

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

ESCUELA DE GEOGRAFÍA

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓGRAFO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**DISEÑO Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA EN LA PONTIFICIA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR (PUCE) SEDE QUITO.**

PATRICIO ALEJANDRO SERRANO JARAMILLO

DIRECTOR: ING. ARMANDO ECHEVERRIA, MG.

QUITO – ECUADOR, 2017

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera muy especial a mis padres por todo el apoyo incondicional brindado durante todo el transcurso de la carrera, por estar ahí en los buenos y malos momentos. Por sus constantes sacrificios, para poderme dar una buena educación y por anteponer mi bienestar antes que el de ellos y agradecerles por lo más valioso que los padres pueden dar a un hijo, la vida.

Quiero agradecer a mi tutor y a mis lectores, por apoyarme desde el principio con este tema y por brindarme su tiempo, sus comentarios y sus sugerencias para la realización y revisión del proyecto, para que este se encuentre de la mejor manera posible.

Así mismo agradecerle a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por el apoyo e interés puesto en el proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado para una persona muy especial en mi vida, para mi abuela Angélica Bedoya, un ejemplo de madre que me enseñó que no existe un amor mas incondicional que el de una madre por su hijo y que con fé todo se puede alcanzar.

De la misma manera quiero dedicarle este proyecto a mi hermana Antonella Serrano, que sepa que con dedicación todo es posible y que no hay meta que se proponga que no la pueda alcanzar.

A mi madre, Paola Jaramillo por ser un ejemplo de mujer y de ser humano, por enseñarme que el mayor tesoro no es el que acumulamos en la tierra, sino el que guardamos en el corazón.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	1
ABSTRACT	1
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Justificación	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Marco teórico y Conceptual.....	4
1.4.1. Antecedentes.....	4
1.4.2. Marco Teórico	5
1.4.3. Marco Conceptual.....	6
1.4.4. Marco Legal.....	9
1.4.5. Marco Metodológico	12
CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES ENERGÉTICAS	15
2.1. Recopilación de información alfanumérica y geoespacial	15
2.2. Validación de información alfanumérica y geoespacial.....	19
2.3. Generación de cartografía temática	38
2.3.1. Mapa de ubicación de las estaciones de la REMMAQ dentro del DMQ	38
2.3.2. Mapa de radiación solar del DMQ.....	39
2.3.3. Plano de cubiertas de las edificaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador	41
CAPÍTULO III: ZONAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTVOLTAICO	
FOTVOLTAICO	45
3.1. Generación de cartografía temática	45
3.1.1. Plano de zonas aptas para instalación de paneles solares en las cubiertas de la PUCE	45
3.1.2. Plano del diseño de los sistemas solares fotovoltaicos	46
3.2. Caracterización de los sistemas solares fotovoltaicos.....	47

3.2.1. Empresa ProViento S.A.	48
3.2.2. Empresa Panasonic	49
3.3. Cálculo energético de los sistemas fotovoltaicos	52
CAPITULO IV: EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO DEL SISTEMA	
FOTOVOLTAICO	55
4.1. Evaluación costo beneficio económico	55
4.2. Evaluación costo beneficio ambiental	60
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
5.1. Análisis de resultados	64
5.2. Discusión de resultados	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Información alfanumérica y geoespacial</i>	18
<i>Tabla 2: Estaciones REMMAQ</i>	19
<i>Tabla 3: Datos completados</i>	20
<i>Tabla 4: Resumen gráficos de control</i>	36
<i>Tabla 5: Rendimiento STC y NOCT</i>	47
<i>Tabla 6: Rendimiento de los paneles SIMAX 156 SP672- 310W y Panasonic HIT-N240</i>	52
<i>Tabla 7: Energía de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX 156 SP672-310W y Panasonic HIT-N240</i>	54
<i>Tabla 8: Comparación económica de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX 156 SP672 – 310W, Panasonic HIT – N240 y sistema eléctrico actual</i>	59
<i>Tabla 9: Proceso de fabricación de panel solar fotovoltaico y repercusión sobre emisión de gases de efecto invernadero</i>	60
<i>Tabla 10: Proceso de transporte de materiales del panel solar fotovoltaico y repercusión sobre emisión de gases de efecto invernadero</i>	61
<i>Tabla 11: Comparación ambiental de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX 156 SP672 – 310W, Panasonic HIT – N240 y sistema eléctrico actual</i>	62
<i>Tabla 12: Resumen y comparación de datos económicos</i>	65
<i>Tabla 13: Resumen y comparación de datos ambientales</i>	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico de control de la estación Cotocollao 1/07/2015.....	24
Figura 2: Gráfico de control de la estación Cotocollao 5/08/2015.....	25
Figura 3: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 10/09/2015.....	26
Figura 4: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 15/10/2015.....	27
Figura 5: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 20/11/2015.....	28
Figura 6: Grafico de control de la estación de Cotocollao 25/12/2015.....	29
Figura 7: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 25/01/2016.....	30
Figura 8: Grafico de control de la estación de Cotocollao 20/02/2016.....	31
Figura 9: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 15/03/2016.....	32
Figura 10: Grafico de control de la estación de Cotocollao 10/04/2016.....	33
Figura 11: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 5/05/2016.....	34
Figura 12: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 1/06/2016.....	35
Figura 13: Mapa de ubicación de las estaciones de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito dentro del Distrito Metropolitano de Quito.....	39
Figura 14: Tabla de atributos con valores promedio de radiación del periodo julio 2015 – junio 2016.....	40
Figura 15: Polígonos de Voronoi (Thiessen).....	40
Figura 16: Mapa de radiación solar del Distrito Metropolitano de Quito.....	41
Figura 17: Archivo IMPLANTACIÓN ACTUAL 23-01-17.dwg en ArcMap.....	42
Figura 18: Capa POLYLINE-PUCE23-01-2017.shp georreferenciada.....	43
Figura 19: Plano de cubiertas de las edificaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.....	44
Figura 20: Plano de zonas aptas para la instalación de paneles solares en las cubiertas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.....	46
Figura 21: Características Eléctricas del panel SIMAX 156 SP672.....	49
Figura 22: Características Mecánicas del panel SIMAX 156 SP672.....	49
Figura 23: Características Eléctricas del panel HIT-N240.....	51
Figura 24: Características Mecánicas del panel HIT-N240.....	51
Figura 25: Garantía del panel SIMAX 156 SP672- 310W.....	55
Figura 26: Garantía del panel Panasonic HIT-N240.....	56

GLOSARIO

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

AUSJAL: Asociación de Universidades Confiadas a la Compañía de Jesús en América Latina

BID: Banco Internacional de Desarrollo

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad

Corporación CENACE: Corporación Centro Nacional de Energía

DGAd: Dirección General Administrativa

DMQ: Distrito Metropolitano de Quito

EPMAPS: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito

EQCC: Estrategia Quiteña al Cambio Climático

FADA: Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GIS: Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica

IEA: International Energy Agency / Agencia Internacional de Energía

INER: Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

MAE: Ministerio del Ambiente del Ecuador

MEER: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OLADE: Organización Latinoamericana de Energía

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PMDOT-DMQ: Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Distrito Metropolitano de Quito

PNBV: Plan Nacional del Buen Vivir

PUCE: Pontificia Universidad Católica del Ecuador

REMMAQ: Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

sieLAC: Sistema de información energética de Latinoamérica y El Caribe

RESUMEN

El diseño y realización de una evaluación ambiental de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica para la PUCE sede Quito considera la viabilidad de su implementación en el presente proyecto que evalúa la promoción del uso de energías renovables -más sostenibles y amigables con el medio ambiente- para la generación de energía eléctrica; en este caso la energía solar, y no depender así de la contaminante generación eléctrica proveniente de hidroeléctricas y termoeléctricas en el Ecuador.

Se caracterizaron las variables energéticas de la PUCE a través de datos e información alfanumérica y geoespacial, como fueron facturas de consumo energético, y planos de implantación y, de la misma manera para el DMQ, con datos de radiación global ($387,32 \text{ W/m}^2$), para determinar las zonas aptas para la instalación del sistema solar fotovoltaico dentro de las instalaciones de la PUCE por medio de criterios de espacio físico y soporte de cargas de las cubiertas en conjunto con las características de los paneles.

Para finalizar, se realizó una evaluación costo beneficio económico y ambiental de la generación eléctrica, entre el sistema de generación eléctrica actual, el cual generó 3.452,92 MWh durante el periodo de julio 2015 – junio 2016, con un costo de US \$355.180,51 y con un costo proyectado para 25 años de US \$8.879.512,75; con un factor de emisión de 120.472, 38 tCO₂ anuales y un valor aproximado de 3.011.809,5 tCO₂ en 25 años por generación eléctrica.

Los sistemas solares fotovoltaicos del panel SIMAX y Panasonic en conjunto con el sistema de generación eléctrico actual, producen 3.544,32 MWh con un costo anual de US \$208.322,43; proyectado para 25 años de US \$5.208.060,75 y 4.280,20 MWh con costo anual de US \$245.097,71 y con un costo total proyectado para 25 años de US \$6.127.440,75 respectivamente.

Los paneles tienen una huella de carbono de 423, 36 tCO₂ y 623,95 tCO₂, traducido a un factor de emisión anual de 44.323,74 tCO₂ y 44,331,77 tCO₂, además de un factor de emisión de 1.108.093,61 tCO₂ y 1.108.294,2 tCO₂ en 25 años respectivamente. Se evidenció, que la forma de generación propuesta fue mejor en un sentido ambiental como económico en relación a los costos y emisiones del sistema actual de generación, a pesar de tener un costo elevado, es un único pago y su vida útil es de 25 a 30 años.

Palabras clave: Análisis costo-beneficio, energía solar fotovoltaica, evaluación ambiental, radiación global

ABSTRACT

In the present project, the promotion of the use of renewable energies for the generation of electric power was evaluated, which were more sustainable and friendly to the environment; for this specific case the solar energy, and not to depend on the current forms of generation from hydroelectrics and thermoelectrics in Ecuador, that are more polluting, it's so by designing and carrying out an environmental evaluation of a photovoltaic power generation system at PUCE in Quito, would be considered its feasibility of implementation.

The energetic variables in the PUCE were characterized through alphanumeric and geospatial data and information, such as invoices of energy consumption, and architectural plans, in the same way for the QMD, with global radiation data (387.32 W / m^2), to determine the suitable areas for the installation of the photovoltaic electric generation system within the facilities of PUCE by means of criteria of physical space and loads support of the roofs in conjunction with the and characteristics of the panels.

Finally, an economic and environmental cost benefit evaluation of electric generation was carried out among the current electric generation system, which generated 3,452.92 MWh during the period of July 2015 - June 2016, at a cost of \$ 355,180.51 and with a projected cost for 25 years of \$ 8,879,512.75, and an emission factor of 120,472, 38 tCO₂ per year and an approximate value of 3,011,809.5 tCO₂ in 25 years for electricity generation.

The photovoltaic solar systems of the SIMAX and Panasonic panels in conjunction with the current electric generation system, which generated 3,544.32 MWh at an annual cost of \$ 208,322.43, with a cost for 25 years of \$ 5,208,060.75 and 4,280, 20 MWh with an annual cost of \$ 245,097.71 and a total cost for 25 years of \$ 6,127,440.75 respectively. In the same way the panels have a carbon footprint of 423, 36 t CO₂ and 623.95 tCO₂, translated into an annual emission factor of 44,323.74 tCO₂ and 44,331.77 tCO₂ and an emission factor of 1,108,093.61 tCO₂ and 1,108,294.2 tCO₂ in 25 years, respectively.

It was evidenced, that the proposed generation system was better in an environmental as well as economic sense compared to the costs and emissions of the current electric generation system, despite having a higher cost, it is a single one and its useful life is 25 to 30 years.

Keywords: Cost benefit evaluation, photovoltaic solar energy, environmental evaluation, global radiation

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Justificación

El diseño y realización de la evaluación ambiental de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica para la PUCE sede Quito considera la viabilidad de su implementación en el presente proyecto que evalúa la promoción del uso de energías renovables -más sostenibles y amigables con el medio ambiente- para la generación de energía eléctrica; en este caso la energía solar, y no depender así de la contaminante generación eléctrica proveniente de hidroeléctricas y termoeléctricas en el Ecuador.

Esta propuesta responde a los objetivos 7 y 11 para el Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2015) que constan en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en los cuales se plantea garantizar el acceso a una energía factible, segura, sostenible, moderna para todos y lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. A nivel nacional esta propuesta está enmarcada en la consecución del objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 (PNBV), el cual habla de asegurar la soberanía y eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica. A nivel local, responde al Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Distrito Metropolitano de Quito (PMDOT-DMQ) (2015-2025), en su eje estratégico de “Quito, ciudad inteligente para la gente”, que contiene tres aspectos: el desarrollo ambiental, que propone cómo lograr una adecuación entre las condiciones ambientales y las necesidades de la gente; cómo ordenar el territorio para que los procesos de desarrollo se lleven a cabo y se desenvuelvan en las mejores condiciones y cómo las personas y los bienes se movilizan y se conectan para dinamizar y dar eficiencia a esos procesos. De la misma forma, el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) cuenta con la Estrategia Quiteña al Cambio Climático (EQCC) 2009, que en su eje estratégico N°2, habla del uso de tecnología y buenas prácticas ambientales para reducir las emisiones y capturar los gases de efecto invernadero (GEI) y mejorar la adaptación al cambio climático, también tiene como propuesta la disminución del uso de combustibles fósiles y una mejora en el balance

energético nacional, sustituyendo el uso de energías convencionales con energías alternativas.

Esta investigación responde a la necesidad de buscar otras fuentes de generación eléctrica más sostenibles y que su aplicación contenga menos efectos secundarios que las actuales formas de generación, como son la emisión de GEI, así como de un lugar adecuado donde su aplicación maximice sus beneficios y de la misma forma ayuden a mejorar la imagen institucional de la universidad al poder aplicar la presente investigación para obtener un certificado de buenas prácticas ambientales en edificios “Punto Verde ”¹ emitido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE).

La factibilidad de la propuesta tuvo su origen en la disponibilidad de la información y en el interés que existe por parte de las autoridades de la PUCE para desarrollar proyectos de sesgo ambiental bajo el programa de ambiente y sustentabilidad que mantiene con la red Asociación de Universidades Confiadas a la Compañía de Jesús en América Latina (AUSJAL).

1.2. Planteamiento del problema

La energía solar, geotérmica, eólica y de la biomasa, son algunas de las principales fuentes de energía renovable que han cobrado gran protagonismo en países de Latinoamérica como Brasil, Colombia, México y Chile, que se cuentan entre los mayores productores - OLADE 2016-, por ser una alternativa técnico-económica a la crisis petrolera y responder positivamente a los efectos nocivos que las actividades humanas acusan sobre la naturaleza y el medio ambiente.

En la actualidad, este tipo de energías, al ser limpias e inagotables, tienen un papel relevante para la reducción de impactos ambientales generados por la emisión de GEI, producto del incremento en el uso de combustibles fósiles para la generación de energía (Lituma Ramírez, 2012).

¹ Punto Verde: Se refiere a la aplicación de Buenas Prácticas Ambientales en edificios. La evaluación se establece mediante una comparación de indicadores de actividades en los ejes temáticos de gestión de desechos, gestión de papel, uso eficiente de agua, energía y combustibles; capacitación y compras responsables.

Los procesos sociopolíticos y económicos de transición hacia nuevas formas de generación eléctrica son lentos; pues la dependencia hacia los combustibles fósiles es alta, pese a los esfuerzos del estado en revertir la situación a través del PNBV 2013-2017. Hoy en día, la ineficacia del plan con respecto a este tema está evidenciada en la propuesta de alcanzar el 60% de energía producto de fuentes renovables; sin embargo, solamente hace énfasis en el aprovechamiento de la energía generada principalmente por el agua; por tanto, se hace prioritario otorgar dentro del PNBV -no vigente- un papel de mayor relevancia a fuentes alternativas de generación, cuya aplicación puede tener menor costo y cuya producción puede ser mayor que la obtenida por los métodos convencionales presentes.

Una de las alternativas fue aprovechar la ubicación privilegiada del Ecuador en la zona intertropical donde los rayos solares inciden perpendicularmente sobre su territorio dos veces al año: son los equinoccios que marcan el inicio de la primavera (21 o 22 de septiembre) y del otoño (21 o 22 de marzo). En estas fechas, la noche y el día tienen la misma duración (Santillana, 2006), lo que facilita su explotación en la generación energética mediante el uso de paneles fotovoltaicos.

Es así que a través de un análisis espacial, utilizando sistemas de información geográfica, GIS por sus siglas en inglés, se pudieron definir zonas con mayor potencial solar para la producción de energía; como consecuencia, una promoción de la investigación y desarrollo de proyectos de interés nacional en el campo de las energías renovables; a nivel de la universidad, se puede mejorar su imagen y prestigio a nivel nacional e internacional al obtener la certificación “Punto Verde” con el desarrollo de proyectos de interés ambiental.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el diseño de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica en la PUCE sede Quito para considerar la viabilidad para su implementación.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables energéticas en la PUCE a través de datos e información alfanumérica y geoespacial.
- Determinar las zonas aptas para la instalación del sistema de generación eléctrica solar fotovoltaica dentro de las instalaciones de la PUCE.
- Realizar la evaluación costo-beneficio económico y ambiental de la generación de energía solar fotovoltaica.

1.4. Marco teórico y Conceptual

1.4.1. Antecedentes

En el Ecuador, en el marco del uso de energías renovables como alternativa al uso de electricidad convencional, se han desarrollado varias investigaciones:

Chávez Guerrero (2012), efectuó una propuesta que analizó la factibilidad de implementación de paneles solares para la generación de energía eléctrica en un complejo habitacional en la parroquia de San Antonio de Riobamba en la provincia de Chimborazo, que concluyó en que la factibilidad yace en la mayor incidencia de radiación solar en la sierra con respecto al resto del Ecuador continental y en la baja humedad existente en el sector.

Galarza Valarezo, Gordillo Vera, y Rivera Cáceres (2012), realizaron una implementación de energía solar y un estudio de la energía eólica en el recinto Puerto Roma en la provincia del Guayas, que benefició a la población del sector al proporcionar acceso a energía suficiente proveniente de paneles solares para mejorar su calidad de vida.

En su investigación, Feijoó Aguilar (2009), en la hacienda “El Vado” en la provincia del Guayas, afirmó que el uso de fuentes de energías no convencionales puede ayudar a familias de sectores rurales a mejorar su calidad de vida, y ayudar a reducir sus gastos

económicos; al mismo tiempo que promueven el cuidado ambiental y ayudan a mejorar la economía campesina.

En su mayoría, la meta fundamental de estas investigaciones, consistía en dotar de acceso a energía eléctrica a comunidades que no contaban con este servicio, al aprovechar el recurso solar disponible. Por otro lado, la presente investigación propone indicar dónde se encontrarían las zonas más aptas para la posible implementación de los sistemas de generación de energía solar fotovoltaica dentro del campus de la PUCE sede Quito, para disminuir los costos del consumo eléctrico y a la larga, generar beneficios económicos a la universidad a través del ahorro generado y así destinar estos fondos para ser invertidos en investigación y desarrollo de proyectos; una vez validado este modelo, podría replicarse en las demás sedes que mantiene la universidad.

1.4.2. Marco Teórico

1.4.2.1. Posibilismo Geográfico

Según Berdoulay (1983), el posibilismo geográfico concebido por Paul Vidal de la Blache (1845-1918) tuvo su origen en Francia, en una etapa histórica que evidenció su transformación en gran potencia, su desarrollo posibilitó la realización de estudios que buscaban evidenciar la influencia de la naturaleza sobre el ser humano.

De la Blache reconoció la influencia del medio ambiente sobre el ser humano aunque aceptaba que el desarrollo tecnológico y la inteligencia del ser humano conseguirían alterar el medio para encargarse de sus necesidades, en consecuencia, concibió el posibilismo, reemplazando la escuela determinista desarrollada por él mismo, constituyéndose en una verdadera teoría general de las relaciones entre el ser humano y la naturaleza. Para esta teoría, convertida ya en pensamiento político dominante, a pesar de que el ser humano sufre influencias del medio, es capaz de transformarlo, modificarlo y mejorarlo según sus necesidades y gracias a los conocimientos de las técnicas para transformar la naturaleza en beneficio propio (Berdoulay, 1983).

1.4.2.2. Desarrollo Sostenible

En el informe para la ONU titulado “Nuestro futuro común” de 1987, por parte de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, conocida también como Comisión de Brundtland, estableció al desarrollo sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Gallopín, 2003). Desde entonces, el desarrollo sostenible se ha constituido en principio rector para el desarrollo mundial, buscando equilibrar el crecimiento económico, el avance social y la protección del medio ambiente (ONU, s.f); es decir, el desarrollo sostenible puede ser corroborado a través del cumplimiento mínimo de metas económicas, sociales y ambientales, traducidas en crecimiento económico, equidad social y sustentabilidad ambiental; sin embargo, estas variables no explican necesariamente el concepto de desarrollo sostenible, pero si una buena parte. La definición de desarrollo sostenible está vinculada a categorías de calidad de vida y a la interacción entre habitantes y recursos de sus territorios, es por esto que se encuentra asociado a la globalización de procesos económicos, sociales y ambientales (CEPAL & ONU, 2015).

1.4.3. Marco Conceptual

Los conceptos que se manejaron en este proyecto, tomando en cuenta su temática fueron:

Análisis costo-beneficio: es un instrumento financiero que compara los costos y los beneficios de un proyecto de inversión con la finalidad de justificar su rentabilidad (CreceNegocios, 2012).

Combustibles fósiles: son aquellas fuentes primarias de energía, que se derivan de la descomposición parcial o total de materia orgánica en un período de millones de años (solar-energía.net, 2015).

Eficiencia energética: se refiere a la utilización de una menor cantidad de energía para producir la misma cantidad de servicios energéticos. Es la relación entre la energía de entrada con la energía de salida en un sistema que permite una mejora de la calidad de vida, reducción de costos y limitar la producción de gases de efecto invernadero (OLADE,

Planeta Eficiente, Planeta Consciente. Eficiencia Energética y Desarrollo Sostenible, 2016).

Energía: Según Oxford Living Dictionaries (S/A) en su versión en español, define a la energía como la capacidad que tiene la materia para realizar un trabajo o una acción, el cual puede ser expresado en forma de movimiento, luz, calor, etc. A los diferentes recursos y/o fenómenos de la naturaleza capaces de abastecer y ofrecer energía se los considera como fuentes naturales de energía, existen dos tipos de fuentes: las fuentes de energía renovables y las fuentes energía no renovables (Concepto Definición de, 2014).

Energía alternativa o no convencional: son todas aquellas energías cuyo origen no es el fósil y que no han tenido una participación significativa en el mercado mundial de producción energética (Posso, 2002). Por otro lado, la energía alternativa o no convencional, son todas aquellas energías que van orientadas a ser una opción alternativa a las energías convencionales o tradicionales (Sanchez Cruz, 2013). Así mismo se refieren a aquellas cuya aplicación es limitada debido a los elevados costos de producción y la dificultad para captarlas y transformarlas en electricidad, a estos tipos de energía también se las conoce como energías limpias debido a que no generan contaminación (Ovelar, 2011).

Energía convencional o tradicional: En un artículo Ovelar (2011), dice que la energía convencional es la denominación que se le da a todas aquellas energías que son de uso frecuente alrededor del mundo o que provienen de las fuentes más comunes de producción eléctrica. Eras, Torres, Villavicencio, Condoy, & Montaña (2014), aseguran que aportan con la mayor parte de la producción energética de un país. Sin embargo Sanchez Cruz (2013) también llama energía convencional al producto resultante de transformaciones o elaboraciones de recursos primarios u otra fuente energética previamente elaborada.

Energía hidroeléctrica: es la electricidad generada con el aprovechamiento de la energía del movimiento del agua. En la actualidad este tipo es el que produce energía de menor costo y el de más fácil accesibilidad, ya que los técnicos pueden controlar la cantidad de agua que pasa a través de las turbinas para la generación de energía (National Geographic, S/A).

Energía renovable: es la energía que proviene de recursos naturales renovables que se creen son inagotables y pueden regenerarse (INER, 2014).

Energía solar fotovoltaica: se basa en la transformación directa de la radiación solar en electricidad o energía eléctrica; esta se alcanza mediante el aprovechamiento de las propiedades semiconductoras de los materiales de las células fotovoltaicas (solar-energía.net, 2015).

Evaluación ambiental: es una técnica de evaluación de impactos ambientales relacionados con actividades de desarrollo humano; incluye la evaluación de impactos negativos potenciales y las medidas para corregirlos y mitigarlos (FAO, S/A).

Fuentes de energía renovable y no renovable: son aquellas que se pueden regenerar natural o artificialmente después de ser utilizadas, es decir cuyo origen es inagotable puesto que la naturaleza es la encargada de generarlas permanentemente como por ejemplo la energía eólica, mareomotriz, solar, hidráulica, geotérmica, de biomasa, entre otras y las fuentes de energía no renovables, son aquellas que son limitadas y su consumo es más acelerado que su regeneración como son la energía nuclear y el uso combustibles fósiles (Recio Miñarro, 2009).

Huella de carbono: es aquella que mide los impactos que tienen todos los gases de efecto invernadero derivados de las actividades del ser humano (individuales, colectivas, eventuales y de producción) en el medio ambiente (Schneider & Samaniego, 2004).

Irradiación solar: es aquella mediante la cual se mide la cantidad de energía solar en una superficie determinada durante un periodo de tiempo determinado, generalmente se mide en Wh/m²/día o Kw/m²/día (Style, 2012).

Radiación solar: es la energía electromagnética despedida como producto de los procesos de fusión del hidrogeno en el sol (enerpoint, S/A).

Radiación directa: es la radiación que llega directamente del sol sin haber cambios en su dirección y genera sombra en los objetos (Sanz, 2010).

Radiación difusa: es la radiación que es reflejada o absorbida en su mayoría por las nubes así como por partículas de polvo atmosférico, vegetación, edificaciones, etc., lo que causa que esta vaya en todas direcciones sin generar sombra (Ghoreishi Karimi, 2012).

Radiación reflejada: es la radiación que es reflejada por la superficie terrestre (Hernández, 2014).

Radiación global: es la radiación total, resultado de la suma de las tres radiaciones (EcuRed, s.f.).

Sistemas de Información Geográfica: son sistemas utilizados para la descripción y categorización de la Tierra con la intención de presentar y estudiar la información espacial mediante mapas (esri, S/A).

1.4.4. Marco Legal

El trabajo tuvo su sustento legal bajo las siguientes normas y leyes nacionales e internacionales, que comienzan desde lo superior:

La Constitución de la República del Ecuador que:

- En el Título II: Derechos en el Capítulo Segundo: Derechos del Buen Vivir en la Sección Segunda: Ambiente Sano en el artículo 15 dice que el Estado el encargado de promover el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto en el sector público como en el sector privado.
- En el Título VII: Régimen del Buen Vivir en el Capítulo Primero: Inclusión y Equidad en la Sección Octava: Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales en el artículo 387 dice que el Estado es el responsable de fomentar la investigación científica y tecnológica para contribuir a la realización del buen vivir y de garantizar la creación e investigación científica en el marco de respeto a la naturaleza, a la ética y al ambiente y en el artículo 388 que dice que el Estado destinara los recursos necesarios para la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.
- En el Título VII: Régimen del Buen Vivir en el Capítulo Segundo: Biodiversidad y recursos naturales en la Sección Séptima: Biósfera, ecología urbana y energías alternativas en el artículo 413 que dice que el Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente sanas y limpias como de energías renovables, diversas, de bajo impacto que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (2030) que:

- En el objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos, el cual tiene como metas para el 2030:
 - Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
 - Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
 - Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
 - Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia.
 - Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo.
- En el Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles, el cual tiene como metas:
 - Asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales
 - Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países
 - Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional
 - Aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles
 - Proporcionar apoyo a los países menos adelantados, incluso mediante asistencia financiera y técnica, para que puedan construir edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales

El Plan Nacional del Buen Vivir (2013-2017):

- En el objetivo 11: Asegurar la soberanía y la eficiencia de los sectores estratégicos para la transformación industrial y tecnológica, que tiene como política:

- Reestructurar la matriz energética bajo criterios de transformación de la matriz productiva, inclusión, calidad, soberanía energética y sustentabilidad, con incremento de la participación de energía renovable.

El Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Distrito Metropolitano de Quito (2015-2025) en su eje estratégico Quito, ciudad inteligente: Ambiente en sus políticas:

- En su política A3 que habla de garantizar la sostenibilidad local, enfocándose en la reducción y compensación de la huella de carbono y a la resiliencia del DMQ frente al cambio climático en el objetivo 3.1 que dice que la ciudadanía y los sectores de mayor emisión han reducido su huella de carbono, y se potencian proyectos de compensación.
- En su política A5 que habla de fomentar en la ciudadanía los principios de ciudad sostenible, soportados por compromisos conjuntos que logren incidir en los patrones de producción, comportamientos y hábitos de consumo de todos los sectores del DMQ en el objetivo 5.1 que dice que las actividades económicas aplican sistemáticamente medidas orientadas a una producción sustentable (optimización de recursos, insumos y materia prima y reducción de contaminantes).

La Estrategia Quiteña frente al Cambio Climático (2009) en su eje estratégico 2: Uso de tecnologías y buenas prácticas ambientales para reducir las emisiones y capturar GEI y mejorar la adaptación al Cambio Climático en:

- El objetivo estratégico 4: reducción de emisiones hablan que el municipio de Quito y las instituciones públicas y privadas promueven medidas para reducir emisiones de GEI con en el programa 4.1. promoción y uso de energías renovables y eficiencia energética.
- El objetivo estratégico 5: mitigación y adaptación que dice que el municipio de Quito promueve la intervención en ciertos sectores que favorecen tanto a la reducción de GEI como a la mejora de la respuesta adaptativa con el programa 5.4. promoción de construcciones eficientes y sustentables.

1.4.5. Marco Metodológico

1.4.5.1. Recopilación y validación de los datos e información alfanumérica y geoespacial de las variables energéticas para la PUCE.

Para la determinación de radiación solar y heliofanía para el sector de la PUCE fue necesario, en primera instancia, una recopilación de la información en libros, internet, artículos de revistas, noticias y documentación bibliográfica e histórica emitida por fuentes oficiales y técnicas (para el presente caso el INAMHI, la EPMAPS-Q y la Secretaría de Ambiente de Quito) sobre la radiación solar y heliofanía dentro del DMQ. Una vez compilada toda esta información se procedió a seleccionar aquella de mayor relevancia en cuanto a veracidad y confiabilidad según su fuente, para determinar la radiación solar y heliofanía que se establece para la PUCE, sobre la base de estudios e información existente en conjunto con un análisis espacial GIS.

Para la determinación del consumo eléctrico en la PUCE, se realizó un levantamiento de información dentro del campus universitario con la ayuda de la Dirección General Administrativa (DGAd) para obtener los registros de consumos energéticos al igual que sus costos para el periodo julio 2015 - junio 2016.

1.4.5.2. Determinación de las zonas aptas para la instalación del sistema de generación eléctrica solar fotovoltaica dentro de las instalaciones de la PUCE.

Para la definición de zonas aptas para la instalación del sistema de generación eléctrica solar fotovoltaica dentro de las instalaciones de la PUCE, se realizó un análisis de sistema caja negra, que consiste en el estudio de un elemento desde las entradas que recibe y las respuestas que produce (esacademic, 2015), para lo cual se determinaron las entradas: el espacio disponible para la implantación, la radiación solar y la heliofanía en el sector, y las salidas que consisten en la energía producida por el nuevo sistema y su suficiencia para el abastecimiento en la demanda energética de la PUCE.

Se investigó sobre el diseño técnico de dos sistemas de generación eléctrica fotovoltaica, el sistema del panel SIMAX 156 SP672-310W y del panel Panasonic HIT-N240, sobre la base de sus dimensiones y requerimientos de espacio; para este punto se utilizaron parámetros internacionales de empresas de vanguardia como TESLA, SolarWorld, Schott, SHARP solar, IBC, entre otras, en la generación eléctrica fotovoltaica y empresas locales proveedoras del servicio como ProViento S.A., Codesolar Cía. Ltda., AV Renewable Energy S.A., entre otras.

A través del uso del sistema GIS, el mapa de cubiertas de la PUCE y el plano de implantación de la universidad, se realizó un mapa de zonas aptas para instalar el sistema de generación eléctrica fotovoltaica y se seleccionó, con la ayuda del mapa de áreas aptas, aquellos lugares que cumplen con los requerimientos espaciales para la instalación del sistema de generación eléctrica fotovoltaica.

1.4.5.3. Evaluación costo-beneficio económico y ambiental para la generación de energía solar fotovoltaica.

Para la realización de la evaluación del costo-beneficio económico y ambiental para la generación eléctrica solar fotovoltaica, se procedió a calcular la cantidad de energía generada por los paneles de los sistemas antes mencionados, en función de su extensión con respecto al factor de generación que tiene cada modelo; de manera similar, se calcularon los costos de implementación de cada sistema utilizando valores referenciales proporcionados por los proveedores de equipos, sumándolos a los valores totales. Estos resultados, permitieron el cálculo del costo de implementación de cada uno de los sistemas.

Por otro lado, se determinó el valor pagado por la PUCE por concepto de consumo eléctrico. El costo-beneficio económico de la instalación de los paneles consideró el hecho de que la energía que se paga es anual, mientras que, los paneles, en una sola inversión producirán energía durante toda su vida útil, que en promedio se encuentra entre los 25 y 30 años asegurados; después de este período, la productividad del panel disminuye (Solar, S/a).

Para la evaluación del costo beneficio ambiental, se cuantificó la cantidad de gases de efecto invernadero emitida por la energía consumida en la PUCE. Se multiplicó la

cantidad de energía consumida por el factor de emisión por generación eléctrica, consultado en las entidades competentes para el Ecuador, el Ministerio de Ambiente (MAE), Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), Banco Internacional de Desarrollo (BID) y Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); del mismo modo, se computó la cantidad de gases de efecto invernadero que producirá el sistema solar fotovoltaico una vez terminada su vida útil.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre ambos sistemas para determinar cuál de estos muestra mayor beneficio en cuanto a costos y generación de energía. El costo ambiental se determinó finalmente mediante la cuantificación de gases de efecto invernadero producidos por el sistema de generación actual de energía con ayuda del factor de emisión anual entonces así poder determinar el factor de emisión anual para la PUCE y la huella de carbono del sistema de generación eléctrica solar fotovoltaica.

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES ENERGÉTICAS

Para la realización del trabajo se definieron como variables energéticas: la heliofanía, la radiación solar dentro del DMQ, el costo y el consumo energético de la PUCE.

2.1. Recopilación de información alfanumérica y geoespacial

Para el caso de la heliofanía y la radiación solar dentro de los límites del DMQ, se utilizó la información proveniente de organismos técnicos y oficiales, en sus respectivas bases de datos de libre acceso que mantienen en sus portales web y de aquellas que requerían de autorización previa para su consulta; estas fuentes son: la EPMAPS, el INAMHI, la Secretaría de Ambiente de Quito y el Gobierno Abierto de la Secretaría General de Planificación de Quito, que son a su vez las principales proveedoras de información meteorológica y climatológica para el DMQ; de igual forma, se consultó la información pertinente para la realización del trabajo en los datos estadísticos que maneja la PUCE. La **Tabla 1** muestra la información dispuesta por cada organismo consultado, con su respectivo formato, extensión, fecha de entrega y fecha de creación.

- **Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS)**

La EPMAPS posee datos de radiación solar a lo largo de 10 estaciones para el DMQ en un período aproximado de 10 años; sin embargo, esta información no se encuentra liberada en su página web y solo se encuentra disponible dentro su red local (Constante Segura, Palacios Chacón, & Universidad Politécnica Salesiana, 2014). Para acceder a esta información fue necesaria una solicitud de acceso a la información pública (**ver Anexo 1**).

- **Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)**

Los datos históricos de meteorología se encuentran dentro de los “anuarios meteorológicos” del INAMHI, los cuales poseen información de cada una de sus

estaciones alrededor de todo el país, mas, al revisar dicha información se evidenció la ausencia de datos para radiación solar. Únicamente se contaba con publicaciones sobre heliofanía mensual incompleta ya que algunas de las estaciones dentro del DMQ no evidenciaban información (Constante Segura, Palacios Chacón, & Universidad Politécnica Salesiana, 2014). Para acceder a esta información, fue necesaria una solicitud de acceso a la información pública (**ver Anexo 2**).

- **La Secretaría de Ambiente de Quito**

La Secretaría de Ambiente de Quito y su Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ), tienen como propósito la producción de datos seguros y confiables acerca de la manifestación de los diferentes contaminantes atmosféricos como el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO, NO₂ y NO_x), ozono (O₃) y material particulado fino de diámetro menor a 2,5 micrómetros y menor a 10 micrómetros en los límites del territorio del DMQ. La información se encuentra liberada en su página web.

“La REMMAQ posee seis estaciones meteorológicas con sensores automáticos para medir velocidad y dirección del viento (MetOne), humedad (Thies), radiación solar (Kipp & Zonen), temperatura (Thies), presión (Vaisala) y precipitación (Thies). Estos sensores están instaladas sobre el techo de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire” (Secretaria de Ambiente , S/A).

La información provista por la Secretaría de Ambiente contenía datos de radiación solar global (W/m²) actualizados, representaba 5 estaciones dentro del DMQ: 1) Belisario, 2) Carapungo, 3) Cotocollao, 4) Los Chillos y 5) Tumbaco.

- **El Gobierno Abierto de la Secretaría General de Planificación de Quito.**

“El gobierno abierto es una estrategia innovadora para cambiar la forma como trabaja el gobierno. Usando las tecnologías de las redes para conectar al público con el gobierno y estar mutuamente informados gracias al open data, un GA busca apoyar en la solución de problemas. El resultado final son instituciones más eficaces y una democracia más robusta.” (Noveck, 2011)

El Municipio del Distrito Metropolitano de Quito ha decidido implementar esta filosofía de gobierno y reunir toda la información en plataforma única para todo su territorio. La información correspondiente los límites del DMQ está en formato (.shp).

La información recopilada entregada por el INAMHI y la EPMAPS, no contempló el período de tiempo seleccionado para la realización del presente trabajo (julio 2015 – junio 2016) ni los parámetros requeridos (radiación global), debido a que, en el caso del INAMHI, los datos entregados indicaban solamente heliofanía efectiva mensual hasta el mes de agosto del año 2015 en 3 estaciones: 1) La Tola, 2) Izobamba y 3) INAMHI - Iñaquito.

En el caso de la información entregada por la EPMAPS, constó de datos de radiación solar media diaria (W/m^2) desde el año 2000 hasta el año 2010 para 5 estaciones alrededor del DMQ: 1) Bellavista, 2) Rumihurco, 3) Rumipamba, 4) San Antonio y 5) Yaruqui, y al no contemplar el periodo de tiempo de julio 2015 – junio 2016, esta información no resultó relevante para la realización de la investigación.

Por resultar insuficiente, al no poder considerarla como definitiva, la información proporcionada por fuentes del INAMHI y la EPMAPS, fue descartada para la realización del trabajo de disertación.

La información provista por la Secretaría de Ambiente de Quito, específicamente la aquella obtenida de la REMMAQ, fue la única fuente técnica que cumplía con el período de tiempo seleccionado y con los parámetros de radiación solar global. La información del Gobierno Abierto de la Secretaría General de Planificación de Quito, proveyó información geoespacial y ortofotografías del DMQ.

Por otro lado, para disponer de los datos sobre consumo y costo energético en la PUCE, fue necesario recurrir a la DGAd, encargada de despachar la solicitud de acceso a la información en las unidades correspondientes: 1) el departamento de planta física para la obtención del plano de implantación de la universidad (**ver Anexo 3**) y 2) el departamento de mantenimiento eléctrico para la obtención de las facturas que por consumo de energía eléctrica eran requeridas para los periodos establecidos, dentro de ellas se proporciona también la información sobre la cantidad de energía consumida .

Tabla 1: Información alfanumérica y geoespacial

Fuente	Dato	Nombre	Extensión	Fecha de creación	Fecha de entrega
Secretaría General de Planificación de Quito / Gobierno Abierto Quito	Límite del Distrito Metropolitano de Quito	limite_dmq (1:50.000)	.shp	27/01/2015	27/09/2017
	Ortofoto del DMQ	ORTOMOSAICO_DMQ_UTM (Tamaño del pixel 0.50m)	.ecw	15/02/2012	20/09/2017
Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología	Heliofanía	salm0002hf	Bloc de notas	30/08/2017	30/08/2017
		salm003hf			
		salm024hf			
Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito	Radiación Global	BELLAVISTA_C5_RS	.xlsx	23/10/2017	23/10/2017
		RUMIHURCO_C2_RS			
		RUMIPAMBA_C4_RS			
		San-Antonio_C7_RS			
		Yaruqui_C6_RS			
Secretaría de Ambiente de Quito	Radiación Global	RS_2008_2016	.xlsx	30/05/2017	21/08/2017
		RS_2008_2016_ant			
		RS_2016-2017			
Pontificia Universidad Católica del Ecuador	Plano de implantación	implantación	.DWG	14/12/2016	9/03/2017
		IMPLANTACIÓN		24/10/2017	24/10/2017
		IMPLANTACION ACTUAL 23-01-17		24/10/2017	24/10/2017
	Costo y consumo energético	PUCE FACTURAS ENERGETICAS	.xlsx	31/05/2017	31/05/2017
		LECTURA MEDIDORES EEQ_2016 (PUCE tablas dinámicas)		6/09/2017	6/09/2017
		CONSUMO PUCE QUITO_2015		.pdf	25/02/2016

2.2. Validación de información alfanumérica y geoespacial

Para la realización del trabajo se utilizaron 5 estaciones de la REMMAQ, que contaban con los datos requeridos de radiación global para el periodo indicado. En la **Tabla 2** se evidencian las estaciones con su respectiva localización.

Tabla 2: Estaciones REMMAQ

Nombre	Zona	Coordenadas Geográficas	Altitud	Dirección
Carapungo	Calderón	78°26'50" W, 0°5'54" S	2660 msnm	Carapungo, Super manzana B, el Verjel S/N, edificio Andinatel.
Cotocollao	La Delicia	78°29'50"W, 0°6'28" S	2739 msnm	Cotocollao, Santa Teresa # 70-121 entre Ignacio Loyola y Alfonso del Hierro
Belisario	Norte	78°29'24" W, 0°10'48" S	2835 msnm	Terraza del Edificio Administrativo del Colegio San Gabriel (Av. América 3541)
Tumbaco	Tumbaco	78°24'00" W, 0°12'36" S	2331 msnm	Terraza de Andinatel (Gaspar de Carvajal)
Los Chillos	Los Chillos	78°27'36" W, 0°18'00" S	2453 msnm	Terraza de Andinatel (Av. Ilaló, Vía a El Tingo)

Sin embargo, existieron períodos carentes de información, para los cuales se realizó un promedio para completar estos datos, basándose en los datos de la misma hora de un día anterior y un día posterior. Para los casos en los cuales existieron datos vacíos en las mismas horas de días consecutivos (representados en negrillas y con asteriscos), se realizó

un promedio con las horas de dos días anteriores a las horas con datos inexistentes como se puede observar en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Datos completados

Nombre	Fecha	Hora
Cotocollao	2015/07/09	horas 14 y 15
	2015/08/11	hora 14
	2015/08/21	hora 16
	2015/09/15	hora 15
	2015/09/21	hora 12
	2015/10/6	hora 14
	2015/11/26	horas 10,11,12,13,14
	2015/12/21	horas 11,12, 15
	2016/01/7	hora 11
	2016/02/1	horas 9,10,11
	2016/03/17	hora 10
	2016/04/5	hora 12
	2016/05/24	hora 12
	2016/06/22	hora 12
Belisario	2015/07/2	hora 15
	2015/07/14	hora 12
	2015/08/24	hora 15
	2015/09/18	horas 11,12,15
	2015/10/29	hora 16
	2015/11/23	hora 11
	2015/12/18	hora 11
	2015/12/22	hora 13
	2015/12/28	hora 10
	2016/02/02	hora 15
	2016/03/02	hora 14
	2016/03/16	hora 12
	2016/03/30	hora 10
	2016/04/07	hora 12

	2016/04/11	hora 10
	2016/05/24	hora 14
	2016/06/24	hora 16,17
Carapungo	2015/07/01	horas 15,16,17
	2015/08/25	hora 15,16
	2015/08/27	hora 11
	2015/09/14	horas 7,8,9,10,11,13
	2015/10/28	horas 11,12
	2015/11/06	hora 16
	2015/12/17	hora 12
	2016/01/05	horas 15,16
	2016/01/08	hora 14
	2016/02/02	hora 16
	2016/02/04	hora 15
	2016/02/14	horas 13,14,15,16,17,18,19
	2016/02/15	horas 7,8,9,10,11,12
	2016/03/08	hora 14
	2016/04/13	hora 11
	2016/05/07	hora 12
	2016/05/25	horas 12,13
Los Chillos	2015/07/09	hora 14
	2015/11/05	hora 12
	2015/12/21	hora 13
	2016/01/28	hora 13,14
	2016/02/26	horas 12,16
	2016/03/02	hora 13
	2016/03/29	hora 16
	2016/04/11	hora 11
	2016/05/30	hora 13
Tumbaco	2015/07/01	hora 16
	2015/07/10	hora 13
	2015/08/12	hora 13,14
	2015/09/24	hora 15
	2015/11/05	hora 15
	2015/11/17	hora 13

	2015/12/15	horas 15,16,17,18,19
	2015/12/16	horas 7,8,9,10,11,12,13
	2016/01/04	hora 12
	2016/02/03	hora 14
	2016/02/29	hora 14
	2016/03/21	horas 13,14
	2016/03/29	hora 15
	2016/04/11	hora 12
	2016/04/27	hora 11, 12
	2016/04/28	hora 11,12
	2016/05/24	hora 17
	2016/05/25	hora 14
	2016/06/08	hora 11
	2016/06/10	hora 11
	2016/06/24	hora 13
	2016/06/30	hora 12,14,15

Para la validación de los datos entregados por los organismos técnicos y oficiales antes descritos, utilizando el programa Excel fue necesario aplicar gráficos de control, que son diagramas que muestran los valores producto de la medición de una característica de calidad, ubicados en series cronológicas, en estos se establece una línea central que representa la media de los valores junto a uno o más límites de control y advertencias superiores como inferiores con el fin de encontrar anomalías y comportamientos atípicos en los datos (Ingenio Empresa, 2016).

Para la validación de los datos entregados por la Secretaría de Ambiente, por ser la única entidad que cumplía con los parámetros propuestos, fue necesario calcular la muestra previamente al desarrollo de los gráficos de control utilizando los días que componen un año -365- con un nivel de confianza del 95% y un error muestral del 10%. Se aplicó la siguiente fórmula:

Ecuacion N° 1:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

donde:

N: tamaño de la población

n: muestra

p: probabilidad a favor

q: probabilidad en contra

z: nivel de confianza

e: error de muestra

$$n = \frac{365 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,1^2 * (365 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 76,20$$

Se propone una muestra de 76 días para la validación de los datos en el período julio 2015 – junio 2016 de cada una de las estaciones.

Para la realización de los gráficos de control, se seleccionó el número de días con el tamaño de muestra antes expuesto -76 días por cada estación en el periodo de julio 2015 a junio 2016- siendo necesario el cálculo de la media en un período de 12 horas diarias (07:00hs a 19:00hs), seguido por el cálculo de la desviación estándar.

La definición de los límites de advertencia y control superiores e inferiores resultó de la suma de la media multiplicada por 3 y 2 desviaciones estándar respectivamente.

Determinada así, la validación de los datos mediante gráficos de control arrojó la ausencia de anomalías (**ver Tabla 4**).

A continuación, como evidencia, se exponen ejemplos de los gráficos de control realizados en la estación de Cotocollao (**ver Figuras de la 1 a la 12**):



Figura 1: Gráfico de control de la estación Cotocollao 1/07/2015

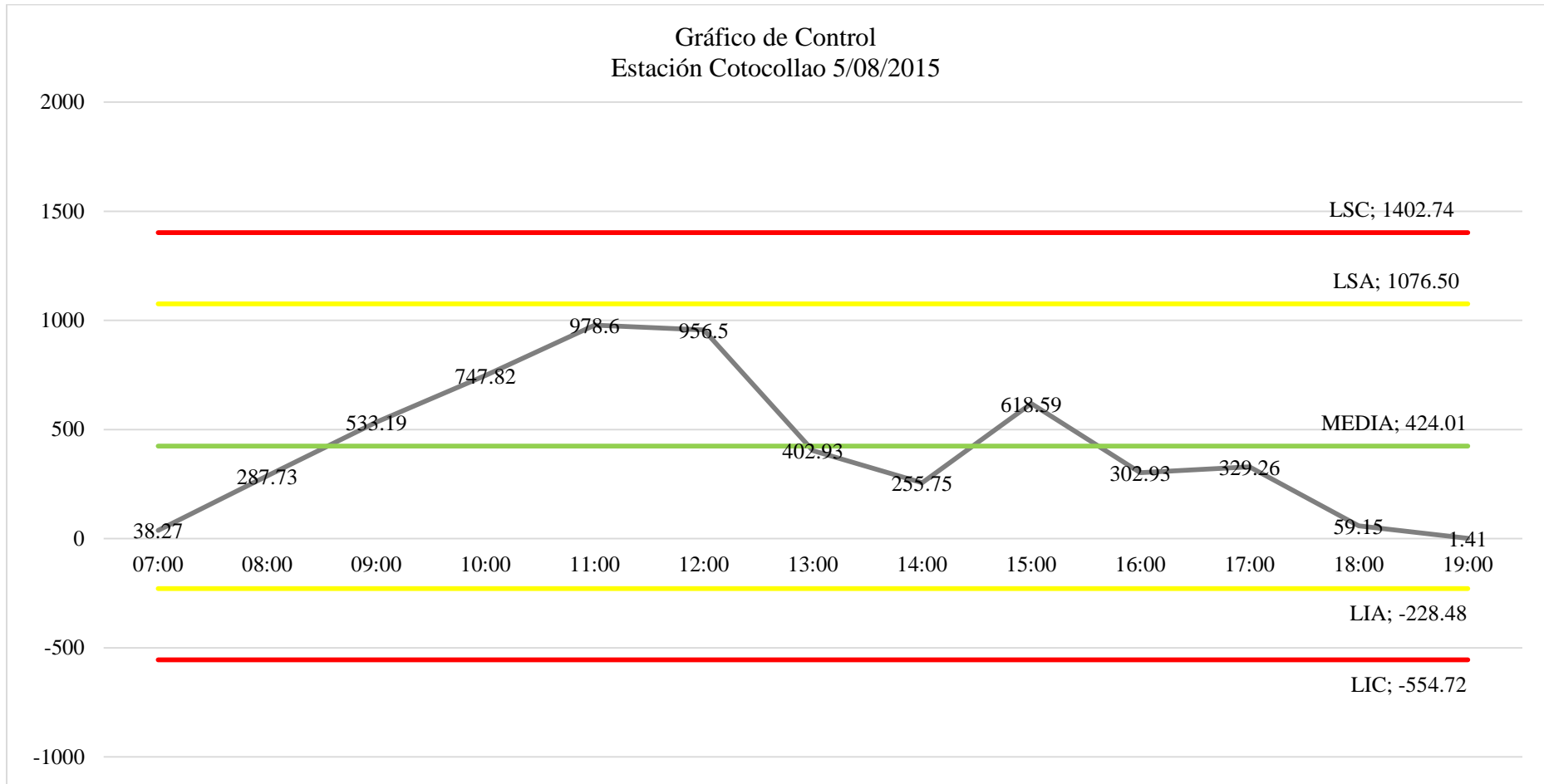


Figura 2: Gráfico de control de la estación Cotocollao 5/08/2015

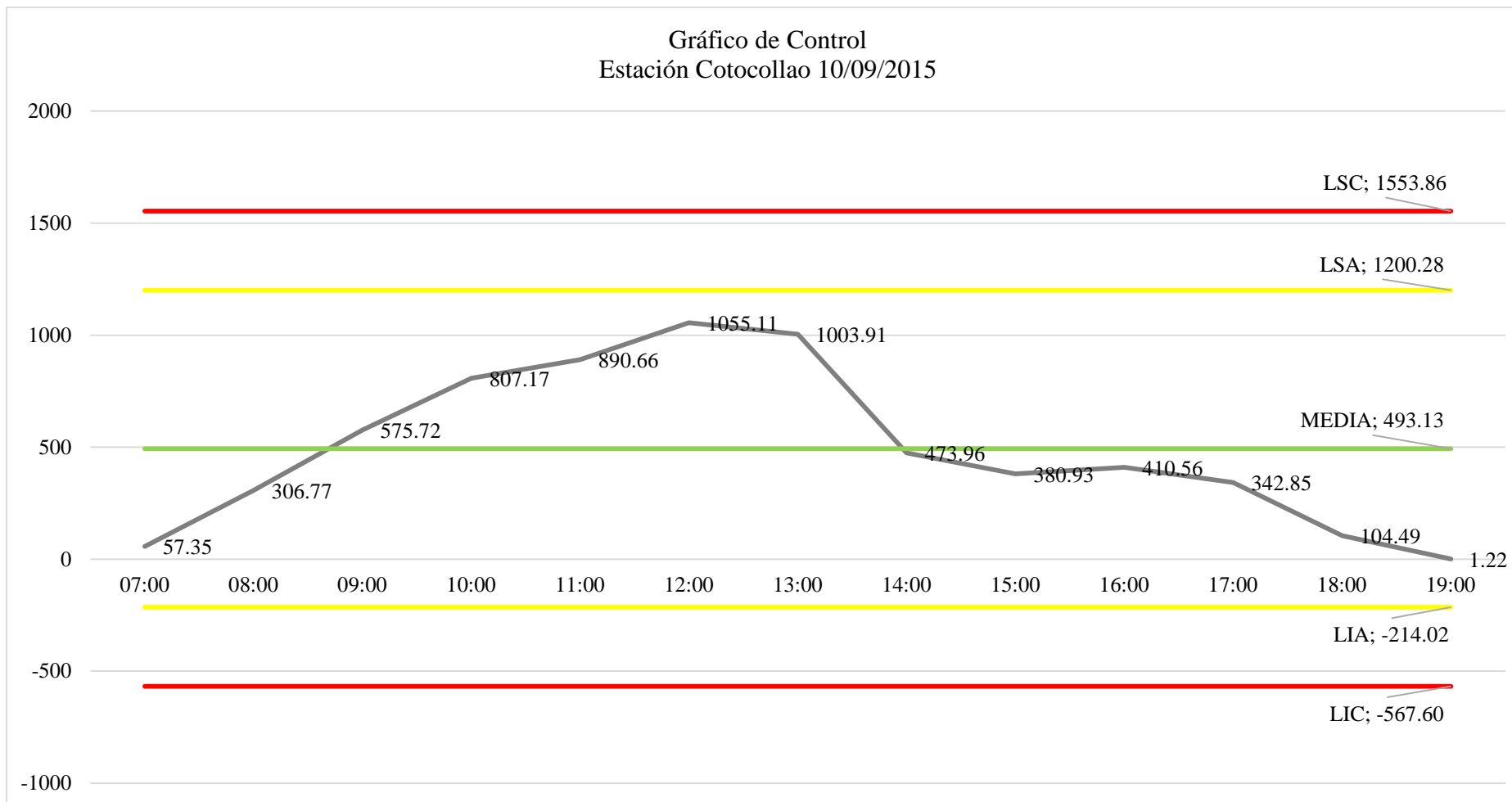


Figura 3: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 10/09/2015

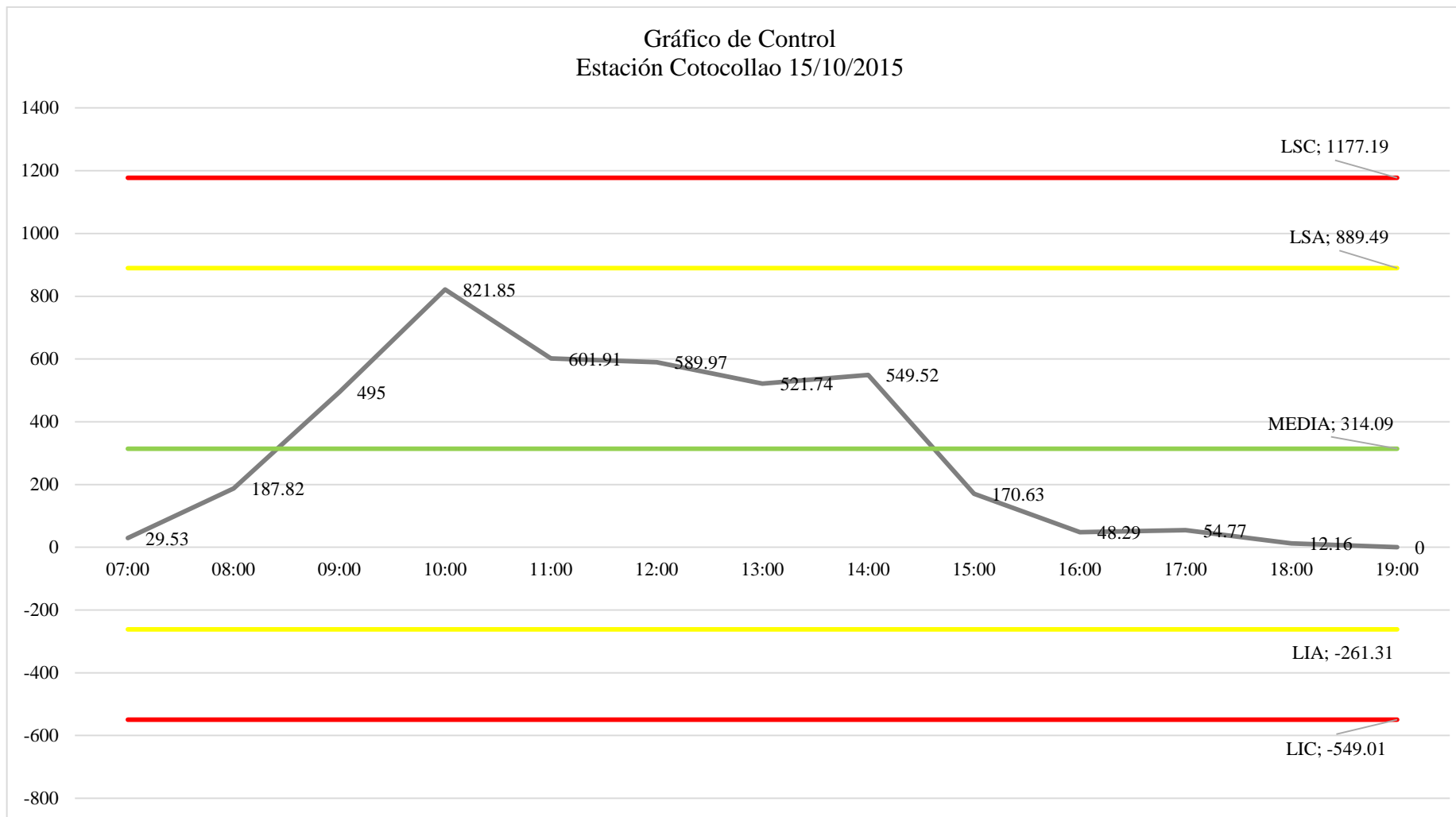


Figura 4: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 15/10/2015

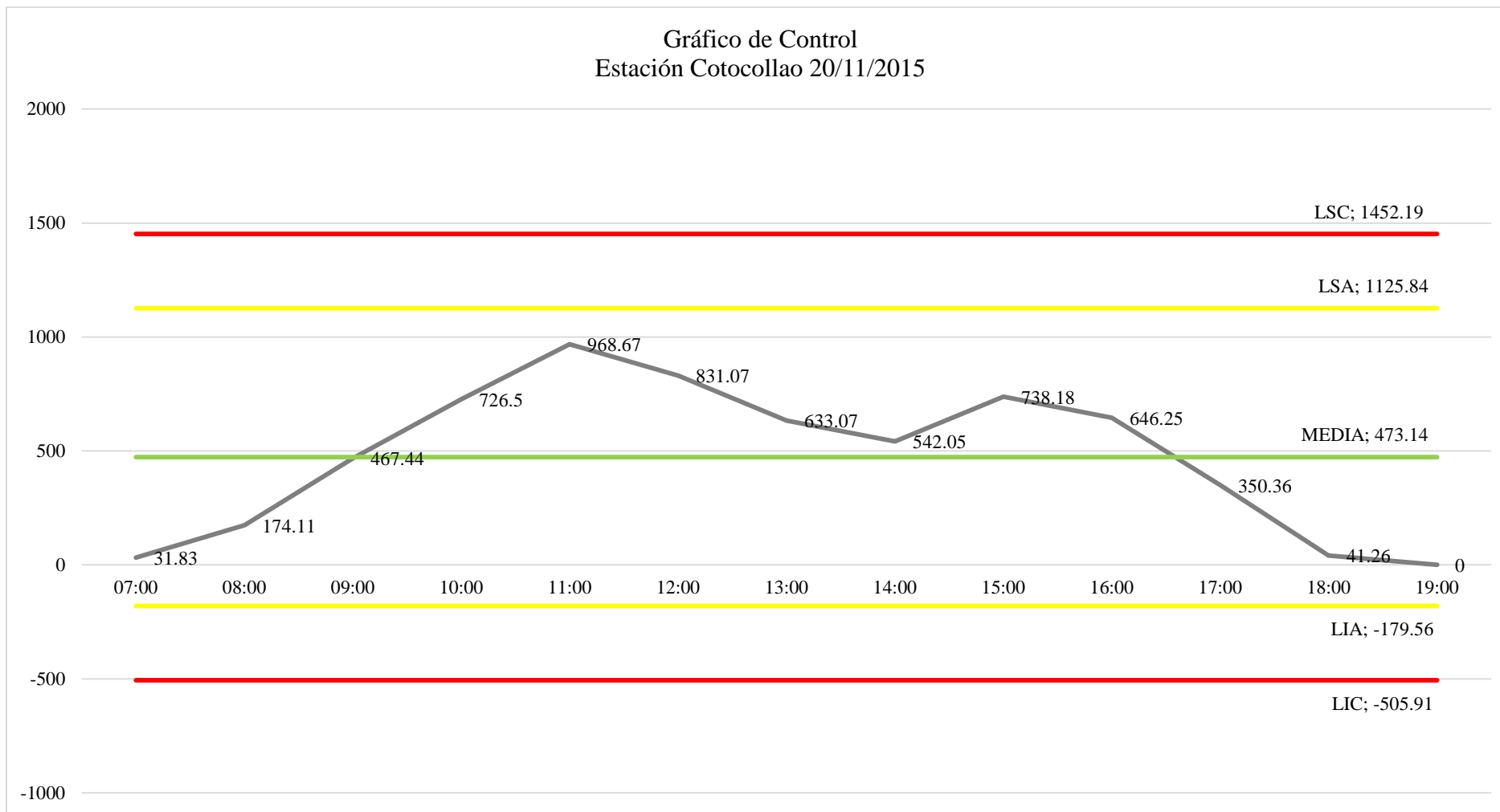


Figura 5: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 20/11/2015

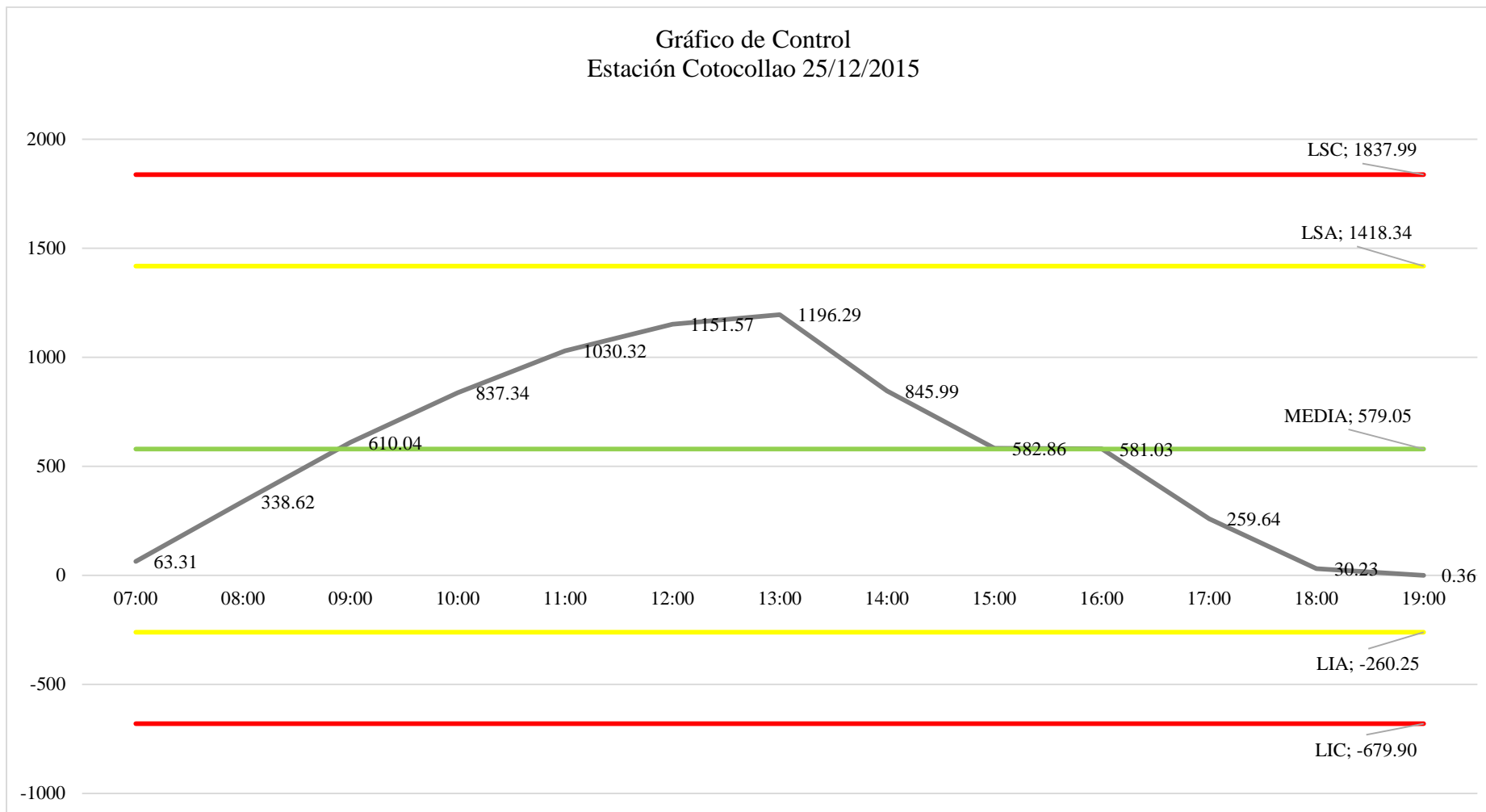


Figura 6: Grafico de control de la estación de Cotocollao 25/12/2015

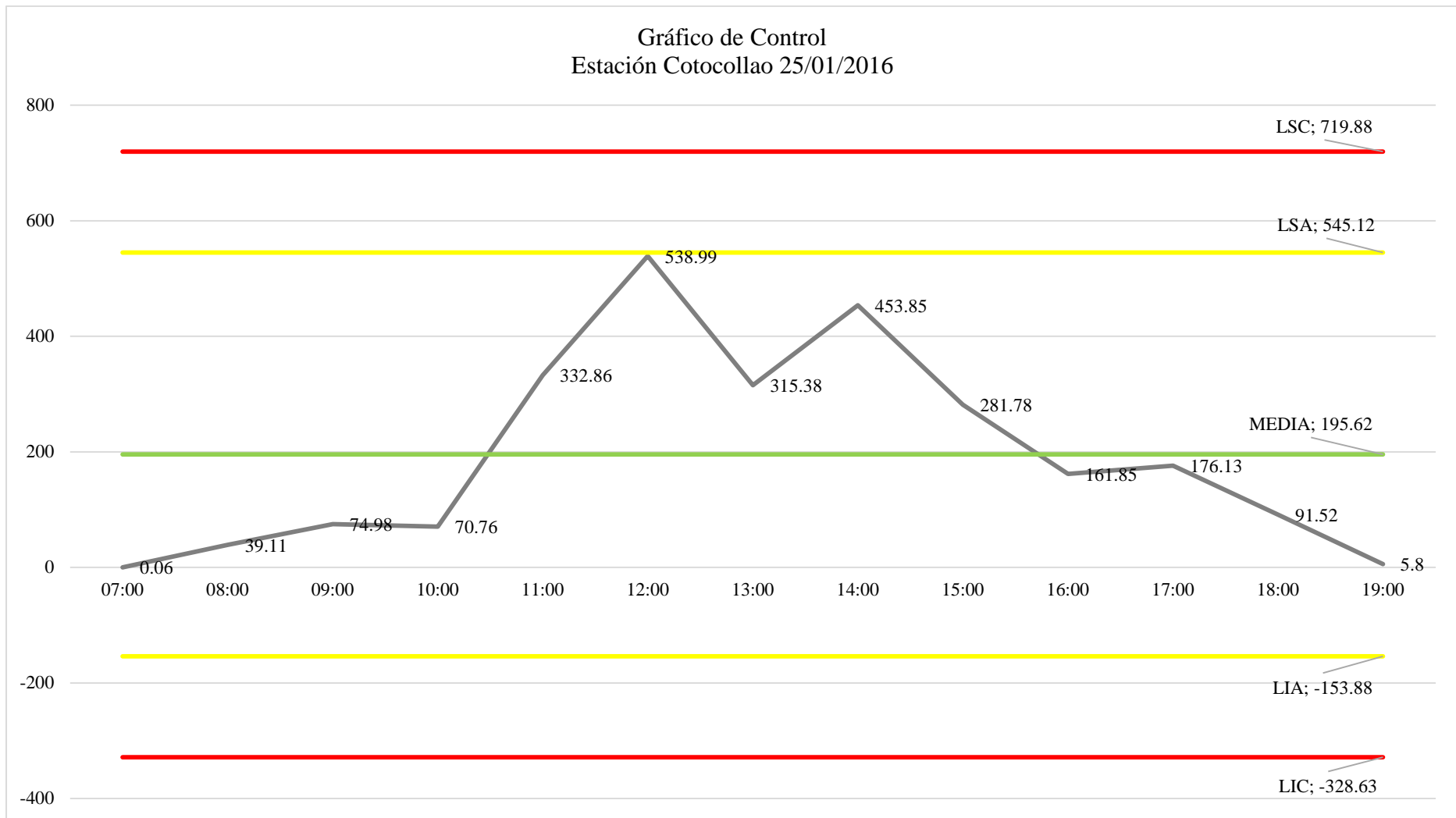


Figura 7: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 25/01/2016

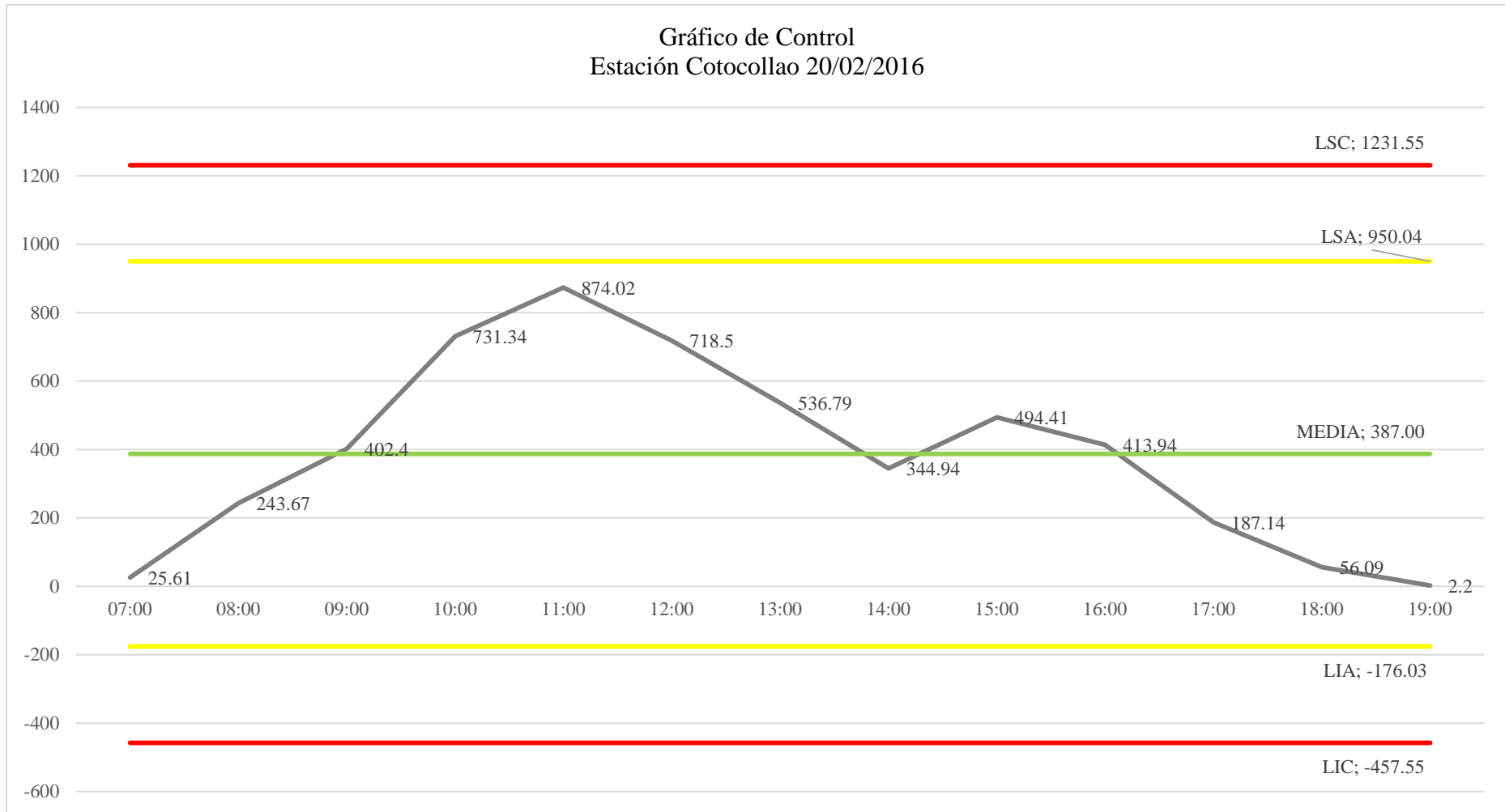


Figura 8: Grafico de control de la estación de Cotocollao 20/02/2016

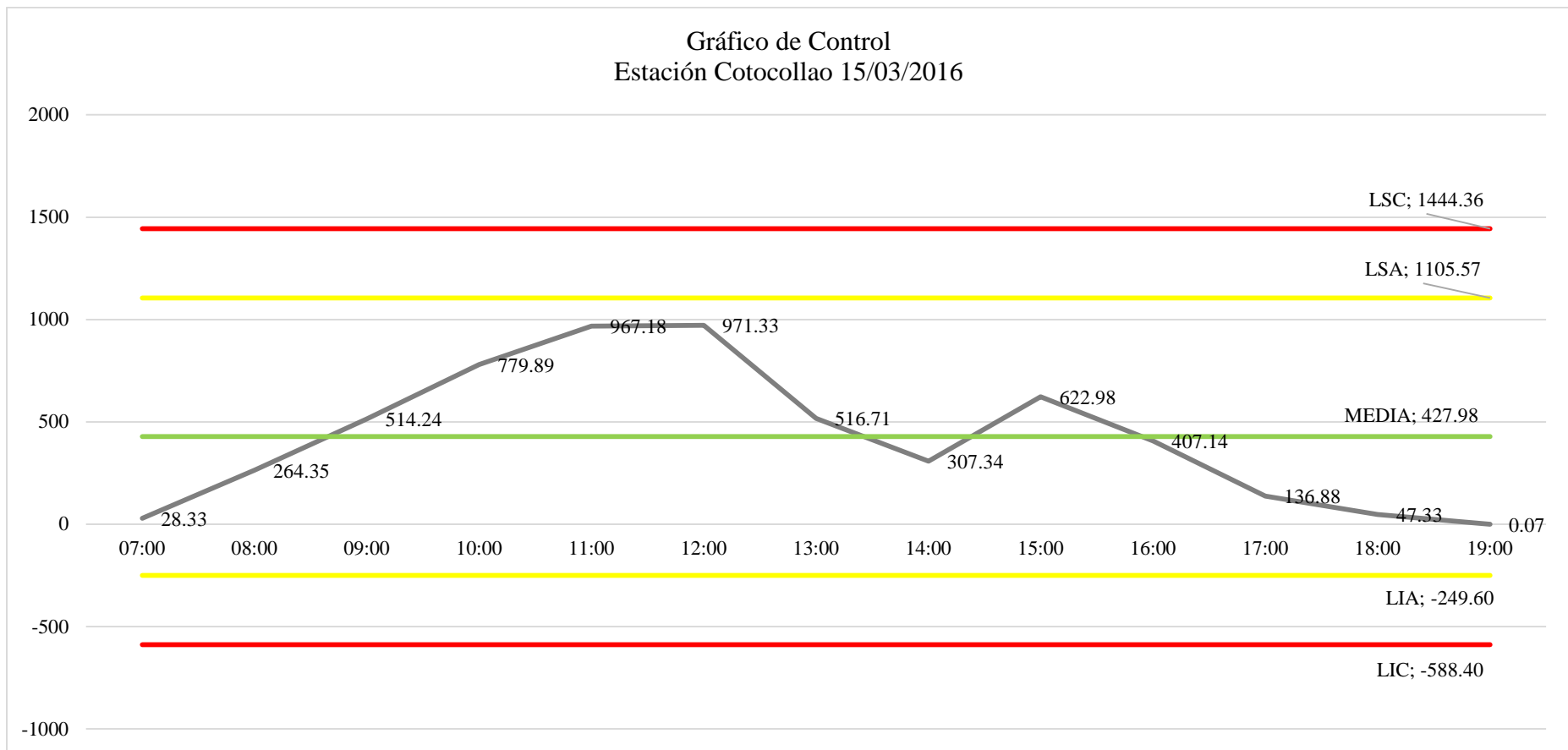


Figura 9: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 15/03/2016

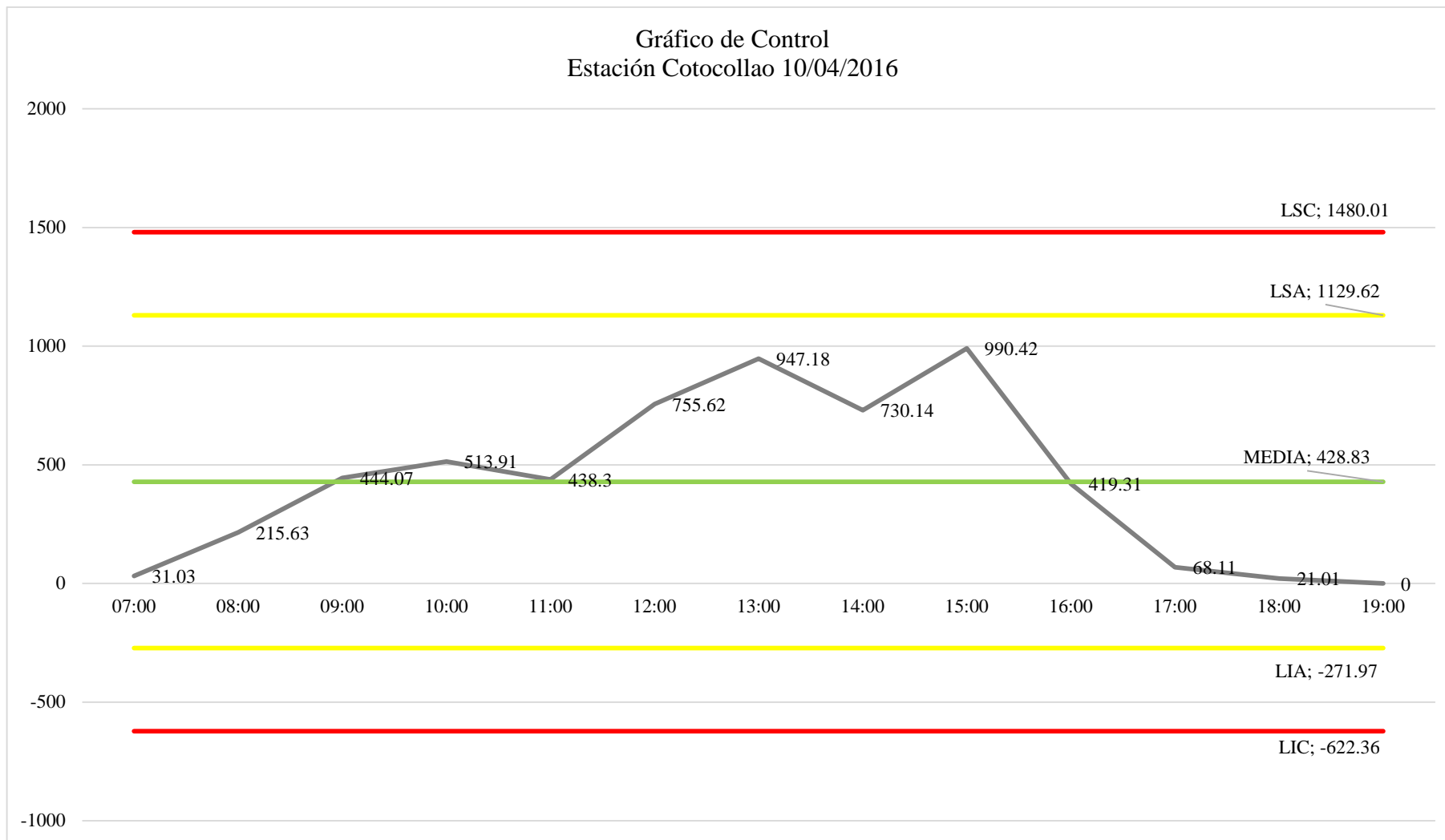


Figura 10: Grafico de control de la estación de Cotocollao 10/04/2016

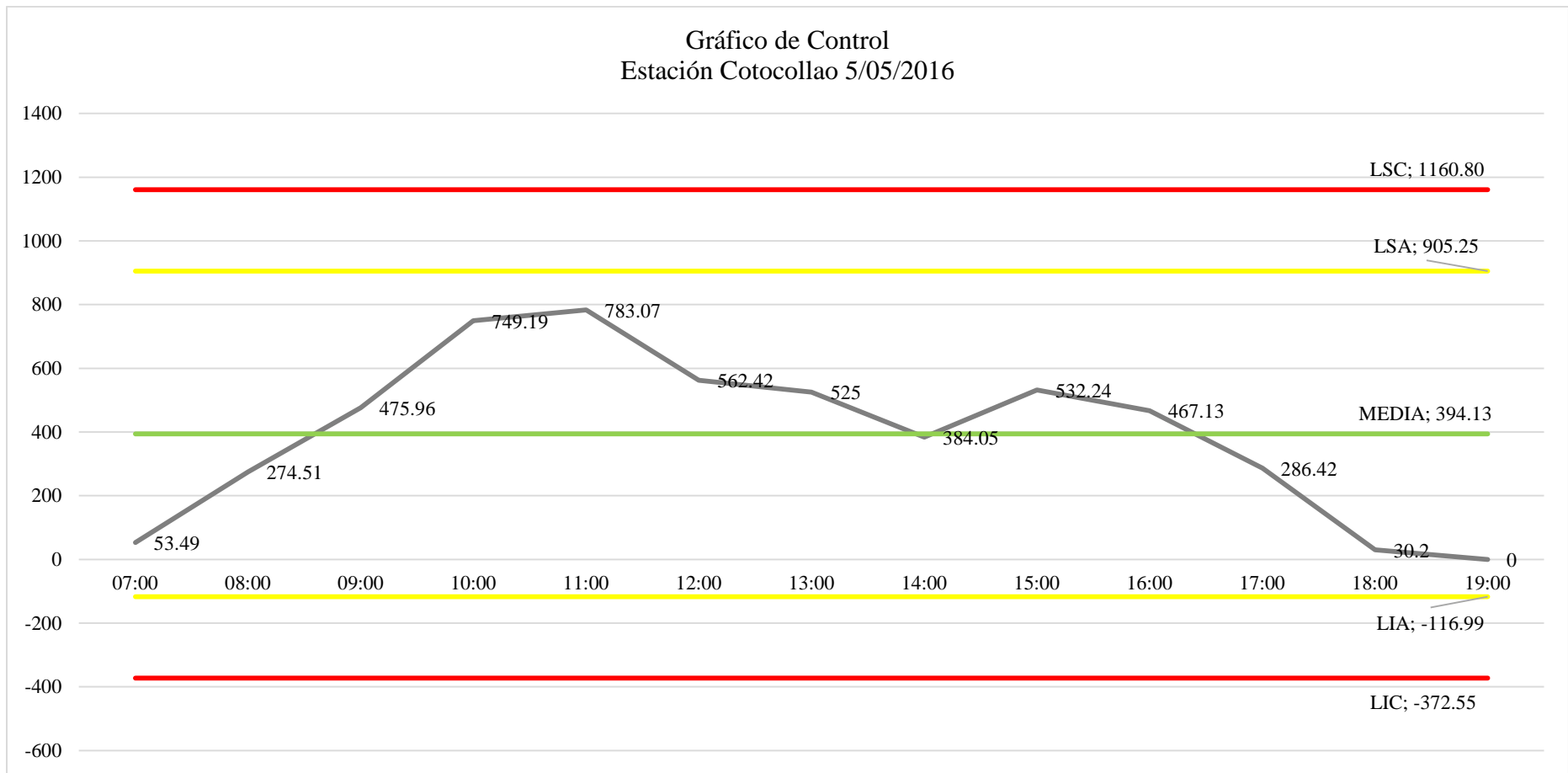


Figura 11: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 5/05/2016

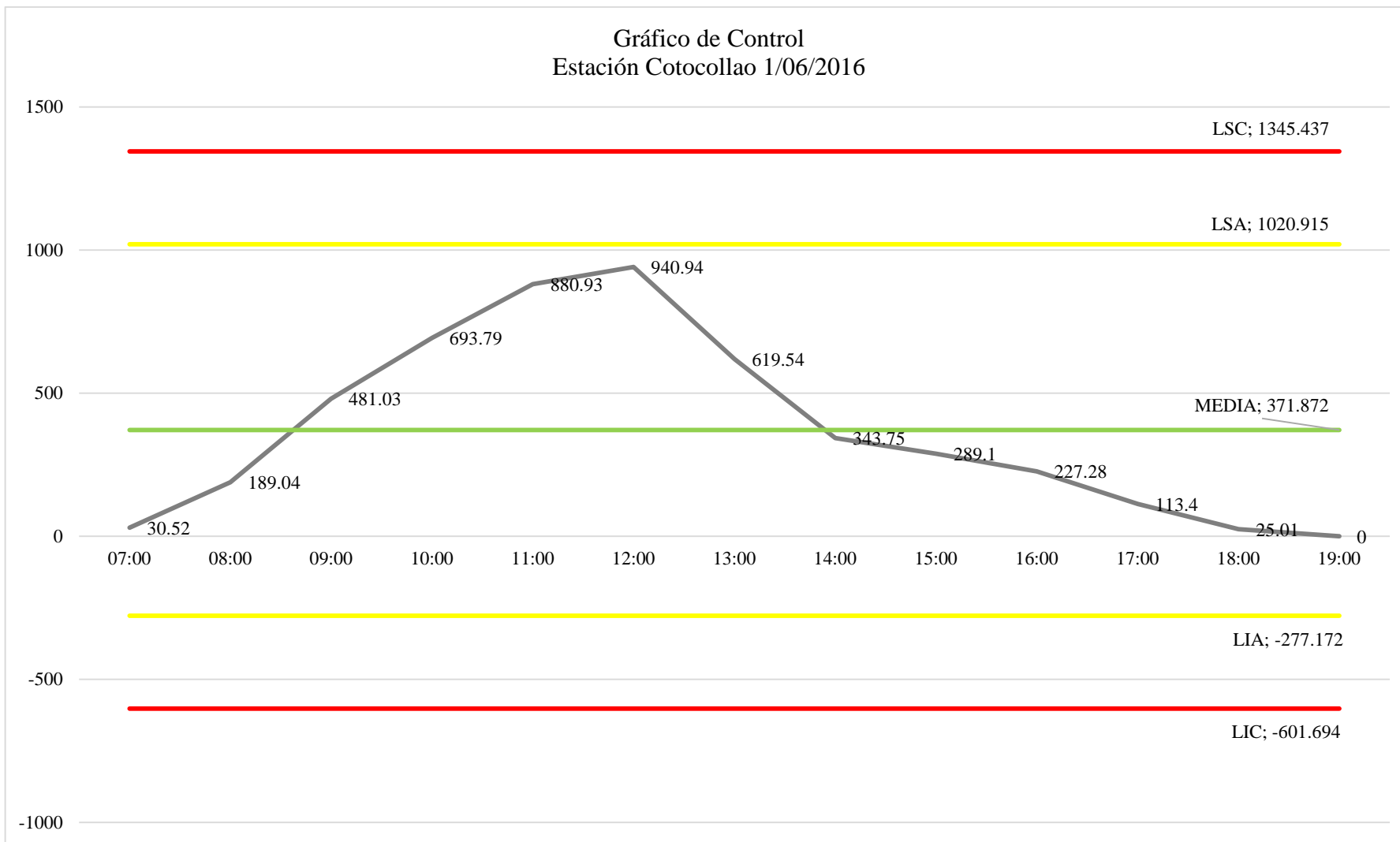


Figura 12: Gráfico de control de la estación de Cotocollao 1/06/2016

Tabla 4: Resumen gráficos de control

Estación	Año	Mes	Puntos Analizados	Límite Superior de Advertencia	Límite Superior de Control	Límite Inferior de Advertencia	Límite Inferior de Control
Cotocollao	2015	Julio	6	0	0	0	0
		Agosto	6	0	0	0	0
		Septiembre	6	0	0	0	0
		Octubre	6	0	0	0	0
		Noviembre	6	0	0	0	0
		Diciembre	6	0	0	0	0
	2016	Enero	7	0	0	0	0
		Febrero	7	0	0	0	0
		Marzo	7	0	0	0	0
		Abril	7	0	0	0	0
		Mayo	6	0	0	0	0
		Junio	6	0	0	0	0
Belisario	2015	Julio	7	0	0	0	0
		Agosto	7	0	0	0	0
		Septiembre	7	0	0	0	0
		Octubre	7	0	0	0	0
		Noviembre	7	0	0	0	0
		Diciembre	7	0	0	0	0
	2016	Enero	6	0	0	0	0
		Febrero	6	0	0	0	0
		Marzo	6	0	0	0	0
		Abril	6	0	0	0	0
		Mayo	6	0	0	0	0
		Junio	4	0	0	0	0
Carapungo	2015	Julio	7	0	0	0	0
		Agosto	7	0	0	0	0
		Septiembre	5	0	0	0	0
		Octubre	7	0	0	0	0
		Noviembre	6	0	0	0	0
		Diciembre	7	0	0	0	0
	2016	Enero	7	0	0	0	0
		Febrero	6	0	0	0	0
		Marzo	7	0	0	0	0
		Abril	6	0	0	0	0
		Mayo	7	0	0	0	0
		Junio	4	0	0	0	0
Los Chillos	2015	Julio	7	0	0	0	0
		Agosto	7	0	0	0	0
		Septiembre	7	0	0	0	0
		Octubre	7	0	0	0	0
		Noviembre	7	0	0	0	0
		Diciembre	7	0	0	0	0
	2016	Enero	4	0	0	0	0
		Febrero	6	0	0	0	0
		Marzo	6	0	0	0	0
		Abril	6	0	0	0	0
Mayo	6	0	0	0	0		

		Junio	6	0	0	0	0
Tumbaco	2015	Julio	7	0	0	0	0
		Agosto	7	0	0	0	0
		Septiembre	7	0	0	0	0
		Octubre	7	0	0	0	0
		Noviembre	7	0	0	0	0
		Diciembre	7	0	0	0	0
	2016	Enero	5	0	0	0	0
		Febrero	5	0	0	0	0
		Marzo	6	0	0	0	0
		Abril	6	0	0	0	0
		Mayo	6	0	0	0	0
		Junio	6	0	0	0	0

Con los gráficos de control realizados, que evidenciaron la pertinencia de la información relevada, se produjeron los promedios tomando las 12 horas (07:00hs – 19:00hs) de los días dentro de cada mes para cada estación, y obtuvieron las medias mensuales de cada estación; para posteriormente realizar el cálculo de la media anual de cada estación dentro del período seleccionado para el desarrollo del mapa de radiación global del DMQ 2015 – 2016, que indicaría el nivel de radiación global para el sector de la PUCE.

En el caso de los datos de consumo y costo energético para la PUCE, fue indispensable revisar los reportes en conjunto con los datos de facturación energética del período julio 2015 – junio 2016 (**ver Anexo 4**). No fue necesaria la realización de una validación, ya que se trató a los datos provistos por la PUCE como 100% confiables. De la misma manera, la PUCE proveyó los planos de implantación general necesarios para determinar la cantidad de radiación solar recibida en sus cubiertas y para el diseño del sistema solar fotovoltaico. El plano de implantación de la PUCE, fue georeferenciado para que se encuentre dentro del sistema de referencia espacial SIRES-DMQ.

2.3. Generación de cartografía temática

En el siguiente punto, se realizó la cartografía correspondiente al DMQ y a la PUCE. En lo que al DMQ respecta, se elaboró el mapa de localización de las estaciones de la REMMAQ, necesario para desarrollar el mapa de radiación global del DMQ. Para la PUCE, el mapa de las cubiertas fue fundamental para la determinación de la radiación global y para la selección de zonas aptas y posterior diseño de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX y Panasonic.

2.3.1. Mapa de ubicación de las estaciones de la REMMAQ dentro del DMQ

Para la realización del mapa de ubicación de las estaciones de la REMMAQ fue necesaria la realización de una hoja Excel que muestre las estaciones y sus respectivas coordenadas geográficas, ya que la REMMAQ solo contaba con información alfanumérica acerca de la ubicación de las estaciones. Posteriormente, se abrió el mismo archivo en el programa ArcMap, en orden de transformar las respectivas coordenadas en puntos para poder ser representadas dentro de la superficie del DMQ.

FID	Shape *	FID	DESCR	X	Y	RAD ANUAL
0	Point	1	Carapungo	-78,447222	-0,098333	421,061751
1	Point	2	Cotocollao	-78,497222	-0,107778	421,479109
2	Point	3	Belisario	-78,49	-0,18	381,314073
3	Point	4	Tumbaco	-78,4	-0,21	434,246667
4	Point	5	Los Chillos	-78,46	-0,3	426,041362

Figura 14: Tabla de atributos con valores promedio de radiación del periodo julio 2015 – junio 2016

Con los datos promedio de radiación anual, se realizó una interpolación, entendida como la consecución de nuevos puntos a partir de un conjunto moderado de puntos (Castillo R., s.f.), a través de las herramientas de análisis espacial y utilizando el método del “vecino natural”, también conocido como interpolación de Sibson o de "robo de área", que según ESRI (2016), en su portal web afirma:

Los vecinos naturales de un punto son aquellos que están asociados con los polígonos de Voronoi (Thiessen) adyacentes. Al principio, se construye un diagrama de Voronoi de todos los puntos dados. Después se crea un nuevo polígono de Voronoi, alrededor del punto de interpolación. La proporción de superposición entre este polígono nuevo y los polígonos iniciales se utiliza como ponderaciones (**ver Figura 15**).

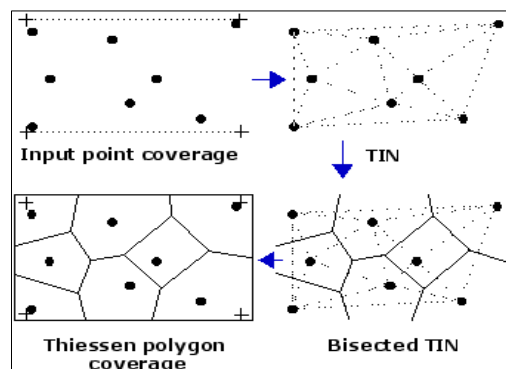


Figura 15: Polígonos de Voronoi (Thiessen)

El resultado, que se observa en la **Figura 16**, de la radiación solar global para la PUCE, se encuentra dentro del rango mínimo- máximo entre **387,32 – 393,17 W/m²**, siendo este, **uno de los más bajos para el DMQ**; para el presente trabajo se utilizará la radiación mínima, por determinarse como el peor escenario. La cantidad de radiación recibida influye directamente en la cantidad de energía producida por los paneles (**ver Anexo 6**).

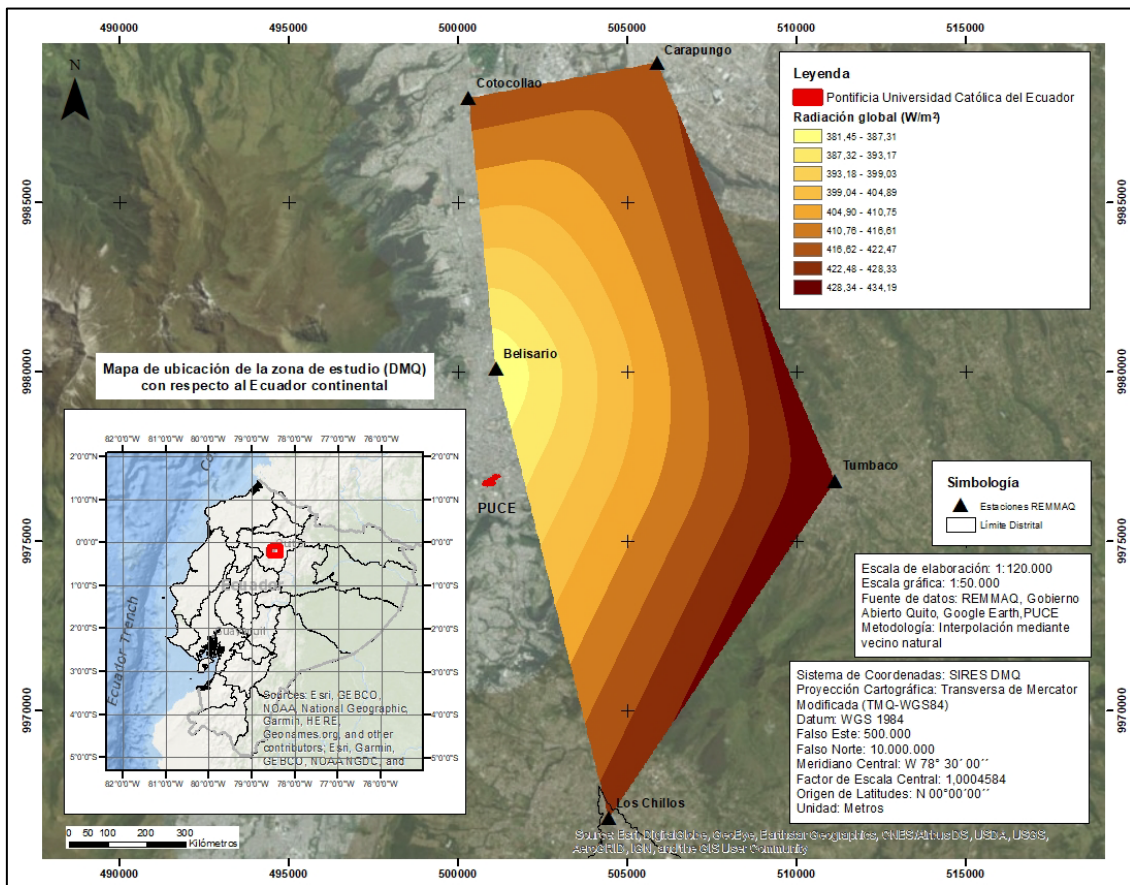


Figura 16: Mapa de radiación solar del Distrito Metropolitano de Quito

2.3.3. Plano de cubiertas de las edificaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Para la realización del mapa de cubiertas de la PUCE, se utilizó el programa ArcMap, para lo cual se agregó el archivo llamado IMPLANTACIÓN ACTUAL 23-01-17 en

formato .dwg entregado por la propia universidad, el cual fue seleccionado por ser la versión más reciente (ver Figura 17).

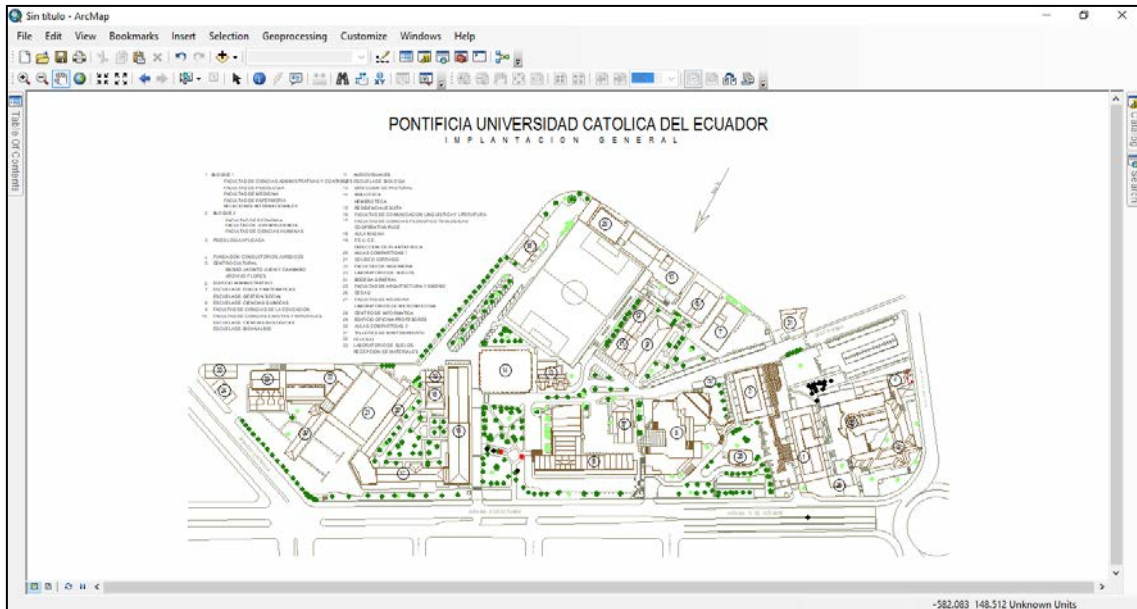


Figura 17: Archivo *IMPLANTACIÓN ACTUAL 23-01-17.dwg* en ArcMap

Una vez ingresado el archivo en el programa, fue necesario convertirlo a un formato cuya extensión sea compatible con .shp, para lo cual se realizó una exportación de datos a la capa *IMPLANTACIÓN ACTUAL 23-01-17.dwg Polyline* dando como resultado otra capa, a la cual se nombró *POLYLINE-PUCE23-01-2017.shp*. Una vez que la capa se encontró en un formato compatible con el programa se procedió a realizar una edición para poder ajustarlo espacialmente, utilizando para ello, una ortofotografía georreferenciada del DMQ llamada *ORTOMOSAICO_DMQ_UTM.ecw*, ya que la capa en mención no se encontraba georreferenciada. Cabe recalcar, que al no estar ortorectificada la imagen satelital, se evidenciaron distorsiones geométricas y de escala.

Para el ajuste espacial y correcta georreferenciación del archivo, se utilizaron cuatro puntos estratégicos de desplazamiento colocados desde la implantación hasta la imagen (ver Figura 18).

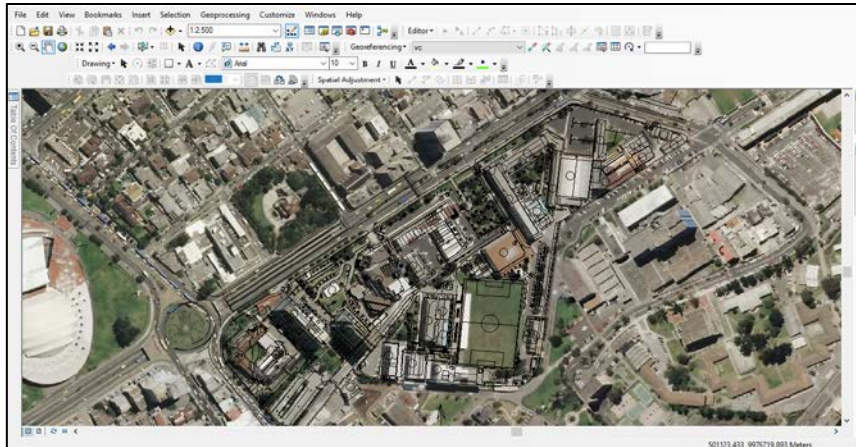


Figura 18: Capa POLYLINE-PUCE23-01-2017.shp georreferenciada.

Una vez georreferenciada la capa se procedió a extraer las cubiertas de los edificios mediante la exportación de datos seleccionando en la tabla de atributos el campo correspondiente a cubiertas, para este caso llamado “CUBIERTAS”, dando como resultado final, la representación de todas las cubiertas de las edificaciones de la PUCE representadas en la **Figura 19 (ver Anexo 7)**.

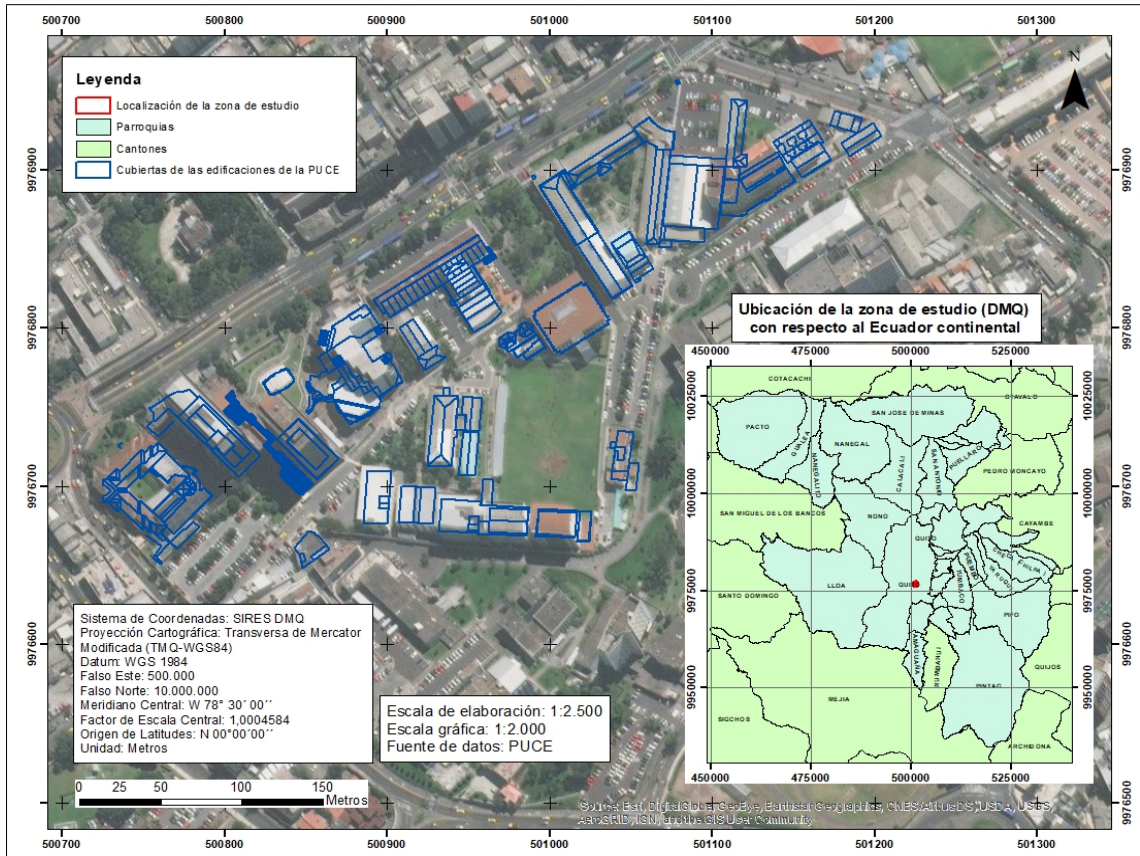


Figura 19: Plano de cubiertas de las edificaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

CAPÍTULO III: ZONAS APTAS PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1. Generación de cartografía temática

En este capítulo se realizaron los productos finales: los diseños de los sistemas de generación solar fotovoltaico del panel SIMAX y el panel Panasonic, para los cuales fueron necesarios los mapas de zonas aptas para la instalación de paneles solares en la PUCE, en conjunto con los demás mapas antes trabajados.

3.1.1. Plano de zonas aptas para instalación de paneles solares en las cubiertas de la PUCE

Para la realización del mapa de zonas aptas para instalación de paneles solares se utilizó el mapa de cubiertas de la PUCE. Se seleccionaron las cubiertas aptas para la instalación de los paneles basándose en criterios de superficie disponible y resistencia a las cargas con ayuda del Arq. Patricio Serrano, ex-docente de la PUCE, en la cual desempeñó las funciones de docente en la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes (FADA) por alrededor de 10 años, descartando las zonas inútiles para la instalación, siendo estas aquellas en donde no es posible la instalación de los paneles por no cumplir con criterios de superficie disponible y/o resistencia a las cargas. Se realizaron polígonos en las cubiertas para determinar las zonas aptas para la instalación de los paneles como se puede evidenciar en la **Figura 20 (ver Anexo 8)**.

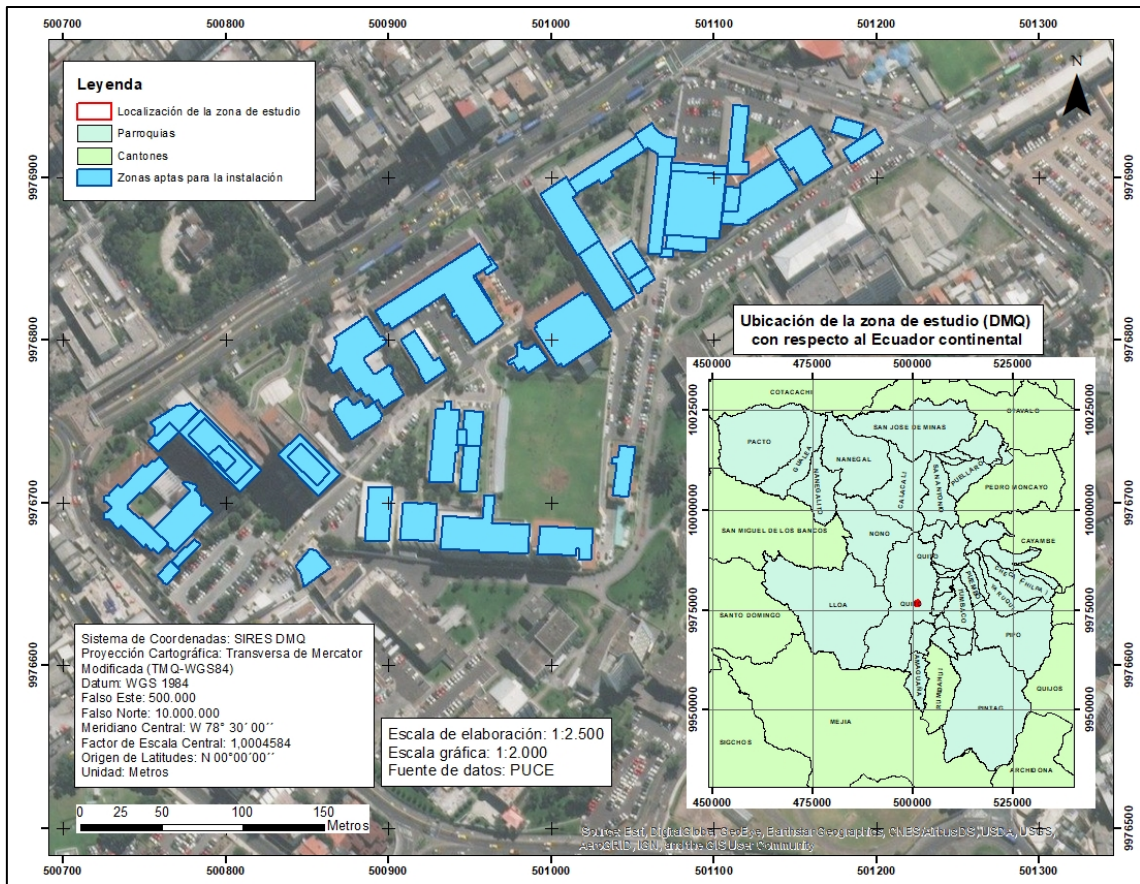


Figura 20: Plano de zonas aptas para la instalación de paneles solares en las cubiertas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador

3.1.2. Plano del diseño de los sistemas solares fotovoltaicos

Para la construcción del diseño del sistema solar fotovoltaico en las cubiertas aptas de las edificaciones de la PUCE, se utilizó el programa ArchiCAD, dibujando mediante polilíneas, la franja o línea de seguridad definida de 1 metro de distancia paralela al perímetro de la cubierta. Esta franja garantiza el acceso a las cubiertas para realizar trabajos de mantenimiento, reparación y la misma instalación de los paneles.

Se procedió dibujando, con los diseños de los dos modelos seleccionados de paneles: el panel SIMAX 156 SP672- 310W, que tiene unas dimensiones de 1956 mm x 992 mm x 40 mm y el panel Panasonic HIT-N240, con unas dimensiones de 798mm x 35mm x 1580mm.

Se dispusieron conforme al mayor de sus lados paralelo respecto al mayor de los lados de cada una de las cubiertas; su espaciamiento es de 10cm, y perpendicularmente se

colocaron a una distancia de 30cm entre sí; una vez dispuestos sobre las cubiertas, se ajustó su disposición para que ninguno de los arreglos exceda los límites de la línea de seguridad.

Para el cálculo de la cantidad total de paneles, se procedió dividiendo el área de cobertura de todos los paneles colocados entre el área calculada de un solo panel.

El diseño del sistema solar fotovoltaico del panel Panasonic HIT-N240 arroja un total de 8.666 paneles para todas las cubiertas aptas de la PUCE con un peso total de 129.990kg dado que el peso unitario de cada panel es 15kg. El diseño del sistema solar fotovoltaico del panel SIMAX 156 SP672- 310W cuenta con un total de 5.880 paneles, y con un peso unitario de 22,5 kg, resulta un peso total de 132.300 kg (**Ver anexos 9 y 10**).

3.2. Caracterización de los sistemas solares fotovoltaicos.

Un panel solar fotovoltaico es un conjunto interconectado de células solares y el componente principal del sistema fotovoltaico. El rendimiento de un panel solar fotovoltaico es medido en STC (por sus siglas en inglés Standard Test Conditions) que refleja la potencia máxima del panel probado en condiciones estándar de ensayo (Anónimo, 2010) y en NOCT (por sus siglas en inglés Nominal Operating Cell Temperature) que es la temperatura de operación nominal de las células y se refiere a condiciones de ensayos que son mucho más cercanas a las condiciones del mundo real, condiciones que los paneles enfrentarían día a día (Infinite Energy, 2016) (**ver Tabla 5**).

Tabla 5: Rendimiento STC y NOCT

	STC	NOCT
Irradiación	1.000 W/m ²	800 W/m ²
Masa de aire²	1,5	1,5
Temperatura	25 °C	20 °C
Velocidad del viento	0 m/s ²	1 m/s ²

² Masa de aire: cuantifica la reducción en la potencia de la luz a medida que pasa a través de la atmósfera y es absorbido por el aire y el polvo (Honsberg & Bowden, 2017).

Para la realización del proyecto se consideró a dos empresas proveedoras de paneles solares, una empresa nacional: ProViento S.A. y la empresa multinacional Panasonic Latin America.

3.2.1. Empresa ProViento S.A.

La empresa ProViento S.A. fue constituida en 2001 por la empresa alemana Windwärts Energie GmbH para la realización de proyectos relacionados con el aprovechamiento de la energía eólica en el Ecuador; sin embargo, esta, con los años, cambió su estructura accionaria y su enfoque empresarial y en la actualidad ofrece soluciones y productos en el campo de las energías renovables para toda la región Andina. La empresa cuenta con un portafolio de productos que abarca una gran variedad de equipos y sensores, tanto para la evaluación científica de energías renovables, como para la aplicación en la generación eléctrica, según se lo especifica su portal web (ProViento S.A., 2017).

De los artículos que esta firma local comercializa, se seleccionó el panel de marca SIMAX 156 SP672- 310W. El desarrollo de este panel proviene de la empresa privada especializada en productos de aplicación solar de alta tecnología, manufactura y marketing; la empresa cuenta con un equipo de investigación y desarrollo, cuyos miembros son reconocidos expertos en el área fotovoltaica, que colaboran en la generación de productos de alta calidad y bajo costo (Simax (Suzhou) Green New Energy Co.,ltd., 2013).

El panel SIMAX 156 SP672- 310W, fue seleccionado por ser uno de los paneles de mayor potencia con los que cuenta ProViento S.A. Tiene unas dimensiones de 1.956 mm x 992 mm x 40 mm, una potencia máxima de 310W en STC y una potencia máxima de 228 W en NOCT; un peso de 22,5 kg y se comercializa a un costo de US \$330 (**ver Figuras 21 y 22**).

Electrical Characteristics

Parameters	SP672-280		SP672-285		SP672-290		SP672-295		SP672-300		SP672-305		SP672-310	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Peak power [Wp] P_{mpp}	280W	208W	285W	212W	290W	215W	295W	219W	300W	226W	305W	224W	310W	228W
Open circuit voltage [V] V_{oc}	44.4	44.7	44.4	45.0	44.4	45.3	45.0	45.5	45.0	45.8	45.2	45.8	45.5	45.8
Maximum Power Voltage [V] (V_{mpp})	29.5	37.2	35.8	37.4	35.8	37.4	36.3	37.8	36.3	38.0	36.5	38.0	36.8	38.0
Maximum Power Current [A] (I_{mpp})	7.82	5.59	7.96	5.65	8.10	5.76	8.13	5.79	8.26	5.95	8.35	5.91	8.42	6.05
Short circuit Current [A] (I_{sc})	8.45	5.94	8.60	5.99	8.71	6.06	8.78	6.12	8.93	6.25	8.95	6.89	9.01	7.21
Power Tolerance	0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%		0~+3%	
Module Efficiency (%)	14.5%		14.7%		14.9%		15.3%		15.5%		15.7%		16.0%	

STC: Irradiance : 1000 W/m² ; Spectrum AM 1.5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s
 NOCT: Irradiance: 800W/m² ; Spectrum AM 1.5; ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s

Figura 21: Características Eléctricas del panel SIMAX 156 SP672

Mechanical Characteristics	
Solar Cell	Polycrystalline silicon 156 x 156 (mm)
No. of Cells	72 (6 x 12)
Dimensions	1956 x 992 x 40 mm
Weight	22.5 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Output	
Cable Type	∅ = 4 mm ²
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB001 MC4
Temperature Coefficients	
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P_{max})	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V_{oc})	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I_{sc})	0.035% / °C

Figura 22: Características Mecánicas del panel SIMAX 156 SP672

3.2.2. Empresa Panasonic


Panasonic Corporation es una empresa líder y especialista en el desarrollo de tecnologías y soluciones para el usuario en todos los ámbitos. Desde su instauración en 1918, la compañía ha tenido un constante crecimiento a nivel mundial, en la actualidad, con más

de 500 sucursales alrededor del mundo, según lo especifica en su portal web (Panasonic, Soluciones Integradas de Panasonic en Panamá y el mundo “A Better Life, A Better World”, 2014).

La multinacional Panasonic Latin America, bajo su lema “A Better Life, A Better World”, presenta sus soluciones integrales con el apoyo conjunto de sus socios; brinda alternativas para mejorar la calidad de vida de las personas y promover un mundo mejor a través de la contribución al medio ambiente, dando apoyo continuo a las sociedades alrededor del mundo (Panasonic, Soluciones Integradas de Panasonic en Panamá y el mundo “A Better Life, A Better World”, 2014).

Según Panasonic (2014), las soluciones propuestas por la empresa para la generación energética mediante el sol, tienen alta demanda gracias a que consiguen un significativo ahorro económico y una restitución de la inversión en tiempos parcialmente cortos, así como un impacto ambiental reducido que contribuye con la protección del planeta.

De esta empresa se seleccionó los paneles fotovoltaicos de la línea HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin layer), los cuales presentan, según la misma empresa, los mayores niveles de eficiencia en el mundo. El panel seleccionado fue el Panel Solar HIT-N240, con una potencia máxima de 240 W en STC y una potencia máxima de 182 W en NOCT; un peso de 15 kg y con unas dimensiones de 798mm x 35mm x 1.580mm. El precio referencial para este panel es de US \$330, coste referencial utilizado debido a que la empresa no reveló los valores reales pese a los esfuerzos por contactarlos (**ver Figuras 23 y 24**).

 <p>> Paneles Solares > HIT</p> <h3>Panel Solar HIT-N240</h3>		
Características Eléctricas	Potencia máxima (Pmax) [W]	240
	Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	43.7
	Corriente para máxima potencia (Imp) [A]	5.51
	Tensión de circuito abierto (Voc) [V]	52.4
	Corriente en cortocircuito (Isc) [A]	5.85
	Protección contra sobrecorriente máx. [A]	15
	Tolerancia de potencia de salida [%]	[+10 / -5 *]
	Voltaje máximo del sistema	1000

A NOCT	Potencia máxima (Pmax) [W]	182
	Tensión para máxima potencia (Vmp) [V]	41.1
	Corriente para máxima potencia (Imp) [A]	4.44
	Tensión en circuito abierto (Voc) [V]	48.9
	Corriente en cortocircuito (Isc) [A]	4.71

Figura 23: Características Eléctricas del panel HIT-N240

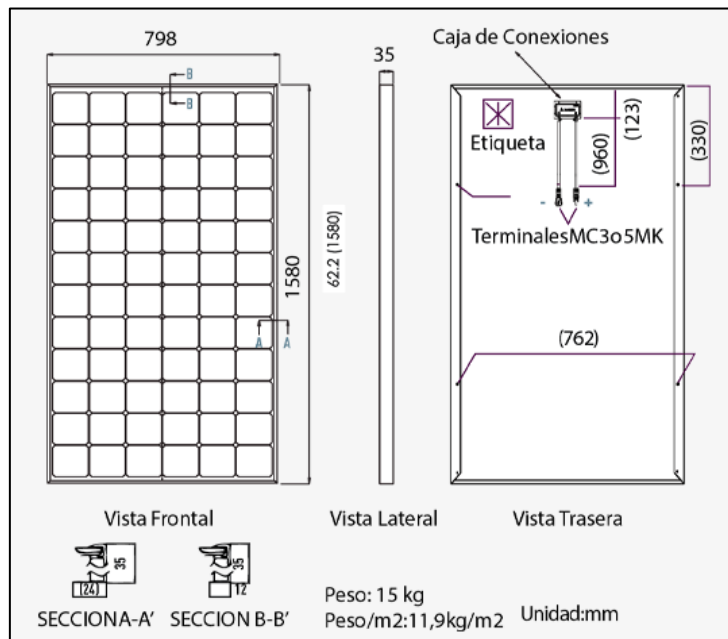


Figura 24: Características Mecánicas del panel HIT-N240

3.3. Cálculo energético de los sistemas fotovoltaicos

Para realizar el cálculo energético de los sistemas fotovoltaicos propuestos, es necesario tener en cuenta ciertas consideraciones: el rendimiento real del panel, la cantidad de irradiación solar global dentro del DMQ y la cantidad total de paneles.

El rendimiento del panel solar debe considerar los dos tipos de variables, tanto STC cuanto NOCT, para los que cada panel presenta distintas cotas. El presente trabajo seleccionó el rendimiento en NOCT, por presentar testeos en condiciones más cercanas a la realidad.

Una vez acordado el tipo de rendimiento, se procede a determinar la cantidad de radiación solar para el sector del DMQ, la cual fue de $387,32\text{W/m}^2$, considerado este valor para realizar los cálculos correspondientes, teniendo en cuenta que con el rendimiento en NOCT, una irradiación de 800W/m^2 , cada modelo proporciona una cantidad particular de energía; para el caso del panel SIMAX 156 SP672- 310W, una potencia de 228W y para el panel Panasonic HIT-N240, una potencia de 182W.

Modelo	Irradiación NOCT	Rendimiento Máximo NOCT	Irradiación Solar DMQ	Rendimiento Real
SIMAX 156 SP672- 310W	800 W/m ²	228 W	387,32 W/m ²	110,39 W
Panasonic HIT-N240		182W		88,12 W

Tabla 6: Rendimiento de los paneles SIMAX 156 SP672- 310W y Panasonic HIT-N240

El rendimiento real del panel queda definido mediante una proporción por ecuación de primer grado, en donde, si el panel SIMAX 156 SP672 – 310W, con una irradiación de 800W/m^2 tiene un rendimiento de 228W, entonces, con una irradiación de $387,32\text{W/m}^2$, ¿cuál sería su rendimiento? Se multiplican los $387,32\text{W/m}^2$ de irradiación en el DMQ por los 228 W generados por el panel en NOCT y el producto se divide entre los 800

W/m², dando como resultado 110,39 W. El procedimiento se repite para el caso del panel Panasonic HIT-N240 (**ver Tabla 6**).

Según el diseño del sistema solar fotovoltaico para el panel SIMAX 156 SP672- 310W, previamente realizado, se cuenta con un total de 5.880 paneles dispuestos en las cubiertas de la PUCE y 8.666 paneles en el diseño solar fotovoltaico para el panel Panasonic HIT-N240. Al multiplicar la cantidad total de paneles de cada uno de los sistemas propuestos por el rendimiento real de cada panel, se obtuvo la cantidad de potencia producida por cada sistema solar fotovoltaico. El sistema SIMAX produce una potencia de 649.093,2 W y el sistema Panasonic produce una potencia de 763.647,9 W.

Para calcular la energía del sistema solar fotovoltaico, es necesaria la transformación de la potencia dada en W a kW y después multiplicarla por el período de tiempo en el que los paneles captan energía (12 horas), y obtener así la energía en KWh con la siguiente fórmula extraída del sitio web RapidTables (2018).

Ecuación N° 2:

$$E \text{ (kWh)} = P \text{ (kW)} \times t \text{ (h)}$$

donde:

E= Energía en kilovatios-hora

P= Potencia en kilovatios

t= Periodo de tiempo en horas

El sistema solar fotovoltaico del panel SIMAX 156 SP672- 310W, produciría una energía total de 7.789,12 kWh y una energía total de 9.163,78 kWh para el panel Panasonic HIT-N240 al día por un período de 12 horas (07:00hs–19:00hs) de captación de radiación solar, es decir, en un período de 30 días, se podrían producir un aproximado de 233.673,6 kWh y 274.913,4 kWh respectivamente (**ver Tabla 7**).

	SIMAX 156 SP672- 310W	Panasonic HIT-N240
Potencia (W)	649.093,2 W	763.647,9 W
Potencia (kW)	649, 09 kW	763, 65 kW
E = P × t	E = 649, 09 kW x 12 h E = 7.789,12 kWh	E = 763, 65 kW x 12 h E = 9.163,78 kWh

Tabla 7: Energía de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX 156 SP672- 310W y Panasonic HIT-N240

Cabe aclarar que, tanto la potencia como la energía, son datos aproximados, ya que, para que se obtengan este tipo de resultados, es necesario que la radiación global sea constante durante todo el mes.

CAPITULO IV: EVALUACIÓN COSTO BENEFICIO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.1. Evaluación costo beneficio económico

En el período Julio 2015 – Junio 2016, la PUCE gastó en consumo eléctrico, alrededor de US \$355.180,51 por una demanda de 3.452.922 kWh; cabe recalcar que la mayor parte de este consumo se produce en el horario de 7:00am – 10:00pm, un total de 2.728.779 kWh, el cual representa el 79% del consumo energético de la PUCE para este período; mientras que en el horario de 10:00pm – 7:00am, se registró un consumo de 724.143 kWh representando el 21% restante del consumo.

El sistema solar fotovoltaico SIMAX 156 SP672- 310W, conformado por 5.880 paneles dispuestos alrededor de todo el campus de la PUCE, a un precio de US \$330 por panel, tendría un costo para su implementación de US \$1.940.400. Considerando que el panel cuenta con 2 tipos de garantías, una por rendimiento que asegura uno al 90% después de 10 años y al 80% después de 25 años, y otra, de equipo que asegura su funcionamiento sin fallas durante 10 – 12 años (ver Figura 25).

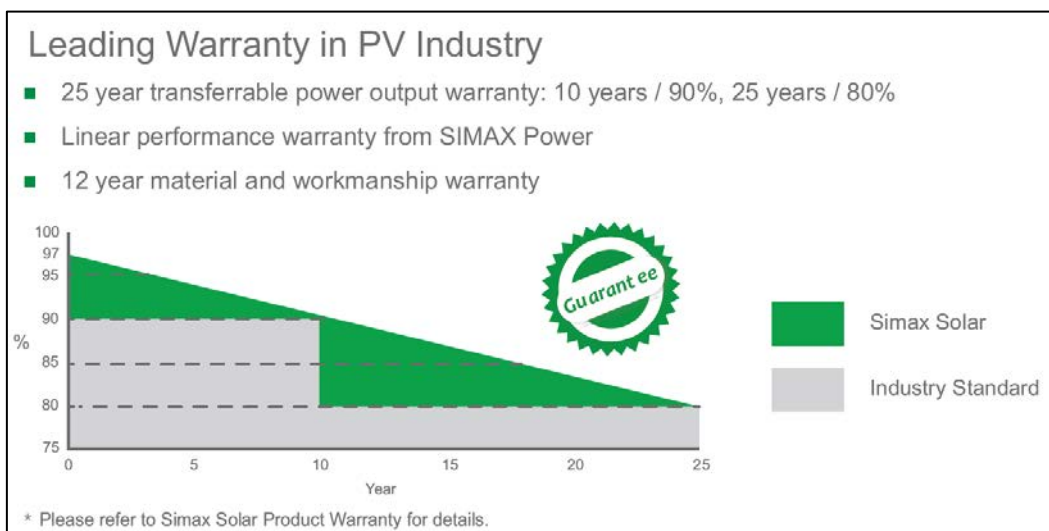


Figura 25: Garantía del panel SIMAX 156 SP672- 310W

El sistema solar fotovoltaico Panasonic HIT-N240, consta de 8.666 paneles, al tener dimensiones menores, tiene un valor referencial aproximado de US \$2.859.780 (US \$330 ya que se utilizó el precio del panel SIMAX). Al igual que el panel SIMAX, este también cuenta con dos garantías; una de equipo que asegura su funcionamiento sin fallas de fábrica durante un período de 25 años; y otra de rendimiento que asegura su funcionamiento al 90% de capacidad hasta después de 25 años; siendo estas unas de las mejores garantías que pueden ofrecer las empresas proveedoras de paneles alrededor del mundo (Panasonic, Panel Solar HIT-N240, 2018) & (Aggarwal, 2017) (**ver Figura 26**).



Figura 26: Garantía del panel Panasonic HIT-N240

Una vez determinada la cantidad de energía que demanda el sistema eléctrico actual así como su costo para el período seleccionado, fue necesario determinar la cantidad de energía producida y el valor monetario total para la implementación de cada uno de los sistemas solares fotovoltaicos propuestos. Cabe recalcar que cualquiera de los sistemas solares fotovoltaicos, solo generarían energía durante un período de 12 horas (07:00hs – 19:00hs); durante el otro periodo (19:00hs – 07:00hs) se abastecería con el sistema energético convencional.

El sistema solar fotovoltaico SIMAX 156 SP672 – 310W, funcionando durante 12 horas, produciría un total de 7.789,12 kWh y durante el periodo de julio 2015 – junio 2016 (365 días), produciría 2.843.028,8 kWh al año; sin embargo, debe considerarse que su

rendimiento disminuirá al paso de 10 años en 10%, ósea será de 2.558.725,92 kWh y al pasar 25 años su rendimiento caerá al 80%, es decir 2.274.423,04 kWh; valores tomados en cuenta para realizar cálculos posteriores, considerados dentro de escenarios poco favorables.

En cuanto al valor de la implementación del sistema, US \$1.940.400, se establece un período de amortización sobre la base de vida útil de los paneles solares, la cual es de 25 años, garantizada por la empresa; después de ese tiempo, la productividad del panel disminuye, por estas razones el precio real para la implementación del sistema sería de US \$77.616 anuales durante los 25 años de vida útil del sistema.

El sistema solar fotovoltaico Panasonic HIT-N240, por otro lado, produciría 9.163,78 kWh funcionando durante el mismo tiempo de 12 horas, por ende, en un período de 365 días produciría 3.344.779,7 kWh; en consecuencia, a diferencia del sistema SIMAX, ofrece un funcionamiento al 90% después de 25 años, dando como resultado un total de 3.010.301,73 kWh, valor que fue tomado en cuenta para la realización de los cálculos considerando escenarios desfavorables. El valor de este sistema, US \$2.859.780, supera al valor del sistema anterior. Al igual que este, también tiene una vida útil de 25 años, lo que se traduce a un total de US \$114.391,28 anuales durante la vida útil del panel.

Se asume como 25 años la vida útil de los paneles por ser el tiempo que las empresas garantizan el rendimiento del dispositivo; a partir de los 25 años, como se explicó anteriormente, la efectividad de estos comienza a disminuir; sin embargo, se encuentran reportes de paneles que superaron los 30 años y aún siguen funcionando de manera relativamente normal, como es el caso del panel solar de 33W (Arco Solar 16-2000), que superó las expectativas de vida de fábrica llegando a los 30 años de funcionamiento, o el caso de la empresa Kyocera, que según sus reportes, en varias de sus instalaciones solares, existen paneles cuyo funcionamiento se ha dado de manera normal a pesar de haber superado los 30 años (EcoHeat, S/A).

Es necesario considerar los costes producto de instalación y mantenimiento, en los totales de implementación de los sistemas solares fotovoltaicos. Según la empresa ProViento S.A, la instalación de 5.880 paneles en la PUCE, tendría un costo aproximado de US \$900 por panel, debido a la dificultad de acceso a las cubiertas de las edificaciones; por otro lado, al no tener una respuesta de la empresa Panasonic, se preguntó a la misma empresa cuál sería el costo de instalación de 8.666 paneles; su respuesta fue de un precio estimado

de US \$700 por panel; este precio se debe a que por una mayor cantidad de paneles existe una disminución en el costo de instalación. Estos valores se sumarían al total para ambos sistemas.

Los costos de mantenimiento son una variable importante que se debe considerar; sin embargo, estos costos operativos serían nulos ya que la universidad cuenta con un departamento encargado del mantenimiento del servicio eléctrico. El mismo departamento realizaría el mantenimiento del sistema solar fotovoltaico en caso de que fuese instalado.

La cantidad de energía generada por los paneles SIMAX 156 SP672 – 310W y los paneles Panasonic HIT-N240, fue de 2.274.423,04 kWh y de 3.010.301,73 kWh respectivamente, esta energía es la generada por los paneles en un tiempo de 12 horas (07:00hs – 19:00hs) durante el período de julio 2015 – junio 2016. Por otro lado, la energía consumida por la PUCE para el período de julio 2015 – junio 2016 fue de 3.452.922 kWh; sin embargo, existieron períodos para los cuales la energía consumida por la universidad fue mayor, tal es el caso del período 07:00hs – 22:00hs con un consumo de 2.728.779 kWh y en el período de 22:00hs – 07:00hs siendo este el período de menor consumo (ARCONEL, 2016), se resumió en 724.143 kWh.

La energía producida por los paneles cubriría en su totalidad la demanda actual de la universidad; sin embargo, se debió tener en cuenta que la energía producida por los paneles cubría la demanda para la universidad dentro del período julio 2015 - junio 2016 desde las 07:00hs hasta las 19:00hs, lo que nos indicó la necesidad de utilización de la energía del sistema eléctrico para el tiempo de 19:00hs a 07:00hs para poder satisfacer la demanda energética del PUCE.

El sistema solar fotovoltaico propuesto, no produciría energía durante las horas pico de consumo energético, 18:00hs – 22:00hs (ARCONEL, 2016), tan sólo lo haría para 1 hora, 18:00hs – 19:00hs; por tanto, el sistema actual debería producir 545.755,80 kWh más a las correspondientes para el ciclo 19:00hs– 22:00hs con un valor aproximado de US \$56.118,52. Por ende, la PUCE debería producir 1.269.898,80 kWh durante el otro período de 12 horas (19:00hs – 07:00hs) con un costo aproximado de US \$130.706,43 anuales.

El sistema solar fotovoltaico SIMAX 156 SP672 – 310W en conjunto con el sistema eléctrico actual produciría un total de 3.544.321,84 kWh para el período establecido (julio

2015 – junio 2016) y tendría un costo de US \$208.322,43 anuales; mientras que el sistema Panasonic HIT-N240, junto al sistema eléctrico actual, generaría 4.280.200,53 kWh y tendría un costo de US \$245.097,71 anuales (**ver Tabla 8**).

	SIMAX 156 SP672 – 310W + Sistema eléctrico actual	Panasonic HIT-N240 + Sistema eléctrico actual	Sistema eléctrico actual de la PUCE
Producción energética	2.274.423,04 kWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269.898,8 kWh (19:00 pm – 7:00 am) Total: 3.544.321,84 kWh	3.010.301,73 kWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269.898,8 kWh (19:00 pm – 7:00 am) Total: 4.280.200,53 kWh	3.452.922 kWh
Costo Total	\$1.940.400	\$ 2.859.780	
Costo anual	\$77.616 (vida útil 25 años) + \$130.706,43 Total: \$ 208.322,43	\$114.391,28 (vida útil 25 años) + \$130.706,43 Total: \$ 245.097,71	\$355.180,51

Tabla 8: Comparación económica de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX 156 SP672 – 310W, Panasonic HIT – N240 y sistema eléctrico actual

Al comparar los sistemas solares fotovoltaicos con el sistema eléctrico actual, se pudo observar que la producción energética de los paneles satisfacen e incluso superan la demanda energética de la PUCE y de la misma forma, tienen un menor costo, siendo el sistema SIMAX 156 SP672 – 310W, un 41,35% más económico y el sistema Panasonic HIT-N240 un 30,99% más económico que el sistema eléctrico convencional.

Al hablar de costo beneficio, se comprobó que la conversión hacia un sistema solar fotovoltaico representaría un ahorro económico importante, así como un mayor beneficio en cuanto a producción energética, al ser utilizado como un sistema complementario al sistema eléctrico actual; en este caso, se podría decir que ambos representan una buena opción, siendo el sistema SIMAX el más beneficioso en términos económicos -menor costo- y el sistema Panasonic en términos de producción energética -más energía por un valor menor-, que podría ser útil ya que la demanda energética podría aumentar conforme transcurra el tiempo

4.2. Evaluación costo beneficio ambiental

Este análisis se basó en el consumo eléctrico de cada sistema, tanto el de los dos sistemas solares fotovoltaicos como el sistema eléctrico actual, así como en el factor de emisión por consumo energético.

Según (sieLAC, BID, & OLADE, 2017), en su índice de emisiones de CO₂ de la generación eléctrica, estableció al Ecuador con 3 tCO₂/tep (tonelada métrica de dióxido de carbono por tonelada equivalente de petróleo) para el año 2016. Para fines de este trabajo fue necesaria una conversión de tCO₂/tep a tCO₂/MWh (tonelada métrica de dióxido de carbono por megavatio hora), entonces 1tep es equivalente a 11,62952MWh, dando como resultado 34,89 tCO₂/MWh.

En el caso de los paneles solares fotovoltaicos, la generación de energía eléctrica no emite gases de efecto invernadero; de manera directa, se producen gases durante ciertas otras partes de su ciclo de vida como son su fabricación y transporte; según SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, (2014), la huella de carbono de un panel solar fotovoltaico es de aproximadamente 72 gCO₂/kWh que se traducen en la repercusión de los gases de efecto invernadero en los procesos de fabricación y transporte de los mismos durante toda su vida útil, aproximadamente 30 años, definidos por la empresa productora (**ver Tabla 9**).

Proceso	Repercusión
Producción de celdas	78%
Consumo de electricidad de la planta	13,8%
Otros consumos en planta	8,2%

Fuente: SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S.L

Tabla 9: Proceso de fabricación de panel solar fotovoltaico y repercusión sobre emisión de gases de efecto invernadero

La producción de las celdas tiene una mayor repercusión sobre la emisión de gases de efecto invernadero debido a que el principal componente dentro de su fabricación es el silicio cristalino, que involucra un elevado consumo energético (**ver Tabla 10**).

Proceso	Repercusión
Materia prima	91%
Transporte de materia prima	8,7%
Material auxiliar en línea de fabricación	0,02%
Tratamiento de residuos	0,22%
Consumo de instalaciones	0,05%
Transporte de residuos	0,01%

Fuente: SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S.L

Tabla 10: Proceso de transporte de materiales del panel solar fotovoltaico y repercusión sobre emisión de gases de efecto invernadero

El factor de emisión de 34,89 tCO₂/MWh representó para la generación del sistema eléctrico actual en el año 2016 un total de 3.452.922 kWh equivalente a 3.452, 92 MWh que al multiplicarlo por las toneladas de dióxido de carbono del factor de emisión totaliza 120.472, 38 tCO₂ por consumo energético de la PUCE; mientras que cada panel solar produce una cantidad 72 gCO₂/kWh equivalente a 0,072 tCO₂/MWh correspondientes a su huella de carbono. El sistema solar fotovoltaico del panel SIMAX, al contener una cantidad de 5.880 paneles, produce una huella de carbono de 423,36 tCO₂/MWh durante su vida útil (25 años) por tanto, su emisión anual sería de 16,93 tCO₂/MWh.

Al ser sumados a las toneladas de CO₂ emitidas por 1.269,90 MWh producidas por el sistema eléctrico actual de la PUCE durante el horario de 19:00hs – 07:00hs, dan como resultado un total de 44.306,81 tCO₂/MWh, debido a que los paneles funcionan como un sistema de apoyo al sistema eléctrico de la PUCE. El resultado es de 44.323,74 tCO₂ por consumo energético.

Por otro lado, el sistema solar Panasonic, con un total 8.666 paneles, tuvieron una huella de carbono de 623,95 tCO₂/MWh; por tanto, una emisión anual de 24,96 tCO₂/MWh que sumadas a las 44.306,81 tCO₂/MWh que por consumo energético del sistema eléctrico actual de la PUCE, resultaron en 44.331,77 tCO₂ por consumo energético. (ver **Tabla 11**)

	SIMAX 156 SP672-310W + Sistema eléctrico actual	Panasonic HIT-N240 + Sistema eléctrico actual	Sistema eléctrico actual de la PUCE
Producción energética	2.274,42 MWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269,90 MWh (19:00 pm – 7:00 am) Total:3.544,32 MWh	3.010,30 MWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269,90 MWh (19:00 pm – 7:00 am) Total:4.280,20 MWh	3.452,92 MWh
Cantidad de paneles	5.880	8.666	
Huella de carbono	0,072 tCO ₂ /MWh 423,36 tCO ₂ /MWh	0,072 tCO ₂ /MWh 623,95 tCO ₂ /MWh	
Factor de emisión			34,89 tCO ₂ /MWh
Emisiones anuales	16,93 tCO ₂ /MWh + 44.306,81 tCO ₂ /MWh Total:44.323,74 tCO₂/MWh	24,96 tCO ₂ /MWh + 44.306,81 tCO ₂ /MWh Total: 44.331,77 tCO₂/MWh	120.472, 38 tCO ₂ /MWh

Tabla 11: Comparación ambiental de los sistemas solares fotovoltaicos de los paneles SIMAX 156 SP672 – 310W, Panasonic HIT – N240 y sistema eléctrico actual

Por ende, el cambio a un sistema alternativo de producción energética más un sistema convencional de apoyo, significaría un menor impacto ambiental, debido a que sus emisiones no superarían el ritmo actual de emisiones por consumo energético, ya que, los

paneles no producen gases de efecto invernadero en las etapas de generación de energía eléctrica, mas si durante los procesos de fabricación, como se explico anteriormente.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de resultados

De los resultados arrojados por el trabajo se pudo evidenciar: el sistema eléctrico de la PUCE utilizó un total de 3.452,92 MWh durante el período de julio 2015 – junio 2016, con un costo de US \$355.180,51; por motivos de comparación, se multiplicó este valor por 25 años, correspondientes al tiempo de vida útil de los paneles solares, dando como resultado un total de US \$8.879.512,75. Este valor no es un dato exacto ya que la cantidad de energía consumida puede variar dependiendo de las demandas energéticas de la PUCE.

El sistema solar fotovoltaico SIMAX 156 SP672 – 310W en conjunto con el sistema eléctrico actual de la PUCE, con una cantidad de 5.880 paneles, a un costo de US \$1.940.400, dispuestos en las cubiertas seleccionadas de la PUCE, produjeron un total de 3.544,32 MWh durante el horario de 07:00hs – 19:00hs, con un precio anual aproximado de US \$208.322,43. Por otro lado, el sistema solar fotovoltaico Panasonic HIT-N240 en conjunto con el sistema eléctrico actual de la PUCE, con 8.666 paneles a un costo de US \$2.859.780, cuya producción fue de 4.280,20 MWh durante el horario de 07:00hs – 19:00hs, tuvo un costo anual de US \$245.097,71 (**ver Tabla 12**).

	SIMAX 156 SP672-310W + Sistema eléctrico actual	Panasonic HIT-N240 + Sistema eléctrico actual	Sistema eléctrico actual de la PUCE
Cantidad	5.880 paneles	8.666 paneles	
Producción energética	2.274,42 MWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269,90 MWh (19:00 pm – 7:00 am) Total:3.544,32 MWh	3.010,30 MWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269,90 MWh (19:00 pm – 7:00 am) Total:4.280,20 MWh	3.452,92 MWh
Costo Total	\$1.940.400 + \$3.267.660,75 Total: \$5.208.060,75	\$ 2.859.780 + \$3.267.660,75 Total: \$6.127.440,75	\$8.879.512,75

Costo anual	\$77.616 (vida útil 25 años) + \$130.706,43 Total: \$ 208.322,43	\$114.391,28 (vida útil 25 años) + \$130.706,43 Total: \$ 245.097,71	\$355.180,51
--------------------	--	--	--------------

Tabla 12: Resumen y comparación de datos económicos.

En cuanto a los datos ambientales arrojados por la investigación, se evidenció que para el año 2016, el índice de emisiones de CO₂ para la generación eléctrica en el Ecuador fue de 34,89tCO₂/MWh, por ende, la cantidad emitida por la PUCE para el período julio 2015 – junio 2016, fue de 120.472, 38 tCO₂ por consumo energético. En el caso de los paneles solares, su huella de carbono se definió en 0,072 tCO₂/MWh, al no emitir gases de efecto invernadero durante la generación de energía eléctrica, mas si, durante sus procesos de fabricación y transporte; este dato se multiplicó por la cantidad de paneles de cada sistema dando como resultado una huella de carbono equivalente a 423,36 tCO₂/MWh y una emisión anual de 16,93 tCO₂/MWh del panel SIMAX y una huella de carbono de 623,95 tCO₂/MWh; por tanto, una emisión anual de 24,96 tCO₂/MWh para el panel Panasonic. Al ser sumadas a las toneladas de CO₂ emitidas por 1.269,90 MWh consumidos por el sistema eléctrico actual de la PUCE durante el horario de 19:00hs – 07:00hs, con un total de 44.306,81 tCO₂/MWh, dio como resultado 44.323,74 tCO₂ y 44.331,77 tCO₂ respectivamente (**ver Tabla 13**).

	SIMAX 156 SP672-310W + Sistema eléctrico actual	Panasonic HIT-N240 + Sistema eléctrico actual	Sistema eléctrico actual de la PUCE
Producción energética	2.274,42 MWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269,90 MWh (19:00 pm – 7:00 am) Total: 3.544,32 MWh	3.010,30 MWh (7:00 am – 19:00 pm) + 1.269,90 MWh (19:00 pm – 7:00 am) Total: 4.280,20 MWh	3.452,92 MWh
Huella de carbono	423,36 tCO ₂ /MWh	623,95 tCO ₂ /MWh	

Emisiones anuales	16,93 tCO ₂ /MWh + 44.306,81 tCO ₂ /MWh Total: 44.323,74 tCO ₂ /MWh	24,96 tCO ₂ /MWh + 44.306,81 tCO ₂ /MWh Total: 44.331,77 tCO ₂ /MWh	120.472, 38 tCO ₂ /MWh
Emisiones Totales	423,36 tCO ₂ /MWh + 1.107.670,25 tCO ₂ /MWh Total: 1.108.093,61 tCO ₂ /MWh	623,95 tCO ₂ /MWh + 1.107.670,25 tCO ₂ /MWh Total: 1.108.294.2 tCO ₂ /MWh	3.011.809,5 tCO ₂ /MWh

Tabla 13: Resumen y comparación de datos ambientales.

Cabe recalcar que el sistema solar fotovoltaico funcionaría como sistema de apoyo al sistema eléctrico y dentro del costo y la producción energética, ya se contempla la cantidad consumida por el sistema eléctrico actual. Ambos diseños satisfarían la demanda energética de la PUCE e inclusive la superarían a un costo menor. Resulta ser la mejor opción, en términos tanto ambientales como económicos, el sistema solar fotovoltaico del panel SIMAX.

5.2. Discusión de resultados

Al momento de la determinación de las zonas aptas para la instalación de los paneles solares, se consideró únicamente los criterios de superficie y resistencia a cargas en conjunto con imágenes satelitales y planos de implantación; sin embargo, una visita in situ, sería necesaria para optimizar los resultados y corroborar los datos brindados.

De la misma manera, al realizar la instalación de los paneles en las respectivas cubiertas es necesario tener en cuenta la orientación e inclinación de los mismos que según Jiménez, (2008), deben mantener un ángulo de inclinación que depende de la latitud en la que se encuentren ubicados; para el presente caso, 0° a 4° de latitud, el panel debe mantener un ángulo de inclinación de 10° y para su orientación, aquellos que se encuentren en el

hemisferio norte, se dispondrán hacia el sur geográfico y cuando se encuentren en el hemisferio sur se orientan hacia norte.

En el caso de la energía generada por los paneles, es necesario tener en cuenta que la mayor parte de esta sería desperdiciada al no existir un sistema de almacenamiento; para optimizar el uso de energía, así como los recursos utilizados, sería necesario realizar un análisis técnico completo de la parte eléctrica -tensiones, inversores, cargas, potencias, conexiones, etc.- que posibiliten una posible instalación de baterías acumuladoras.

Conclusiones y recomendaciones

Objetivo General: Evaluar el diseño de un sistema de generación eléctrica fotovoltaica en la PUCE sede Quito para considerar la viabilidad para su implementación.

Conclusión y recomendación

La factibilidad de la propuesta es relevante en cuanto a su costo, que si bien de inicio aparecería relativamente elevado; su beneficio a largo plazo resultaría positivo; de la misma forma, la generación energética sería mayor y satisfaría completamente la demanda de la PUCE. En términos ambientales, podemos observar que las emisiones de CO₂, son considerablemente menores, al no producir gases de efecto invernadero durante la generación de energía eléctrica, pero si, durante su proceso de fabricación; cabe recalcar que los valores, tanto económicos como ambientales, tienen un valor un tanto más elevado respecto del real, debido a que el sistema solar fotovoltaico funciona como un sistema de apoyo al sistema de generación eléctrico actual.

La propuesta no sólo ayudará a satisfacer la demanda energética de la universidad a un menor costo y con menor índice de contaminación, sino que también será un punto de partida para la realización de proyectos de investigación en temas ambientales, económicos y energéticos.

A partir de esta investigación, apoyados en análisis técnicos correspondientes, se pueden realizar propuestas que consideren la implementación de baterías acumuladoras; así mismo, se recomienda el uso de información y datos más actualizados de fuentes oficiales, por cierto, difíciles de obtener.

Objetivos Específicos: Caracterizar las variables energéticas en la PUCE a través de datos e información alfanumérica y geoespacial.

Conclusión y recomendación

Se evidenció un consumo elevado de energía en los meses de septiembre y octubre de 2015 y en los meses de marzo y junio de 2016, la facilidad de acceso a esta información facilitó el proceso de investigación, sin embargo es necesario una mejor organización a la hora del almacenamiento de esta información ya muchas veces no tenía un solo sitio de disposición.

Objetivos Específicos: Determinar las zonas aptas para la instalación del sistema de generación eléctrica solar fotovoltaica dentro de las instalaciones de la PUCE.

Conclusión y recomendación

Durante la selección de zonas patas para la instalación de paneles solares, se seleccionaron las cubiertas de la mayoría de las edificaciones de la PUCE, exceptuando aquellas cubiertas que por motivos de resistencia a cargas y espacio no fueron seleccionadas, la cantidad de paneles que se derminó para estas areas, abastecio la demanda energetica de la PUCE, una visita a las cubiertas seria util para el dimesionamiento correcto del area de las cubiertas.

Objetivos Específicos: Realizar la evaluación costo-beneficio económico y ambiental de la generación de energía solar fotovoltaica.

Conclusión y recomendación

Los resultado arrojados por la evaluacion costo beneficio ambiental y economico, indicaron que con respecto al sistema actual de generacion de energia electirca, son menores ya que los paneles no emiten gases de efecto invernadero por generación eléctrica y de igual manera con una sola inversion economica se tendria un benefiio durante toda la vida util del panel es decir de 25 a 30 años. Es necesaria información actualizada por los organismos oficiales para una mejor realización de la investigación.

Bibliografía

- Aggarwal, V. (21 de Abril de 2017). *energysage: smarter energy decisions*. Recuperado el 17 de Febrero de 2018, de <https://news.energysage.com/shopping-solar-panels-pay-attention-to-solar-panels-warranty/>
- Anónimo. (22 de Febrero de 2010). *APS Valencia: energías renovables*. Recuperado el 4 de Enero de 2018, de <https://apsvalencia.com/2010/02/22/eficiencia-y-rendimiento-de-un-panel-solar-certificaciones/>
- ARCONEL. (1 de Enero de 2016). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Recuperado el 25 de Febrero de 2018, de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/Pliego-y-Cargos-Tarifarios-2016-01-02-2016.pdf>
- Berdoulay, V. (Septiembre de 1983). *UNIVERSIDAD DE BARCELONA*. Recuperado el 12 de Mayo de 2016, de <http://www.ub.edu/geocrit/geo47.htm>
- Castañer Martínez, J. (28 de Febrero de 2014). *Estudios Técnicos Inc*. Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de http://gis.jp.pr.gov/Externo_Econ/Talleres/PresentationCB_JP_ETI.pdf
- Castillo, T., Guillén, J., Mosquera, L., Rivadeneira, T., Segura, K., & Yujato, M. (s.f.). *OLADE*.
- Claudio. (16 de Febrero de 2017). *Historias y Biografías HB*. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de https://historiaybiografias.com/zona_torrida_caracteristicas/
- Concepto Definicion de. (2014). *CONCEPTODEFINICIÓN.DE*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de <http://conceptodefinicion.de/energia/>
- Constante Segura, J., Palacios Chacón, E., & Universidad Politécnica Salesiana. (2014). El recurso solar para la generación de energía. En J. Constante Segura, & E. Palacios Chacón, *El recurso solar para la generación de energía: Análisis para el Distrito Metropolitano de Quito* (pág. 41). Quito, Pichincha, Ecuador: Abya - Yala. Recuperado el 25 de Octubre de 2017
- CreceNegocios. (18 de Abril de 2012). *CreceNegocios*. Recuperado el 18 de Marzo de 2017, de <http://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>

- EcoHeat, G. (S/A). *EH: GRUPO ECOHEAT "NEGOCIOS SUSTENTABLES"*. Recuperado el 18 de Febrero de 2018, de <http://ecoheat.com.mx/la-vida-util-de-un-panel-solar-es/>
- enerpoint. (S/A). *enerpoint: YOUR SOLAR LINK*. Recuperado el 23 de Agosto de 2017, de http://www.enerpoint.es/photovoltaic_technology_1.php
- Eras, V., Torres, Á., Villavicencio, Á., Condoy, J., & Montaña, C. (1 de Mayo de 2014). *Slideshare*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de UTPL: Universidad Técnica Particular de Loja: <https://es.slideshare.net/altorres4/clasificacin-de-la-energa-en-renovable-y-no-renovable-y-convencional-y-no-convencional>
- ESRI. (2016). *ArcGIS Desktop*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de ArcMap: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/tools/spatial-analyst-toolbox/how-natural-neighbor-works.htm#GUID-81A67F31-5180-4721-AF52-BCE7B6AFB761>
- esri. (S/A). *ArcGIS Resources*. Recuperado el 5 de Abril de 2017, de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>
- FAO. (S/A). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 24 de Marzo de 2017, de <http://www.fao.org/docrep/008/a0323s/a0323s05.htm>
- Haro, L., & Oscullo, J. (Marzo de 2016). Factor Anual de Emisión de CO2 Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco Sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el Periodo 2009. *Revista Politécnica*, 37(1), 3,4. Recuperado el 4 de Marzo de 2018, de http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen37/tomo1/Factor_Anuual_de_Emision.pdf
- Honsberg, C., & Bowden, S. (2017). *PVEDUCATION.ORG*. Recuperado el 4 de Enero de 2018, de <http://www.pveducation.org/es/node/802>
- INER. (2014). *Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables*. Recuperado el 6 de Marzo de 2017, de http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/12/DossierINER_ESP.pdf

- Infinite Energy. (6 de Diciembre de 2016). *infinite energy*. Recuperado el 4 de Enero de 2018, de <https://www.infiniteenergy.com.au/difference-between-max-power-stc-noct/>
- INSPIRACTION. (S/A). *INSPIRACTION: Por un mundo libre de pobreza*. Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de <https://www.inspiration.org/cambio-climatico/efecto-invernadero/combustibles-fosiles>
- Jiménez, J. M. (2008). *SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS: Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones* (Primera ed.). Madrid, España: A. Madrid Vicente, Ediciones. Recuperado el 27 de Abril de 2018
- MAE, MEER, CONELEC, & Corporación CENACE. (2013). *Factor de Emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador*. MAE. Quito: ISIS. Recuperado el 2 de Marzo de 2018, de www.ambiente.gob.ec
- Marticorena, B. (S/A). La Geografía de la Energía. (U. N. (ANCYT), Ed.) *Espacio y Desarrollo*, 169. Recuperado el 6 de Marzo de 2017, de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/viewFile/7906/8186>
- Méndez Muñiz, J. M., Cuervo García, R., & ECA, I. S. (S/A). *ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA* (Segunda ed.). Madrid, España: Fundación Confemetal. Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=GZh1DGUQoOUC&printsec=frontcover&dq=energia+solar+fotovoltaica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiV2YrlzfXSAhXGWCYKHSdNAoMQ6AEIGDAA#v=onepage&q=energia%20solar%20fotovoltaica&f=false>
- National Geographic. (S/A). *National Geographic*. Recuperado el 6 de Marzo de 2017, de <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/hydropower-profile>
- Noveck, B. (2011). *Gobierno Abierto*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/?page_id=988
- OLADE. (2016). *olade: Organización Latinoamericana de Energía*. Recuperado el 24 de Octubre de 2017, de <http://www.olade.org/eficiencia-energetica/>

- OLADE. (Noviembre de 2016). *Organización Latinoamericana de Energía*. Recuperado el 4 de Abril de 2017, de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000658.pdf>
- Ovelar, M. (21 de Marzo de 2011). Energía convencional y no convencional. *abc color*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/energia-convencional-y-no-convencional-234637.html>
- Oxford Living Dictionaries. (S/A). *Español: Oxford Living Dictionaries*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/energia?locale=es>
- Panasonic. (1 de Octubre de 2014). *panasonic.com*. Recuperado el 3 de Febrero de 2018, de <https://www.panasonic.com/ec/corporate/news/articles/201401-soluciones-integradas-de-panasonic-en-panama-y-el-mundo-a-better.html#.WnZQdHbibIW>
- Panasonic. (17 de Febrero de 2018). *Panasonic*. Recuperado el 17 de Febrero de 2018, de <https://www.panasonic.com/ec/empresas/paneles-solares/hit/hit-n240.html>
- Posso, F. (2002). ENERGÍA Y AMBIENTE: PASADO, PRESENTE Y FUTURO. PARTE DOS: SISTEMA ENERGÉTICO BASADO EN ENERGÍAS ALTERNATIVAS. *Geoenseñanza*, 7, 55. Recuperado el 6 de Marzo de 2017, de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/20843/2/articulo5.pdf>
- ProViento S.A. (22 de Noviembre de 2017). *proviento.com*. Recuperado el 4 de Enero de 2018, de <http://www.proviento.com.ec/proviento.html>
- RapidTables. (2018). *RapidTables*. Recuperado el 15 de Febrero de 2018, de https://www.rapidtables.com/convert/electric/kW_to_kWh.html
- Recio Miñarro, J. (S/A). *Proyecto Newton*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de intef: Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación de Profesorado: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/fuentes.htm?4&0
- Roldán Vilorio, J. (2012). *Energías Renovables: lo que hay que saber*. España: Paraninfo, S. A. Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de <https://books.google.com.ec/books?id=KOMvRZVQOL8C&printsec=frontcover>

&dq=energias+alternativas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwyszOzUufXSAhWE5yYKHRvKAFkQ6AEIHjAB#v=onepage&q&f=false

Sanchez Cruz, M. (19 de Diciembre de 2013). *SlideShare*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de <https://es.slideshare.net/galufilla/energias-alternativas-y-convencionales>

Santillana. (2006). *La enciclopedia del estudiante: tomo 8: geografía general* (1a ed ed.). (S. L. Santillana Educación, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Ediciones Santillana S.A. Recuperado el 23 de Mayo de 2018

Sanz Osorio, J. F. (2008). *Energías renovables: Energía hidroeléctrica*. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza. Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de https://books.google.com.ec/books?id=okGwHH1TePoC&printsec=frontcover&dq=energia+hidroel%C3%A9ctrica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjxs9Wkx_XSAhWGOCYKHevjBsEQ6AEIGDAA#v=onepage&q&f=false

Schneider , H., & Samaniego , J. (Agosto de 2004). *ingenieros.es* . Recuperado el 5 de Abril de 2017, de Portal de ingenieros españoles: <http://ingenieros.es/files/proyectos/La%20huella%20de%20el%20carbono%20en%20la%20producci%C3%B3n,%20distribuci%C3%B3n%20y%20consumo.pdf>

Secretaria de Ambiente . (S/A). *Secretaria de Ambiente*. Recuperado el 25 de Octubre de 2017, de Red de Monitoreo Atmosférico: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/generalidades>

sieLAC, BID, & OLADE. (2017). *olade.org*. Recuperado el 7 de Abril de 2018, de <http://www.olade.org/publicaciones/anuario-estadisticas-energeticas-2017/>

Simax (Suzhou) Green New Energy Co.,ltd. (2013). *simaxsolar.com*. Recuperado el 4 de Enero de 2018, de <http://www.simaxsolar.com/Portal/News/About.aspx>

SOLAR INNOVA GREEN TECHNOLOGY, S. (4 de Abril de 2014). *solarinnova.net*. Recuperado el 4 de Marzo de 2018, de <http://www.solarinnova.net/images/stories/es/productos/fotovoltaica/modulos/manual/pdf/si-esf-m-huella-carbono.pdf>

Solar, M. (S/a). *Mundo Solar: Aprende sobre energía solar, paneles solares, etc.*
Recuperado el 19 de Abril de 2017, de <http://www.dforcesolar.com/energia-solar/cual-es-la-vida-util-de-un-panel-solar/>

solar-energía.net. (12 de Mayo de 2015). *Energía Solar*. Recuperado el 18 de Marzo de 2017, de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica>

Style, O. (2012). *Energía Sola Autónoma: Planificación, Dimensionado e Instalación de un Sistema Fotovoltaico Autónomo* (Primera ed.). ITACA. Recuperado el 23 de Octubre de 2017, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cNJB5tdbcJ0C&oi=fnd&pg=PP1&dq=kilovatio&ots=MTD1ye_6vG&sig=F7FHbNZq0liS17y-NC-RCpT_NPI#v=onepage&q&f=false

Anexos

Anexo 1



Quito, 28 de agosto de 2017
Oficio-No. 321 – GE – 17

Señora Ingeniera
Johanna Patiño Benavides
GERENTE DE AMBIENTE Y SEGURIDAD (e)
EPMAPS
Presente

COPIA

De mi consideración:


Por el presente le comunico a usted que, el/la señor/señorita Patricio Alejandro Serrano Jaramillo, C.I. 1750238840, alumno/alumna de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Facultad de Ciencias Humanas, está desarrollando disertación intitulada: **“DISEÑO Y EVALUACION AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR (PUCE) SEDE QUITO”**.

Con este antecedente, solicito a usted de la manera más comedida, se sirva autorizar a quien corresponda, se le permita al alumno antes mencionada, obtener la información de:

- Datos mensuales de radiación solar global de estaciones climatológicas del DMQ de los años 2015 y 2016

Sin más por el momento, me es grato suscribir, no sin antes reiterarle a Usted mis sentimientos de consideración y estima.

Atentamente,

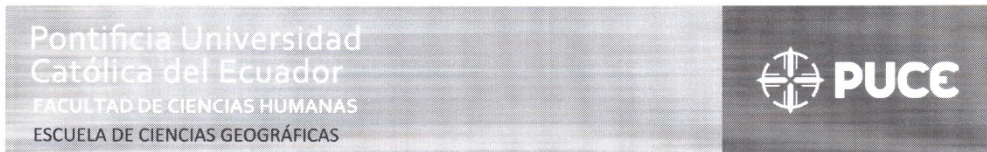

MSc Olga Mayorga
DIRECTORA
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS

EPMAPS
AGUA DE QUITO
29 AGO 2017

/scc



Anexo 2



Quito, 28 de agosto de 2017
Oficio-No. 322 – GE – 17

Señor Ingeniero
Patricio Bracero
**DIRECTOR DE METEOROLOGIA
INAMHI**
Presente

COPIA

De mi consideración:

Por el presente le comunico a usted que, el/la señor/señorita Patricio Alejandro Serrano Jaramillo, C.I. 1750238840, alumno/alumna de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Facultad de Ciencias Humanas, está desarrollando disertación intitulada: **"DISEÑO Y EVALUACION AMBIENTAL DE UN SISTEMA DE GENERACION ELECTRICA FOTOVOLTAICA EN LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR (PUCE) SEDE QUITO"**.

Con este antecedente, solicito a usted de la manera más comedida, se sirva autorizar a quien corresponda, se le permita al alumno antes mencionada, obtener la información de:

- Datos mensuales de heliofanía de las estaciones meteorológicas en el DMQ de los años 2015 y 2016

Sin más por el momento, me es grato suscribir, no sin antes reiterarle a Usted mis sentimientos de consideración y estima.

Atentamente,


MSc Olga Mayorga
**DIRECTORA
ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS**



/scc


INAMHI

29 AGO 2017

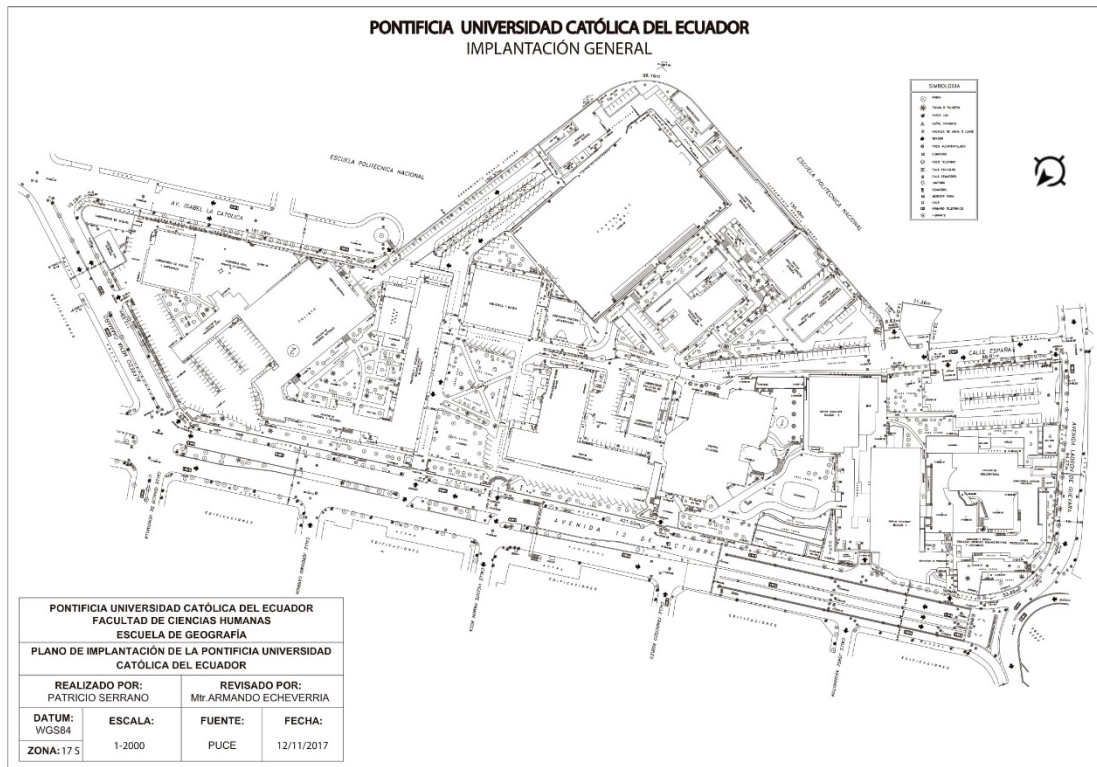
10:29



Av. 12 de Octubre 1076 y Ramón Roca
Apartado postal 17-01-2184
Telf.: (593) 2 299 17 00 ext. 1979
Quito – Ecuador www.puce.edu.ec



Anexo 3



Anexo 4

SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	9.807	2.063	11.870	1.499,68
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	14.261	5.768	20.029	2.353,42
90002606-4	Biblioteca	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	18.888	6.581	25.469	2.843,65
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	67.285	26.311	93.596	9.179,18
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	5.004	1.459	6.463	753,95
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	9.497	4.399	13.896	1.540,09
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	jul-15	01-jul/2015 al 01-ago/2015	35.100	13.910	49.010	4.770,83
TOTAL				159.842	60.491	220.333	22.940,8
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	15.284	2.071	17.355	2.104,47
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	21.120	6.401	27.521	3.234,62
90002606-4	Biblioteca	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	25.103	7.137	32.240	3.623,49
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	101.373	28.357	129.730	13.429,96
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	6.884	1.647	8.531	983,73
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	13.112	4.803	17.915	2.012,3
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	ago-15	01-ago/2015 al 01-sep/2015	42.591	14.615	57.206	5.695,28
TOTAL				225.467	65.031	290.498	31.083,85

SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	17.438	1.815	19.253	2.289,98
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	24.724	6.243	30.967	3.605,12
90002606-4	Biblioteca	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	27.775	7.080	34.855	3.879,4
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	118.319	26.367	144.686	14.742,72
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	7.582	1.703	9.285	1.049,93
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	14.487	4.652	19.139	2.135,6
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	sep-15	01-sep/2015 al 01-oct/2015	46.176	13.799	59.975	6.083,43
TOTAL				256.501	61.659	318.160	33.786,18
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	17.044	1.834	18.878	2.268,29
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	25.171	6.416	31.587	3.660,45
90002606-4	Biblioteca	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	27.604	7.271	34.875	3.892,6
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	115.881	26.567	142.448	14.606,87
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	7.388	1.653	9.041	1.035,23
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	14.494	4.738	19.232	2.161,71
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	oct-15	01-oct/2015 al 01-nov/2015	46.476	14.848	61.324	6018,8
TOTAL				254.058	63.327	317.385	33.643,95

SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	15.664	1.664	17.328	2107,54
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	22.857	6.067	28.924	3429,14
90002606-4	Biblioteca	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	25.279	6.759	32.038	3590,08
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	112.248	26.426	138.674	14323,85
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	6.939	1.601	8.540	986,74
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	13.738	4.541	18.279	2074,61
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	nov-15	01-nov/2015 al 01-dec/2015	41.929	13.460	55.389	5553,27
TOTAL				238.654	60.518	299.172	32065,23
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	11.010	1.526	12.536	1.611,03
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	15.080	4.952	20.032	2.420,78
90002606-4	Biblioteca	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	19.899	6.592	26.491	3.002,09
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	76.566	24.380	100.946	10.639,81
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	5.289	1.494	6.783	796,18
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	10.972	4.365	15.337	1.740,31
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	dic-15	01-dic/2015 al 01-ene/2016	36.188	13.742	49.930	4.972,36
TOTAL				175.004	57.051	232.055	25.182,56

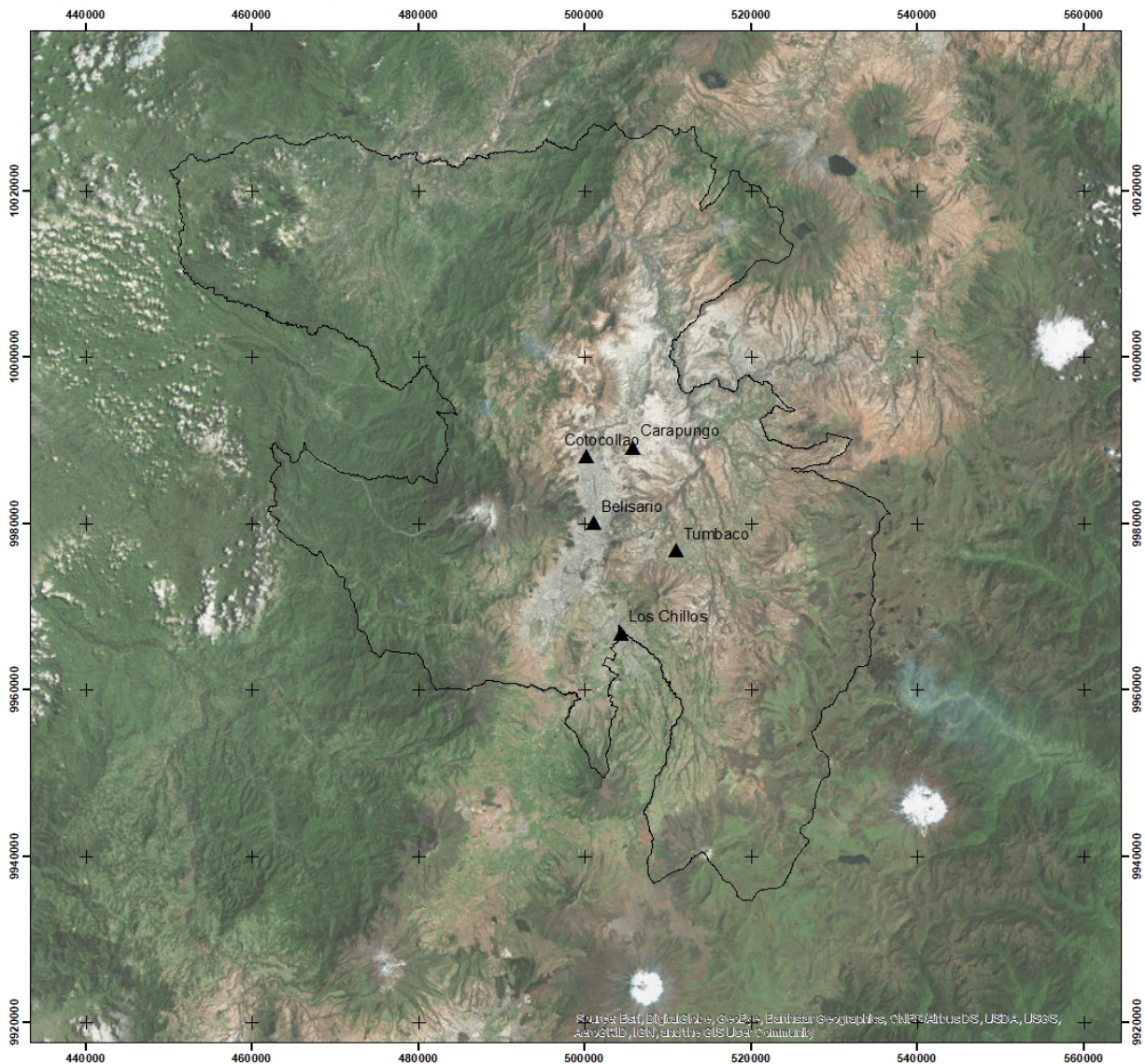
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	16.049	1.773	17.822	1.582,04
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	19.381	5.401	24.782	2.176,74
90002606-4	Biblioteca	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	23.559	6.866	30.425	3.382,53
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	99.881	26.354	126.235	12.736,18
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	6.165	1.344	7.509	624,01
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	11.722	4.294	16.016	1.289,42
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	ene-16	01-ene/2016 al 01-feb/2016	40.014	13.884	53.898	4.313,95
TOTAL				216.771	59.916	276.687	26.104,87
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	16.136	1.627	17.763	1.824,83
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	23.995	5.675	29.670	2.948,30
90002606-4	Biblioteca	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	25.418	6.251	31.669	2.979,92
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	112.160	24.522	136.682	11.605,89
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	6.178	1.331	7.509	740,82
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	12.350	3.920	16.270	1.531,17
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	feb-16	01-feb/2016 al 01-mar/2016	41.675	13.098	54.773	4.419,62
TOTAL				237.912	56.424	294.336	26.050,55

SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	15.935	1.776	17.711	1.823,03
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	24.768	6.098	30.866	3.058,63
90002606-4	Biblioteca	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	25.811	6.643	32.454	3.032,79
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	118.114	28.061	146.175	12.270,17
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	6.220	1.505	7.725	743,60
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	13.059	4.283	17.342	1.668,87
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	mar-16	01-mar/2016 al 01-abr/2016	43.468	14.819	58.287	4.671,87
TOTAL				247.375	63.185	310.560	27.268,94
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	14.744	1.709	16.453	1.711,60
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	23.386	6.094	29.480	2.910,76
90002606-4	Biblioteca	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	25.610	6.811	32.421	3.025,18
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	106.440	25.242	131.682	11.252,80
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	6.174	1.548	7.722	752,04
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	12.570	4.234	16.804	1.576,68
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	abr-16	01-abr/2016 al 01-may/2016	43.379	14.680	58.059	4.666,33
TOTAL				232.303	60.318	292.621	25.895,39

SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	16.067	1.978	18.045	2.183,17
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	22.008	5.291	27.299	3.231,49
90002606-4	Biblioteca	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	25.851	6.927	32.778	3.698,57
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	111.179	26.183	137.362	16.631,01
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	7.798	1.743	9.541	1.106,26
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	14.004	4.586	18.590	2.087,09
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	may-16	01-may/2016 al 01-jun/2016	40.867	12.099	52.966	6.075,53
TOTAL				237.774	58.807	296.581	35.013,14
SUMINISTRO	LUGAR AL QUE SIRVE EL SUMINISTRO	MES	PERIODO DE CONSUMO	CONSUMO 07H-22H (kWH)	CONSUMO 22H-07H (kWH)	TOTAL CONSUMO (KWH)	TOTAL A PAGAR (\$)
8208-1	Edificio Administrativo-FCLL-Planta Física-	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	17.759	1.835	19.594	2.354,84
149-2	Ingeniería-coliseo-Teología	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	23.496	5.127	28.623	3.375,70
90002606-4	Biblioteca	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	26.576	6.571	33.147	3.757,94
90001038-9	Bloque1-Bloque2-CC-DI	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	115.484	25.976	141.460	17.127,59
90001036-2	CESAQ-Centro Psicología Aplicada-FADA (parte administrativa)-APPUCE	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	8.055	1.803	9.858	1.144,60
8206-4	Ciencias Educación-Residencia Jesuita-Diserlab-Audio Visuales	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	14.783	4.488	19.271	2.155,27
90000645-4	Ciencias Exactas-Química-Trabajo Social-cancha de fútbol	jun-16	01-jun/2016 al 01-jul/2016	40.965	11.616	52.581	6.229,11
TOTAL				247.118	57.416	304.534	36.145,06

Anexo 5: Distrito Metropolitano de Quito - Ubicación de las estaciones de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito

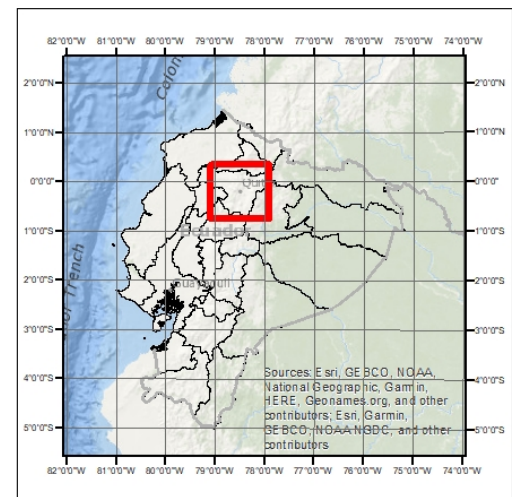
ECUADOR - ESCALA 1:500.000.



Simbología

- ▲ Estaciones de la REMMAQ
- Limite Distrital

Mapa de ubicación de la zona de estudio (DMQ) con respecto al Ecuador continental



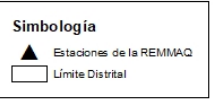
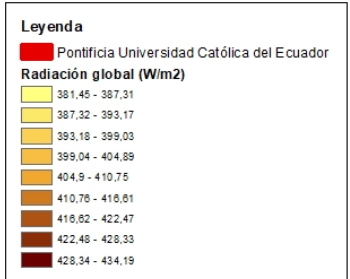
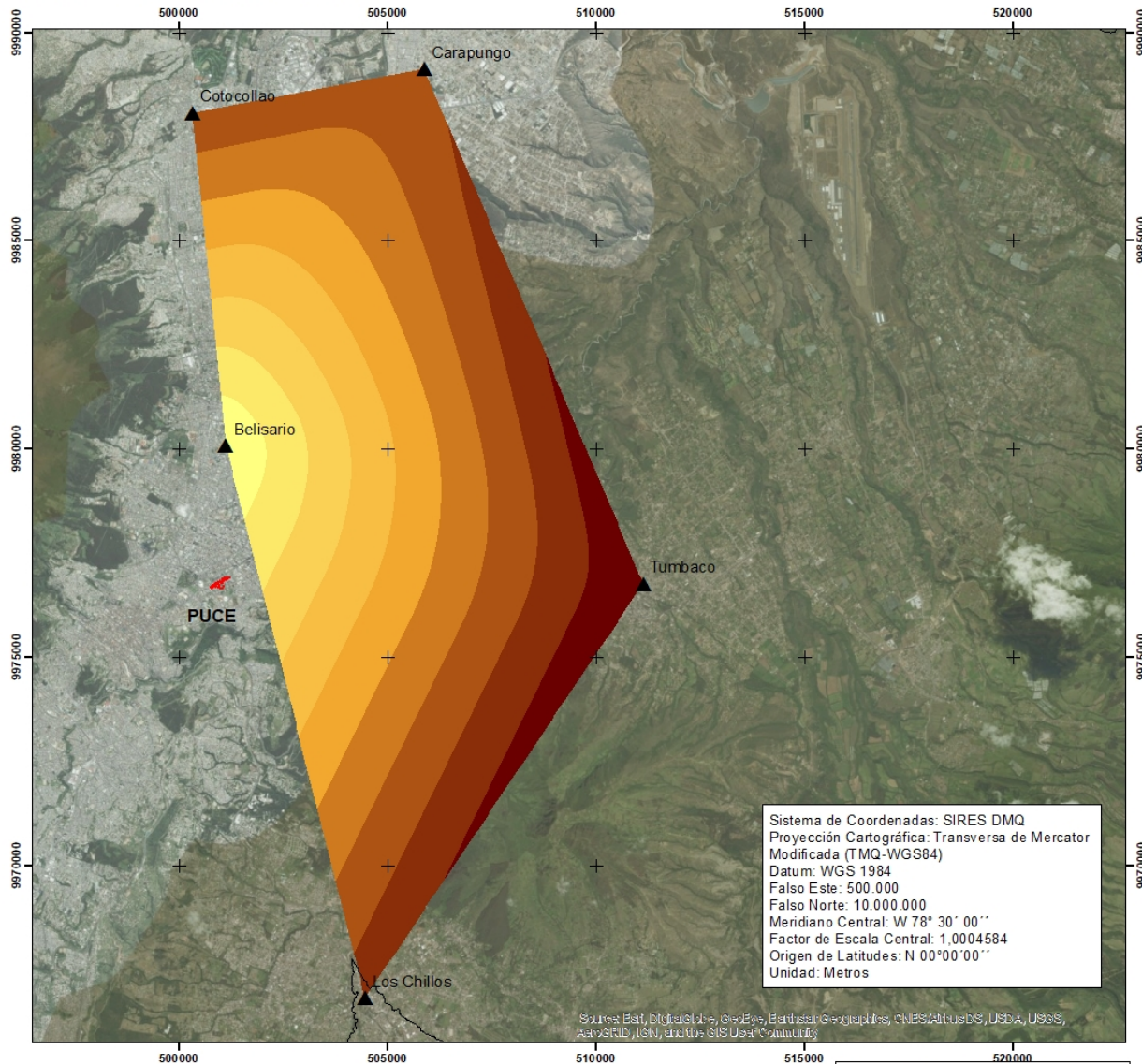
Sistema de Coordenadas: SIRES DMQ
 Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TMQ-WGS84)
 Datum: WGS 1984
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Meridiano Central: W 78° 30' 00''
 Factor de Escala Central: 1,0004584
 Origen de Latitudes: N 00°00'00''
 Unidad: Metros

Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Facultad de Ciencias Humanas	
Escuela de Ciencias Geográficas	
Anexo 5: Distrito Metropolitano de Quito - Ubicación de las estaciones de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito	
Realizado por: Patricio Serrano	Revisado por: Ing. Armando Echeverría
Fuente: Secretaría General de Planificación de Quito, Limite distrital. 1: 50 000, 2015. Secretaría de Ambiente de Quito, Localización de estaciones de la REMMAQ, 2017. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Imagen satelital, 2017.	
Escala de elaboración: 1:500.000.	Fecha: 27/05/2018
Escala gráfica: 1:50 000.	

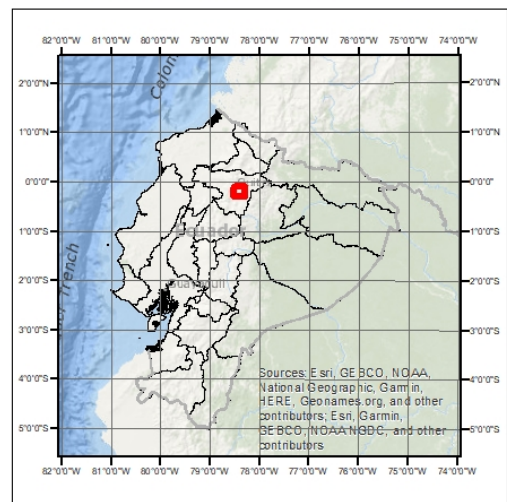


Anexo 6: Distrito Metropolitano de Quito - Radiación solar global

ECUADOR - ESCALA 1:100.000.



Mapa de ubicación de la zona de estudio (DMQ) con respecto al Ecuador continental



Sistema de Coordenadas: SIREs DMQ
 Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TMQ-WGS84)
 Datum: WGS 1984
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Meridiano Central: W 78° 30' 00''
 Factor de Escala Central: 1.0004584
 Origen de Latitudes: N 00°00'00''
 Unidad: Metros

Sources: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/AirbusDS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

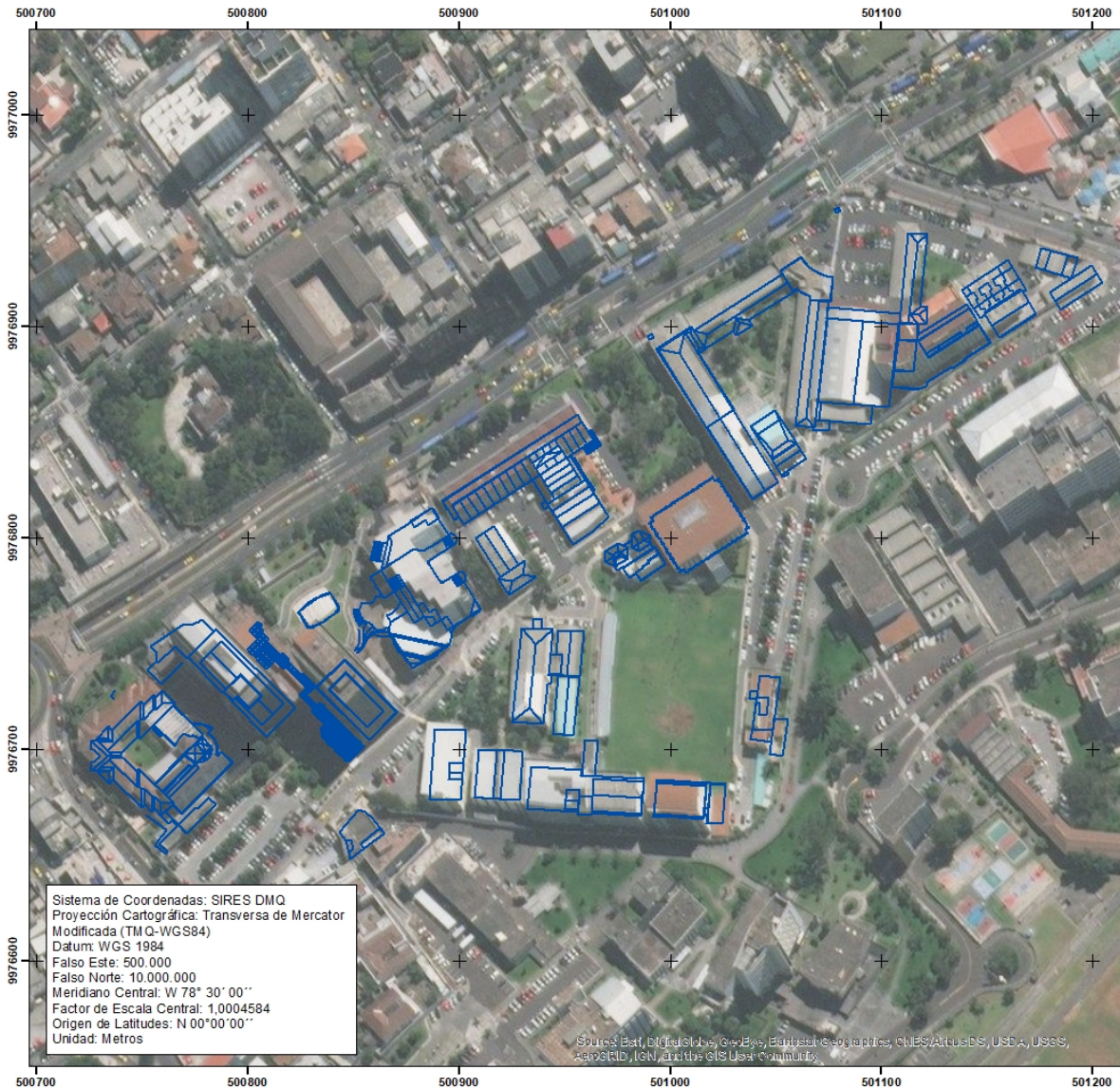


Metodología: Interpolación de datos mediante la herramienta vecino natural

Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Facultad de Ciencias Humanas	
Escuela de Ciencias Geográficas	
Anexo 6: Distrito Metropolitano de Quito - Radiación solar global	
Realizado por: Patricio Serrano	Revisado por: Ing. Armando Echeverría
Fuente: Secretaría General de Planificación de Quito, Límite distrital, 1: 50 000, 2015. Secretaría de Ambiente de Quito, Localización de estaciones de la REMMAQ, 2017. Secretaría de Ambiente de Quito, Datos radiación solar global, 2017. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Imagen satelital, 2017.	
Escala de elaboración: 1:100 000.	Fecha: 27/05/2018
Escala gráfica: 1:50 000.	

Anexo 7: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Cubiertas de las edificaciones

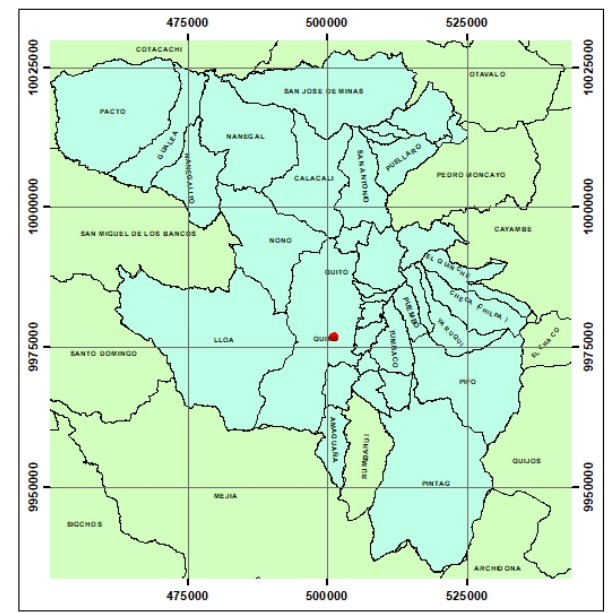
ECUADOR - ESCALA 1: 2.000.



Legenda

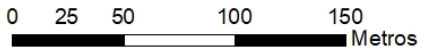
- Parroquias
- Cantones
- Localización de la zona de estudio
- Cubiertas de las edificaciones de la PUCE

Ubicación de la zona de estudio (DMQ) con respecto al Ecuador continental



Sistema de Coordenadas: SIREs DMQ
 Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TM Q-WGS84)
 Datum: WGS 1984
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Meridiano Central: W 78° 30' 00"
 Factor de Escala Central: 1,0004584
 Origen de Latitudes: N 00°00'00"
 Unidad: Metros

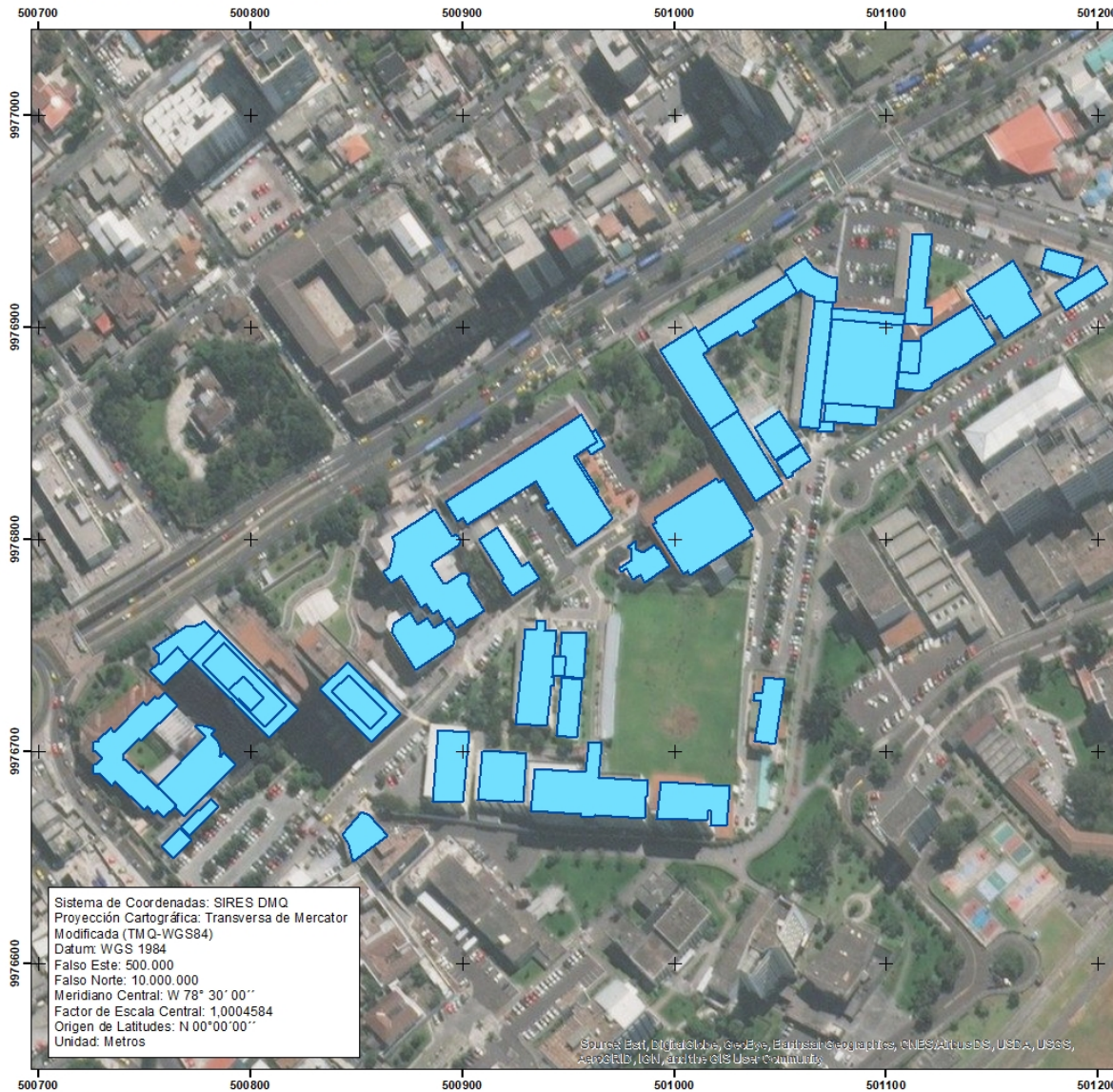
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Facultad de Ciencias Humanas	
Escuela de Ciencias Geográficas	
Anexo 7: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Cubiertas de las edificaciones	
Realizado por: Patricio Serrano	Revisado por: Ing. Armando Echeverría
Fuente: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Plano de implantación, 2017. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Imagen satelital, 2017.	
Escala de elaboración: 1:2 000.	Fecha: 27/05/2018
Escala gráfica: 1:2 000.	

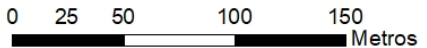
Anexo 8: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Zonas aptas para la instalación de paneles solares en las cubiertas

ECUADOR - ESCALA 1: 2.000.



Sistema de Coordenadas: SIREs DMQ
 Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TM Q-WGS84)
 Datum: WGS 1984
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Meridiano Central: W 78° 30' 00"
 Factor de Escala Central: 1,0004584
 Origen de Latitudes: N 00°00'00"
 Unidad: Metros

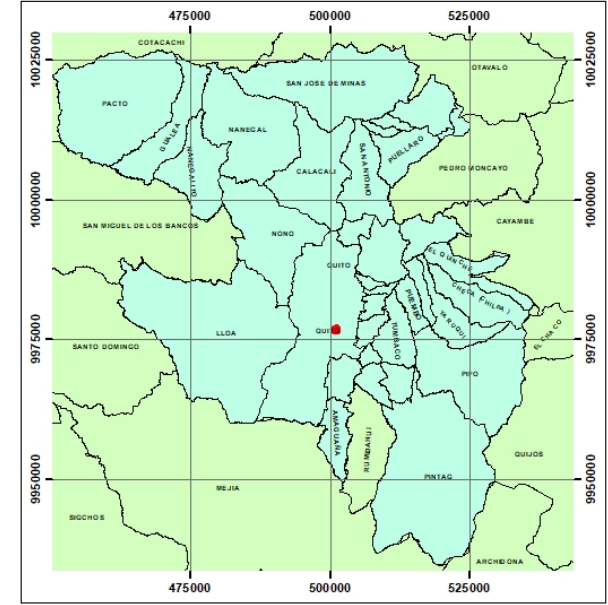
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



Legenda

- Parroquias
- Cantones
- Localización de la zona de estudio
- Cubiertas de las edificaciones de la PUCE

Ubicación de la zona de estudio (DMQ) con respecto al Ecuador continental



Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Facultad de Ciencias Humanas Escuela de Ciencias Geográficas	
Anexo 8: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Zonas aptas para la instalación de paneles solares en las cubiertas	
Realizado por: Patricio Serrano	Revisado por: Ing. Armando Echeverría
Fuente: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Plano de implantación, 2017. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Imagen satelital, 2017.	
Escala de elaboración: 1:2.000. Escala gráfica: 1:2.000.	Fecha: 27/05/2018

Anexo 9: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Diseño del sistema solar fotovoltaico del panel Panasonic HIT-N240

ECUADOR - ESCALA 1: 2.000.



Sistema de Coordenadas: SIRES DMQ
 Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TM Q-WGS84)
 Datum: WGS 1984
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Meridiano Central: W 78° 30' 00''
 Factor de Escala Central: 1,0004584
 Origen de Latitudes: N 00°00'00''
 Unidad: Metros

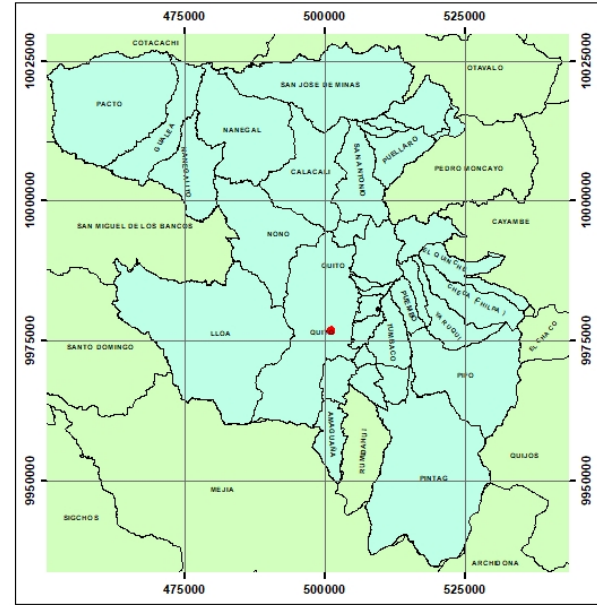
Panel Panasonic HIT-N240
 Dimensiones: 1580 mm x 798 mm x 35 mm
 Superficie: 1.261 m²
 Superficie total: 10.927,70 m²
 Número total: 8.666

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Legenda

- Cubiertas aptas para la instalación
- Localización de la zona de estudio
- Panel Panasonic HIT-N240
- Franja de seguridad
- Parroquias
- Cantones

Ubicación de la zona de estudio (DMQ) con respecto al Ecuador continental



	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas	
Escuela de Ciencias Geográficas	
Anexo 9: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Diseño del sistema solar fotovoltaico del panel Panasonic HIT-N240	
Realizado por: Patricio Serrano	Revisado por: Ing. Armando Echeverría
Fuente: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Plano de implantación, 2017. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Imagen satelital, 2017.	
Escala de elaboración: 1:2 000.	Fecha: 27/05/2018
Escala gráfica: 1:2 000.	

Anexo 10: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Diseño del sistema solar fotovoltaico del panel SIMAX 156 SP672- 310W

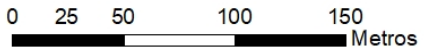
ECUADOR - ESCALA 1: 2.000.



Sistema de Coordenadas: SIRES DMQ
 Proyección Cartográfica: Transversa de Mercator Modificada (TM Q-WGS84)
 Datum: WGS 1984
 Falso Este: 500.000
 Falso Norte: 10.000.000
 Meridiano Central: W 78° 30' 00"
 Factor de Escala Central: 1,0004584
 Origen de Latitudes: N 00°00'00"
 Unidad: Metros

Panel SIMAX 156 SP672-310W
 Dimensiones: 1.956 mm x 992 mm x 40 mm
 Superficie: 1.942 m²
 Superficie total: 10.927,70 m²
 Número total: 5.880

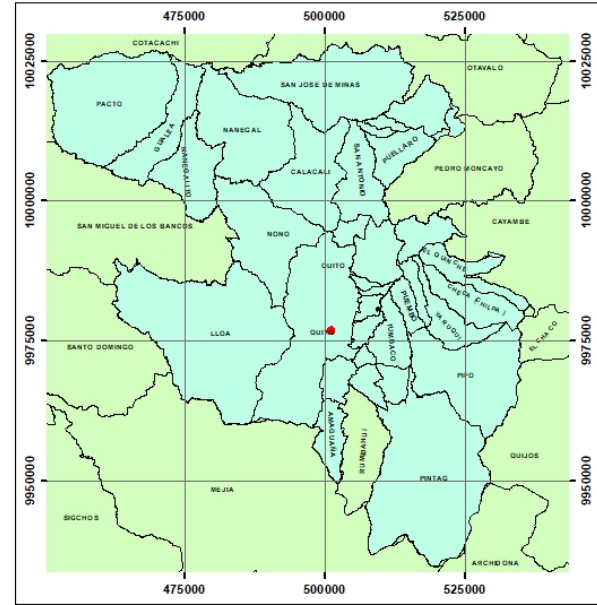
Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



Legenda

- Cubiertas aptas para la instalación
- Localización de la zona de estudio
- Panel Panasonic HIT-N240
- Franja de seguridad
- Parroquias
- Cantones

Ubicación de la zona de estudio (DMQ) con respecto al Ecuador continental



	Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Facultad de Ciencias Humanas	
Escuela de Ciencias Geográficas	
Anexo 10: Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Diseño del sistema solar fotovoltaico del panel SIMAX 156 SP672- 310W	
Realizado por: Patricio Serrano	Revisado por: Ing. Armando Echeverría
Fuente: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Plano de implantación, 2017. Environmental Systems Research Institute (ESRI), Imagen satelital, 2017.	
Escala de elaboración: 1:2 000.	Fecha: 27/05/2018
Escala gráfica: 1:2 000.	