características:

1. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Fabricación de un (1) intercambiador de calor, tipo tubos para calentamiento de agua.

Con medidas aproximadas de 160cm de largo x 70cm de ancho x 60cm de alto.

Construido en tubo de 2" Calibre 10 acero inoxidable de 1m de longitud, este soldado a las cámaras de combustión y transferencia.

Cámaras de combustión y transferencia fabricadas en lámina de acero inoxidable calibre 14.

Dos (2) miples para entrada de y salida de agua.

Dos (2) tubos con flanche para conexión a la chimenea.

Patatas al piso.

VALOR DEL ANTERIOR EQUIPO (1): \$ 8.300.000 + IVA
SON: OCHO MILLONES TRESCIENTOS MIL PESOS M/CTE.

Anexo Plano.

Teléfonos: 413 1235 - 415 7816 - Fax: 415 6481 - Móvil: 310 227 8400

E-mail: absindustria@yahoo.com - C g.113 No.19 A -36

ABRAHAM BELLO SANCHEZ



NTT. 19.098.078
FABRICACION Y MANTENIMIENTO DE DESHIDRATADORAS
MOLINOS · TAMIZADORAS · MEZCLADORAS Y SECADORAS
PARA EL SECTOR ALIMENTICIO E INDUSTRIAL
MAQUINARIA PARA CERAMICA

2630/2

NOTAS IMPORTANTES

- ✓ En los anteriores valores no está incluido el valor del IVA 16%.
- ✓ La mercancía viaja por cuenta y riesgo del comprador.
- ✓ El equipo es entregado en las Instalaciones de ABS Industrial-Bogotá.

CONDICIONES COMERCIALES

Plazo de entrega:	30 días hábiles al pago del anticipo
Forma de pago:	50% con la orden de pedido. Saldo a la entrega del equipo en las instalaciones de ABS Industrial Bogotá.
Transporte:	Por cuenta del comprador
Vigencia de la oferta:	20 días a la presente cotización
Garantía:	Un (1) año contra defectos de fabricación.

Para cualquier consulta estamos a su disposición y esperamos la oportunidad de servirles.

Cordialmente,



ABRAHAM BELLO SÁNCHEZ

Gerente General

Teléfonos: 413 1235 - 415 7816 - Fax: 415 6481 - Móvil: 310 227 8400

E-mail: absindustria@yahoo.com - C r.113 No.19 A -36

Anexo 11 Cotización Compresor para gas natural

TECNICOMPRESORES INDUSTRIALES

NIT 93 360 301-4 REGIMEN COMUN

ACTIVIDAD ECONOMICA 5170

HUGO F BRIÑEZ

Técnico especializado

BOGOTA D.C 2-04-2012

SEÑOR:

Andrés Aníbal Núñez

COTIZACION

1 COMPRESOR 150 PSI 35 GALONES

ESPECIFICACIONES

TANQUE 35 GALONES

CABESOTE 6520 2 PISTONES

MOTOR 1.5 HP MARCA WEG BRASILERO

ACCESORIOS

AUTOMATICO, MANOMETRO, CHEQUE DE RETENCION, GUARDAPOLEA.

VALOR \$ 900.000 + IVA

GARANTIA 1 AÑO

SERIEDAD Y CUMPLIMIENTO

Teléfonos: 2773581-2372335 Cel.: 3157466064 - 3123795500

Bogotá - Colombia

Anexo 12 Cotización Transporte California, USA – PUJ, Bogotá, Colombia

LATINCARGO INTERNACIONAL LTDA

CARRERA 71C No. 101-33 TORRE C INTERIOR 408

TELE FAX: 571- 4835101 - 4807136

WEB: www.latincargointernacional.com

e-mail latincargo@latincargointernacional.com

BOGOTA - D.C. - COLOMBIA

BASE COTIZACION: 1 PCS / 405 KGM DIMENSIONES 2.00 X 1.70 X
1.00 MTS PESO VOLUMEN 567 KGM MICROTURBINA A GAS US\$60.300.00

GASTOS USA	
Tarifa flete aéreo	Us\$2.05 x kg peso o volumen (usa-Bogotá)
Fuel SURCHARGE	Us\$0.05 x kg peso o volumen (recargo por combustible)
Transferencia carga aerolínea	Us\$0.22 x gm. peso o volumen min us\$45.00
Elaboración guía	Us\$35.00
Manejos y coordinación carga	Us\$55.00
Correo y comunicaciones	Us\$40.00
Recogida carga	Us\$205.00
GASTOS BOGOTA	
Liberación guía	Us\$40.00
Radicación guía hija	Us\$30.00
Traslado mercancía a zona aduanera	Us\$0.08 x kg peso o volumen
COLLECTION FEE	Us\$5% del valor del flete min us\$20.00
Comunicaciones	Us\$20.00
Gravamen de importacion 0%	
Iva de impuestos 16% del valor CIF	
Comisión agente de aduana 0.3% del valor CIF cobro mínimo	COP\$230.000.00
Gastos básicos	COP\$130.000.00
Declaración de importación	COP\$ 55.000.00
Declaración andina de valor	COP\$ 55.000.00
Pre inspección de la carga y toma serial	COP\$ 60.000.00
Bodegajes	COP\$400.000.00
Acarreo local área dentro de Bogotá	COP\$130.000.00

*Estas tarifas serán liquidadas al tipo de cambio Alaico y tasas correspondientes vigentes en la fecha de llegada de la carga. Las tarifas están expresadas en dólares americanos por kilogramo peso o volumen. Sujetas a cambio y/o cancelación sin previo aviso y/o notificación. Las mercancías se entienden aseguradas por cuenta del exportador o del importador, ya que en el evento de una reclamación LATINCARGO INTERNACIONAL LTDA, responderá de acuerdo a los parámetros que tengan para con nosotros las empresas transportadoras y / o las entidades que intervengan en la operación sin exceder nuestras responsabilidades, acogiéndonos a las normas internacionales que para estos eventos existen

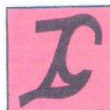
Esperando esta cotización sea de su conveniencia, quedamos atentos a sus comentarios

Cordialmente,

EMPERATRIZ TORRES GUERRERO

Gerente General

Anexo 13. Cotización obra de infraestructura



INGECONS LTDA.

INGENIEROS CONSTRUCTORES Y CONSULTORES

NIT 830.512.329-6

Calle 171 No. 55 A-37

TEL. 6712603 -3123868912

admon_ingecons@hotmail.com

Bogotá, Marzo 05 de 2012

Señores

ANDRES ANIBAL NUÑEZ NUÑEZ Y NICOLAS GUILLERMO GOMEZ

Obra: CENTRO JAVERIANO DE FORMACIÓN DEPORTIVA.

Ciudad

De acuerdo a su amable solicitud a continuación me permito enviar los siguientes precios para el proyecto **CENTRO JAVERIANO DE FORMACIÓN DEPORTIVA.**

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO PROMEDIO	V. TOTAL
Demolición y adecuación para conexión de 8" de micro turbina.	Global	N/A	N/A	\$1'500.000
SUB TOTAL				\$1'500.000
ADMINISTRACION			4%	\$ 60.000
IMPREVISTOS			4%	\$ 60.000
UTILIDAD			4%	\$ 60.000
IVA CALCULADO SOBRE UTILIDAD			16%	\$ 9.600
TOTAL VALOR PROPUESTA ECONOMICA				\$ 1'689.600

Sin otro particular agradezco su atención y estaremos atentos a cualquier aclaración.

Atentamente,


ING GABRIEL PULIDO