UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE

PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS DE PLAN ESTRATÉGICO ENERGÉTICO PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA, CAMPUS SANTIAGO

MARÍA JESÚS QUIRLAND LAZO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA	:	SRA. MARÍA PILAR GÁRATE CH.
PROFESOR CORREFERENTE	:	SR. FRANCISCO DALL'ORSO

AGOSTO 2017

Agradecimientos

Primero que todo quisiera agradecer a mis padres, Tatiana y Eduardo por todo lo que me han entregado a lo largo de mi vida y el apoyo que han sido durante toda la trayectoria universitaria. A Tatiana por haberme mostrado lo que es ser fuerte y enseñarme desde pequeña de valores y disciplina. A Eduardo por enseñarme a presionar, insistir y a hacer las cosas por mí misma.

A mi tío Nelson, que me ha enseñado a hacer las cosas bien y que me ha apoyado en mis decisiones.

A mis hermanos Sebastián, Camila y Rosario. A Sebastián por ser siempre un ejemplo para mí, a Camila por alentarme en cada momento que lo he necesitado y a Rosario por enseñarme tanto en cada momento que compartimos.

A mi abuelita María, mi moñoña que es un ejemplo de esfuerzo enorme que sin duda tomo y por el infinito amor que me ha entregado desde pequeña. A Carolina por siempre ser un oído presente y un apoyo incondicional.

A Ricardo, que ha estado conmigo en toda esta última etapa, siendo un pilar fundamental. Gracias por tanto amor, comprensión y por la ayuda en el empuje de encuestas que necesité para este trabajo.

A amigos que se la jugaron con un aporte en mi tesis. Para Tania Borck que hizo un magnífico trabajo con la infografía utilizada para comunicar de la estrategia energética, y a Javiera Morales por el soporte en el número de encuestas para tener una muestra representativa de la comunidad.

A mis amigos Matías Merino, Jaime Diez, Javier Ortiz, Trinidad Palacios, Nicolás Vidal y Sebastián Catrón, por la amistad que me han entregado y haber sido un gran apoyo.

A mi equipo de Voleibol de la USM que me han enseñado la perseverancia y que con ganas todo se puede. Y por último, agradecer a mis ex profesores Juan Cáceres y Zarko Yacsich que confiaron desde un inicio en mí.

A todos ustedes, muchas gracias.

Quiero dedicar este trabajo a todo aquel que creyó en mi. A todos ellos, muchísimas gracias.

RESUMEN EJECUTIVO

Del cambio climático y el calentamiento global nace el llamado al cuidado de la energía y de la emisión de gases efecto invernadero que se expulsan al medio ambiente. En este contexto, se analiza el desarrollo de una Estrategia Energética en la Universidad Técnica Federico Santa María que lleve a la institución a la gestión de energía sustentable.

En dicha Estrategia Energética se propone un total de 7 proyectos. A la hora de realizar la evaluación de éstos existen herramientas tales como indicadores económicos como el VAN y el TIR que ayudan a la priorización de éstos, sin embargo, no siempre son las mejores herramientas a utilizar.

Hoy en día la relevancia de la opinión de la comunidad ha aumentado debido a que muchas veces los proyectos la intervienen y este grupo de personas ha sido capaz de frenar un proyecto debido al impacto que sobre éste tiene, sin importar cuán favorables hayan sido sus indicadores económicos.

En el presente trabajo se propone una jerarquización de la cartera de proyectos que contempla una Estrategia Energética Institucional por medio de la Metodología de Evaluación Multicriterio, la que permite incluir dentro del análisis no solo criterios cuantitativos (tales como indicadores económicos) sino que también cualitativos. A través de esta metodología, es posible incluir la opinión de la comunidad, permitiendo que los proyectos a realizar contemplen una mayor representatividad y por consiguiente un mayor impacto, que en este caso se traduce en mayor concientización y mejores resultados en el ámbito energético global.

La metodología empleada se divide en dos etapas; la primera, donde se consulta a la comunidad por medio de encuestas la relevancia de los criterios escogidos para evaluar su opinión dentro de la jerarquización de proyectos; y la segunda etapa, que contempla evaluar cómo cada proyecto aporta a cada criterio. Con lo anterior se pondera el total de las evaluaciones con el peso que obtiene cada criterio, con lo que es posible jerarquizar los 7 proyectos propuestos de la Estrategia Energética, permitiendo asegurar un mejor desempeño global de la iniciativa.

Palabras Clave: Evaluación Multicriterio, Estrategia Energética, UTFSM.

ABSTRACT

Nowadays, caring for the produced energy and the greenhouse gases emission comes from the present climate situation and global warming. In this context, the development of an Energy Strategy is analyzed for Federico Santa María Technical University, so it can lead the institution to sustainable energy management.

In the development of the energy strategy 7 projects are proposed. When evaluating these projects, different kinds of instruments are used for instance economic indicators as NPV and IRR. Nevertheless, they are not always the best instruments.

To date, the opinion of communities has grown in importance due to the fact that many times projects affect the quality of life of this group of people. Nowadays, a community is capable of cutting down a project because of the impact it has in people's environment and their quality of life, no matter how good their economic indicators are.

The present study proposes the hierarchy of the energy strategy's project portfolio through the Multicriteria Methodology, which has the capability of including in the analysis not only the quantitative criteria (such as economic indicators) but also qualitative. By its application, it is possible to include the opinion of the community so the projects to be implemented will be more representative and thus have a higher impact, which allows better awareness and better results in the global energy field.

The methodology is mainly divided in two stages: first, the community is consulted through surveys by the relevance of the chosen criteria, in order to evaluate their opinion in the hierarchy of the projects. Second, to assess how every project contributes to every criterion. With this, the total of the evaluation is pondered with the weight that every criterion obtains, making it possible to prioritize the 7 projects proposed in the energy strategy, and thus developing a better performance of the initiative.

Key Words: Multicriteria Evaluation, Energy Strategy, UTFSM.

Índice de Contenidos

1. Introducción **1**

2. Problema de Investigación **3**

3. Objetivos **6**
3.1. Objetivo General 6
3.2. Objetivos Específicos 6

4. Marco Teórico **8**
4.1. Situación Energética 8
4.2. Universidad Técnica Federico Santa María, Campus Santiago 11
4.2.1. La Institución 11
4.2.2. Campus Santiago 12
4.2.3. Ámbito Energético Campus Santiago 12
4.3. Sistemas de Gestión de Energía 14
4.4. Estrategia Energética 15
4.5. Inclusión de las Partes Interesadas 17
4.5.1. Impacto de la inclusión en Estrategias Energéticas 17
4.5.2. Metodología de Inclusión 18
4.5.3. Peso de los intereses 19
4.6. Metodologías Multicriterio 20
4.6.1. Descripción 20
4.6.2. Evaluación Multicriterio para Proyectos 22
4.7. Eficiencia Energética en Organizaciones de Servicio 31

5. Metodología **32**
5.1. Evaluación Multicriterio 32
5.1.1. Objetivo de la Evaluación 32
5.1.2. Actores Involucrados 32
5.1.3. Alternativas de Proyecto 33
5.1.4. Selección de los Criterios 35
5.1.4.1. Criterios Sociales 35
5.1.4.2. Criterios Económicos 37
5.1.4.3. Criterios Ambientales 38
5.2. Árbol de Jerarquía 39

5.3. Definición de puntuación y beneficios de los criterios específicos 39
5.3.1. Criterios y Beneficios Sociales 40
5.3.1.1. Educación Medio Ambiental 40
5.3.1.2. Investigación e Innovación 40
5.3.1.3. Aceptabilidad Social 41
5.3.2. Criterios y Beneficios Económicos 41
5.3.2.1. Imagen Institucional 41
5.3.2.2. Ahorro por Concepto de Energía 42
5.3.3. Criterios y Beneficios Ambientales 42
5.3.3.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero 42
5.3.3.2. Recursos Energéticos Renovables 43
5.3.4. Realización de encuestas 43

6. Resultados **46**
6.1. Asignación de peso a los criterios 46
6.2. Ponderación de los criterios 51
6.3. Evaluación de la Cartera de Proyectos 52

7. Conclusión **55**

Bibliografía **58**

A. Encuestas **61**
A.1. Encuesta para Profesores 61
A.2. Encuesta para Alumnos 65
A.2.1. Infografía 69
A.3. Encuesta de Priorización de Proyectos 70

B. Resultados Encuesta **77**
B.0.1. Encuesta Priorización de Cartera de Proyectos 77

Índice de Tablas

4.1. Ejemplo Matriz de Criterios 25
4.2. Escala de Saaty 26
4.3. Índices Aleatorios por Tamaño de Matriz 29

5.1. Alternativas de Proyectos 35
5.2. Comunidad USM 44
5.3. Representantes de Departamentos USM 45

6.1. Equivalencia Escala de Saaty y Encuesta USM 47
6.2. Resultado de Criterios por grupo 48
6.3. Matriz de Comparación de Criterios Generales 48
6.4. Matriz de Comparación de Subcriterios Sociales 50
6.5. Matriz de Comparación de Subcriterios Económicos 51
6.6. Matriz de Comparación de Subcriterios Ambientales 51
6.7. Resultado de ponderación de criterios y subcriterios 52
6.8. Tabla de encuesta para priorización de cartera de proyectos 53
6.9. Resultado final de encuesta para priorización de cartera de proyectos . . . 54
6.10. Nota final de la cartera de proyectos 54
6.11. Jerarquización de Proyectos de la Estrategia Energética en la USM 54

B.1. Ponderación de resultados de encuesta con ponderación de criterios . . . 77

Índice de Figuras

4.1. Índice de Temperatura Terrestre-Oceánica Global 9
4.2. Suministro mundial total de energía primaria 9
4.3. Crecimiento de la demanda energética y la expansión del PIB 10
4.4. Matriz Energética Primaria 11
4.5. Distribución Gasto Energético Campus Vitacura 13
4.6. Distribución Gasto Energético Campus San Joaquín 13
4.7. Identificación y priorización de acciones para mejorar el desempeño energético 15
4.8. Problema de Decisión (Esquema) 20
4.9. Proceso de una Evaluación Multicriterio 23
4.10. Identificación de los Criterios 24
4.11. Jerarquía del Modelo 25
4.12. Análisis de los Indicadores 30
4.13. Ranking de Alternativas o Proyectos 30

5.1. Árbol de Jerarquía de Criterios. 39

A.1. Infografía insertada en encuestas para Alumnos y Profesores 69

1 | Introducción

En los últimos años se ha hecho evidente la situación climática mundial y cómo el actuar del ser humano ha ido generando el calentamiento global por medio de la emisión de gases efecto invernadero, permitiendo la acumulación de calor en la corteza terrestre y llevando al mundo a cambios climáticos que parecen no ser reversibles en el tiempo (NASA, 2017).

Chile no es la excepción, el país ha experimentado un crecimiento económico a lo largo del tiempo el cual lleva asociado un dramático incremento del consumo energético y con ello un aumento en la emisión de gases efecto invernadero, sumando a la situación mundial (Ministerio de Energía, 2013).

Ante esta problemática las naciones, organizaciones e instituciones se han hecho parte del actuar para desarrollar acciones en pos de disminuir este impacto, tales como sellos de Eficiencia Energética (Sello EE, 2016a); Conferencias Internacionales, como lo fue la COP21 vivenciada en París en diciembre del 2015 (BBC Mundo, 2015), entre otras.

En este marco nacen las estrategias energéticas que buscan estimar el potencial energético que existe en una organización o localidad para poder trabajar en el uso eficiente y sustentable de la energía, todo esto creando proyectos que involucran a la comunidad. Por otro lado, la comunidad se ha convertido en un pilar fundamental a la hora de la realización de proyectos energéticos debido al impacto que tiene el apoyo o rechazo de ellos. El apoyo y representatividad de la comunidad se ha hecho vital para aumentar el potencial de un proyecto, que puede tener un mayor impacto al ser aceptado, generando mayor educación y concientización de la energía en ellos. Por el contrario, un proyecto se ha visto completamente devastado por el rechazo de la comunidad, llevando a las organizaciones un enorme desperdicio de dinero (Ministerio de Energía, 2013).

Por su lado, la Universidad Técnica Federico Santa (USM), en particular Campus Santiago, alberga del orden de 5.200 estudiantes y casi 600 profesores y paraacadémicos[1] (UTFSM, 2015), donde el correcto funcionamiento de sus actividades tiene un alto consumo energético, cercano a 1.400 [MWh], del cual 65.81 % corresponde a gasto en electricidad.

Dentro de este contexto, la universidad busca el desarrollo de una Estrategia Energética con el objetivo de llevar a la USM a la gestión de energía sustentable. Para dicha estrategia, la institución cuenta con una cartera de proyectos a elegir. Esta cartera está compuesta por un total de 7 proyectos, los cuales fueron propuestos a partir de la situación energética que vive la universidad.

Ante la cartera de proyectos que se tiene para escoger, usualmente se utilizan herramientas como el VAN y el TIR, indicadores económicos que se basan en el cálculo del retorno que genera un proyecto. Sin embargo, estos indicadores no integran la opinión de la comunidad ni tampoco reflejan si los proyectos tendrán una aceptación dentro de la misma, sin poder prever conflictos a futuro.

En este marco, la finalidad de este trabajo es la jerarquización de la cartera de proyectos, de modo que en la selección de las alternativas se incorporen aspectos tanto cuantitativos como cualitativos, haciendo partícipe a la comunidad para priorizar aquellos proyectos que representen de mejor manera a la comunidad y generen un mayor impacto en su realización.

El trabajo mencionado se realiza por medio del Método de Evaluación Multicriterio, que tiene la capacidad de incorporar aspectos cuantitativos y cualitativos. Dentro del método se hace partícipe a expertos y la comunidad, los cuales son consultados para la construcción del modelo (Pacheco y Contreras, 2008).

Se espera que la metodología mencionada ayude en la priorización de proyectos para que las alternativas a realizar generen un mayor impacto al representar a la comunidad que alberga.

[1] Quienes ayudan al funcionamiento de la Universidad, desarrollando tareas del carácter profesional, técnico, administrativo o de servicio.

2 | Problema de Investigación

Cada día la relevancia de la eficiencia energética en el mundo aumenta y es difícil no tenerla en cuenta. El cambio climático ha comenzado a ser más evidente para la población y los datos apoyan esta percepción. Los gases de efecto invernadero, tales como el CO_2, siguen aumentando en la capa de ozono, permitiendo una mayor captura de calor en la corteza terrestre, y según estudios, para el año 2015 se registró un aumento de 0.9°C por sobre la temperatura promedio registrada hasta entonces (NASA, 2015) y esta temperatura iría en aumento a menos que se tomen medidas al respecto. Sin embargo, el mundo ya ha comenzado a movilizarse en este sentido, dirigentes nacionales se reúnen y toman decisiones en pos a la situación, así por ejemplo la Conferencia Internacional de Cambio Climático que el año 2015 celebró su veintiunava edición, acordó una meta de un aumento de no más de 2°C para el año 2040 (BBC Mundo, 2015).

Chile no se encuentra exento de este hecho y el gobierno trabaja año a año en diversas políticas y proyectos para avanzar en el aumento de eficiencia en el uso de energía. El interés por trabajar en ello, además de la responsabilidad con el medio ambiente, se debe a que el consumo del país entre los años 1991 y 2011 aumentó en un 122 %, y es que en los últimos años el país ha experimentado un crecimiento económico y una expansión de su Producto Interno Bruto, lo que conlleva a que si Chile quiere mantener su desarrollo continuo es necesario un mayor consumo de energía, por lo tanto, es necesario encontrar una forma eficiente y limpia para impulsar este crecimiento (Ministerio de Energía, 2013).

Adicionalmente, las organizaciones han determinado que este aumento de eficiencia debe incluir a los distintos involucrados en las decisiones de impacto social, esto debido a que por medio de ello es posible disminuir la brecha entre desempeño/capacidad de una empresa y que por medio de conversaciones se pueden disminuir las diferencias

de percepción respecto a las misiones y valores de las compañías y desempeños futuros (Miles et al., 2006). De forma similar, la participación de los interesados es central en las estrategias locales ya que además permite una mayor valoración de la energía, aumenta la representatividad de la comunidad y disminuye la probabilidad de riesgo en la fase de implementación de éstas (Ministerio de Energía, 2015).

Alineado con la responsabilidad del país a responder en eficiencia energética, la Universidad Técnica Federico Santa María dentro de sus valores menciona contribuir a la sociedad abordando los problemas del desarrollo sustentable, y asumiendo protagonismo en el terreno social, cultural y económico (UTFSM, 2016c), y aquí es donde el Centro de Asuntos Públicos de esta universidad busca ser parte de temas contingentes del país. La Universidad Técnica Federico Santa María hoy en día sostiene un sistema que consume energía constantemente para la entrega de las herramientas necesarias para el buen desempeño de sus actividades en sus instalaciones, sin embargo, este consumo no está sujeto a algún plan energético por el cual sea parte de un desarrollo sustentable que vaya en línea con los objetivos de energía del país.

Por otro lado, dentro de una comunidad, la heterogeneidad de opinión y de intereses es importante y puede ser una barrera dentro de la implementación de proyectos. En una comunidad universitaria existen distintos involucrados: desde grupos estudiantiles, hasta profesores y funcionarios varios que se enlazan y fusionan con la universidad de distinta manera. Por estas diferencias cabe que los intereses de un plan energético en la comunidad puedan diferir y a futuro entorpecer el desarrollo del proyecto y finalmente éste no genera una consciencia al no representar a la comunidad en sí. Hoy en día para la implementación de planes energéticos en la sociedad es altamente necesaria la inclusión de los distintos involucrados para una mejor implementación del proyecto y la generación de un real impacto.

Ante este contexto, el Centro de Asuntos Públicos en Desarrollo Económico Sustentable plantea el proyecto de Estrategia Energética USM, el cual propone realizar un diagnóstico energético para evaluar la eficiencia de la organización para determinar sus debilidades, niveles de eficiencia, pérdidas y potenciales de reducción de consumo.

Sin embargo, el proyecto involucra un gran tamaño de personas y al mismo tiempo

tiene que ser capaz de implicar y de hacer sentir involucrado a cada uno de los actores. En este sentido, el proyecto más allá de establecer eficiencia energética, cada uno de los proyectos que se elijan deben ir alineado con la visión general de la institución. De este modo es necesario determinar una visión, definir metas y por ellos, escoger los proyectos que representen a los actores para un aumento de la aceptación de las decisiones de la comunidad (Ministerio de Energía, 2015). De este modo se plantea como problemática el cómo involucrar a las distintas entidades que son parte de este sistema, de qué manera tomar la información de ellos, cómo plantear el proyecto y finalmente se busca definir la jerarquización de la cartera de proyectos de la estrategia energética que se alinee con la visión que constituye al total de la comunidad de modo de representarlos e incluirlos y de la misma forma, contribuir a la eficiencia energética del país y de la Universidad Técnica Federico Santa María.

3 | Objetivos

3.1. Objetivo General

Jerarquizar la cartera de proyectos para una Estrategia Energética en la Universidad Técnica Federico Santa María a través del análisis de su actual situación energética e involucrados, generando una propuesta de mejora en el ámbito energético y siendo representativa a su comunidad, para llevar a la institución a una gestión sustentable y eficiente de energía.

3.2. Objetivos Específicos

Identificación de factores de relevancia de los interesados para el desarrollo de un plan energético para la USM.

Dentro de los involucrados en un proyecto energético existen distintos factores de relevancia para cada uno de los actores con distinto peso de importancia. Uno de los objetivos se enfoca en identificar estos factores y además determinar la relevancia de éstos para poder determinar aquellos índices que se hacen más importantes que otros en los proyectos.

Levantamiento de información de los distintos interesados dentro de la comunidad para obtener una visión alineada con los intereses de todos.

El levantamiento de información de los distintos estratos permite visualizar y así unir los distintos intereses de la entidad para la creación de un proyecto integrador y representativo.

Desarrollo de una propuesta de plan de acción para la realización de los proyectos propuestos para un consumo energético eficiente y sustentable.

Se busca desarrollar la propuesta final para la UTFSM que involucre proyectos óptimos para la estrategia energética de la entidad, que entregue información clara para una toma de decisión final por parte de la organización.

4 | Marco Teórico

4.1. Situación Energética

Hoy en día el cambio climático se encuentra a la vista de todos y es imposible hacer caso omiso a la situación. De forma creciente actores han comenzado a tomar consciencia y a formar parte de distintas acciones y planes energéticos que van en aumento.

Distintivamente diferentes sucesos se han hecho presentes, así como el derretimiento de glaciares, el aumento del nivel del mar y el secado de selvas, esto debido al aumento de los gases invernaderos que mantienen el calor en la Tierra (National Geographic, 2010). Es así como en esta misma línea el año 2015 un estudio de la NASA junto con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos (NOAA) informan un preocupante aumento promedio de 0.9°C en la temperatura de la corteza terrestre con respecto a los datos registrados desde 1880 (NASA, 2015), corroborando la razón de los cambios percibidos. Así es como, analizando la tendencia que se muestra en la Figura 4.1 respecto del aumento de temperatura registrados hasta la fecha, es posible concluir un sostenido aumento de ésta bajo las presentes circunstancias.

Los gases que contribuyen a este efecto invernadero son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el clorofluorocarbono (PFCs). Estos gases, y en principal el CO_2, se producen primariamente por medio de las actividades humanas, la deforestación y la quema de combustibles fósiles (NASA, 2017), donde ésta última se ha utilizado a gran escala como fuente de generación de energía a nivel mundial, tal y como se muestra en la Figura 4.2.

Por otro lado, Chile vive su propia situación energética. El país desde hace un poco más

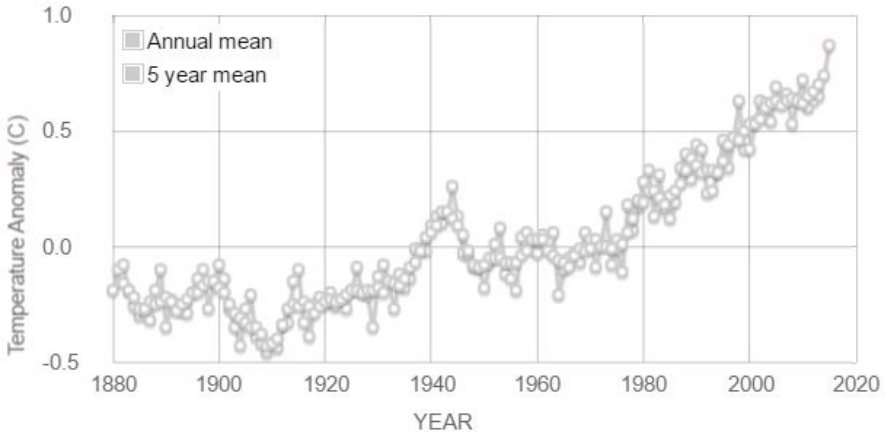


Figura 4.1: Índice de Temperatura Terrestre-Oceánica Global
(Fuente: NASA (2015))

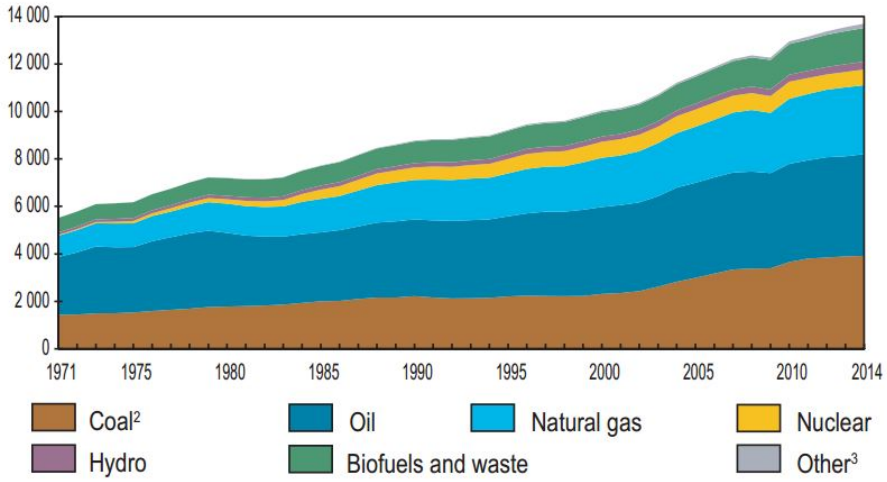


Figura 4.2: Suministro mundial total de energía primaria
(Fuente: International Energy Agency (2016))

de dos décadas que viene vivenciando un aumento de su economía, la cual inevitablemente va estrechamente ligada al aumento de la demanda energética, así como se observa en la Figura 4.3. De este modo, el país espera un aumento del consumo eléctrico entre un 5.5 % y un 6.5 % para el año 2020 respecto al 2013 (Ministerio de Energía, 2013). Sin embargo, a pesar del aumento esperado, la situación se ha visto complicada debido a los problemas con la comunidad para la instalación de nuevos proyectos relacionados con la generación de energía, ya que muchas veces estos proyectos intervienen a un importante grupo de

personas (Corbo y Hurtado, 2014).

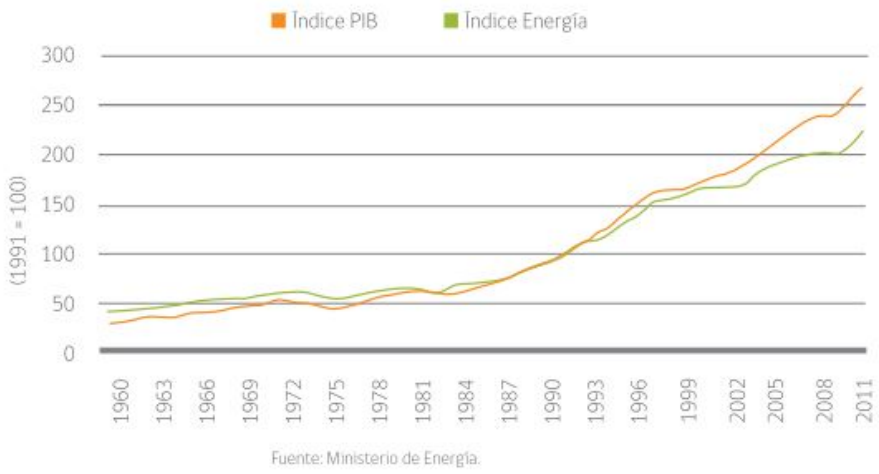


Figura 4.3: Crecimiento de la demanda energética y la expansión del PIB (Fuente: Ministerio de Energía (2013))

Cabe mencionar también que este aumento de consumo energético en el país va asociado con un aumento en la emisión de gases efecto invernadero debido a la estructura de la matriz energética del país, constituida principalmente por petróleo (32,9 %), carbón (24,4 %), leña y biomasa (23,7 %) y porcentajes menores en Gas Natural, Hidroelectricidad y otros (ver Figura 4.4). Para el año 2006 en Chile la emisión de los gases efecto invernadero tenía su mayor concentración en el CO_2 (65 %), seguido del CH_4 (21 %) y el N_2O (14 %), los cuales se generan en mayor medida por parte del transporte, la industria de la energía eléctrica y la industria manufacturera, construcción y minera.

Sin embargo, en los últimos años a causa de la creciente preocupación medio ambiental se ha generado un aumento de políticas públicas que regulan a las empresas en el ámbito energético, así éstas se han visto limitadas y llamadas a cumplir estándares de sustentabilidad dentro de su organización. Debido al aumento de importancia, el número de empresas responsables en sustentabilidad es creciente, generando en su imagen corporativa un peso considerable (Deloitte, 2012). En tanto, las universidades como organizaciones no se han quedado atrás en ello y actualmente se encuentran como impulsoras de cambios en el ámbito de la sustentabilidad en sus países (Johnston et al., 2003).

Dado lo expuesto, dentro del ámbito organizacional, es responsabilidad de las organizaciones (y entre ellas las universidades) el comprometerse a ser parte de un cambio

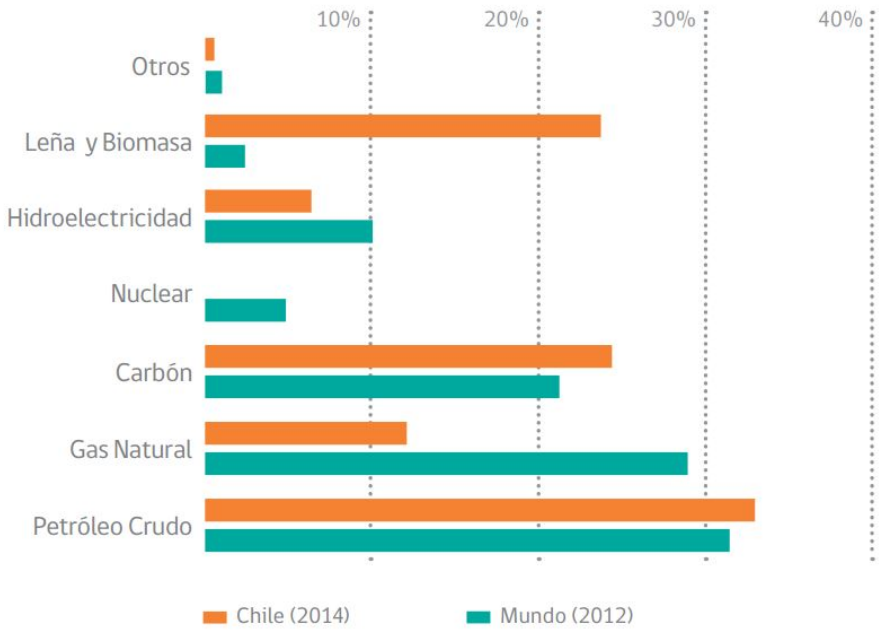


Figura 4.4: Matriz Energética Primaria
(Fuente: Ministerio de Energía (2015))

que se sume en el compromiso del país con la disminución de gases efecto invernadero y de incentivar el cambio por medio de la educación y el ejemplo a los profesionales en formación.

4.2. Universidad Técnica Federico Santa María, Campus Santiago

4.2.1. La Institución

La Universidad Técnica Federico Santa María (USM) es una organización creada el año 1931 por el sueño del chileno don Federico Santa María, por sus deseos de contribuir a facilitar el ingreso a la vida académica a gente que contara con el mérito, las aptitudes y el alto rendimiento académico para ello (UTFSM, 2016d).

La institución hoy cuenta con 85 años de trayectoria, a través de los cuales se ha ampliado más allá de su ciudad natal, Valparaíso, pudiendo llegar a una mayor cantidad de chilenos en lugares como en Concepción y Santiago, e incluso internacionalmente en

Guayaquil, Ecuador (UTFSM, 2016a). Durante este período la institución ha logrado sobresalir en la ingeniería y tecnología, pudiéndose posicionar en tercer lugar como mejor universidad de Chile (Qué Pasa, 2015) y como la primera en el territorio nacional en rankings internacionales como el Times Higher Education World University Ranking (THE, 2015).

4.2.2. Campus Santiago

En particular Campus Santiago comenzó con instalaciones en la comuna de Las Condes las cuales en el año 2000 se traslada a la comuna de Vitacura. Sin embargo, la presencia de la USM fue creciendo en la capital para luego instalarse con más carreras del plantel en la comuna de San Joaquín, instalaciones que comenzaron su operación en el año 2009.

La universidad cuenta con una amplia gama de actores en su comunidad, integrando a alumnos, profesores, funcionarios, ex alumnos y centros de investigación, con los cuales trabaja para de hacer de la universidad una mejor organización y de calidad (UTFSM, 2016b). Con ellos ha logrado integrarse en el ámbito energético a lo largo de los años, consiguiendo la creación de las organizaciones GEA (Generación de Energías Alternativas) y CIE (Centro de Innovación Energética), las cuales distintivamente se han hecho partícipe de la importancia de la sustentabilidad, impulsando proyectos y otros en el ámbito energético de la universidad.

4.2.3. Ámbito Energético Campus Santiago

Campus Santiago debido a la cantidad de actividades que realiza como institución mantiene un alto consumo energético.

En el caso de Campus Vitacura, este campus tiene un consumo de electricidad, petróleo, combustible, gas licuado y gas natural. En total el campus tiene un gasto energético de 1.423 [MWh] anual que se distribuye porcentualmente como se muestra en la Figura 4.5.

Por otro lado, Campus San Joaquín tiene un mayor gasto energético debido a la diferencia de tamaño de los terrenos. En él se consume electricidad, petróleo, combustible y gas licuado. En total tiene un consumo de 1.888 [MWh] anual que se distribuye porcen-

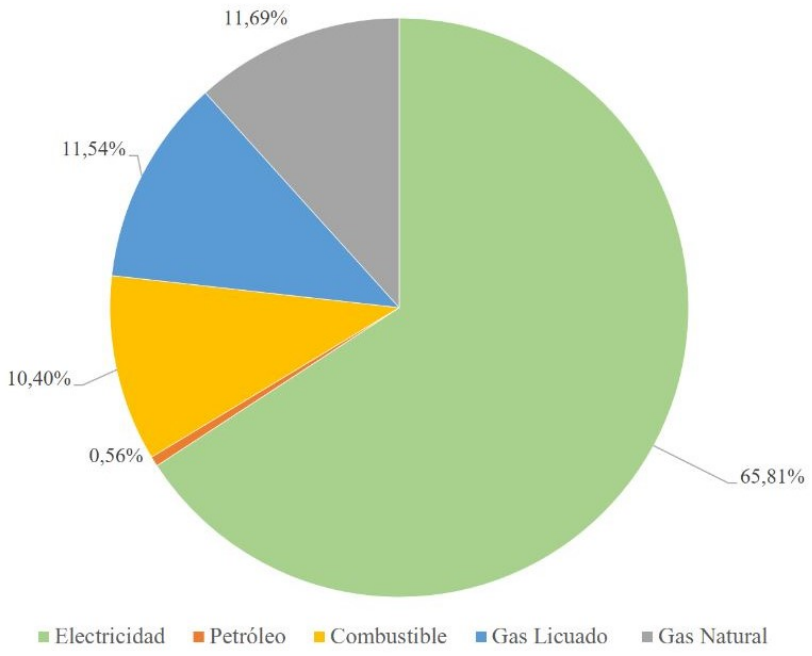


Figura 4.5: Distribución Gasto Energético Campus Vitacura
(Fuente: Elaboración Propia)

tualmente como muestra la Figura 4.6.

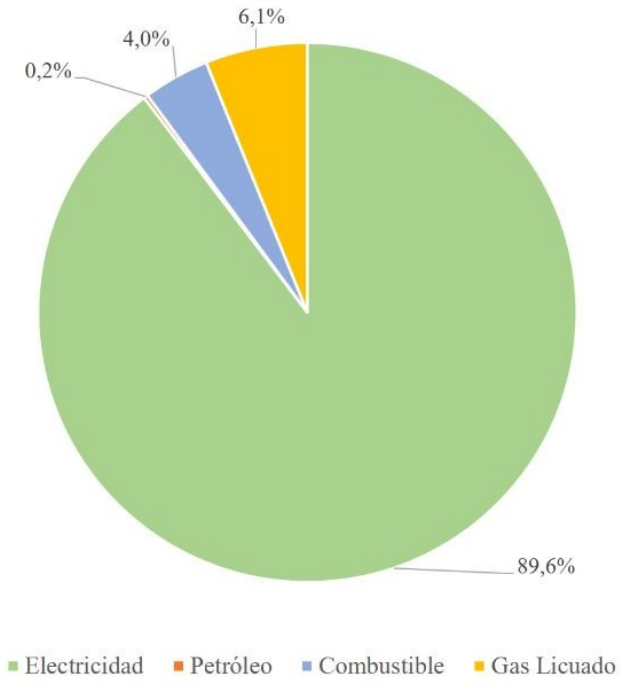


Figura 4.6: Distribución Gasto Energético Campus San Joaquín
(Fuente: Elaboración Propia)

De este modo Campus Santiago, con base de información del año 2016, tiene un gasto total de 3.311 [MWh] anuales, los cuales se consumen principalmente por electricidad y gas licuado que se obtienen de recursos convencionales.

Aparte de los consumos que tiene la institución, la USM el 2012 se constituyó como parte del Acuerdo de Producción Limpia - Campus Sustentable, el cual es un acuerdo establecido por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo en el año 2012 en el que exige a las instituciones inscritas al acuerdo un desempeño medioambiental para lograr una mayor sustentabilidad dentro de las organizaciones (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2012). Sin embargo, la USM no ha logrado cumplir con el acuerdo, quedando fuera de la Certificación de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático que se entregó a 14 universidades del país en abril del 2017 (ASCC, 2017).

4.3. Sistemas de Gestión de Energía

En un entendimiento general, un sistema de gestión energética se define como una metodología por medio la cual es posible alcanzar, de forma costo efectivo, la mejora sostenida y continua del desempeño energético en las organizaciones (Melorose et al., 2015).

Uno de los sistemas de gestión más utilizados mundialmente es la ISO 50001, creada por la Organización Internacional de Normalización, una organización que compone una gran cantidad de miembros y el apoyo de alrededor de 160 naciones que apoyan de distintas formas. Esta norma, por medio de los requisitos orientados al uso de sistemas de gestión energética busca contribuir positivamente a las organizaciones proporcionando soluciones y beneficiando a todos los sectores dentro de ellas (ISO, 2016).

Los beneficios de establecer un sistema de gestión energética son diversos pudiendo convertirse en una herramienta para crear nuevas ventajas competitivas en las organizaciones. Los beneficios que pueden obtener de éstos se pueden ver reflejados en la reducción de costos al maximizar el uso de los recursos energéticos, impulsando la productividad y el crecimiento debido a un mayor aprovechamiento de ellos y generando un menor desperdicio asegurando la confianza y calidad de la información para la toma de decisiones, y

además genera cultura organizacional orientada a la gestión energética, entre otros (Melorose et al., 2015). Sin embargo, al integrar un sistema de gestión de energía, al comienzo el potencial de ahorro puede ser muy grande debido a las muchas reformas que se pueden establecer, pero estos beneficios en el tiempo requerirán de más inversión de modo de generar un impacto equivalente debido a que la organización comienza a equilibrarse en la estrategia, por lo que si bien los beneficios pueden obtenerse a corto plazo, a medida que pasa el tiempo, las acciones de la estrategia comienzan a tener menos impacto, como se refleja en la Figura 4.7.

Figura 4.7: Identificación y priorización de acciones para mejorar el desempeño energético (Fuente: Melorose et al. (2015))

De este modo, hoy en día las organizaciones han identificado incentivos en la implementación de un sistema de gestión energética para participar en la reducción del consumo de energía y para obtener ventajas competitivas en el rubro.

4.4. Estrategia Energética

La estrategia energética se entiende en conjunto como el uso correcto de la energía, la búsqueda de su ahorro sin perder calidad de vida o de producción en un proceso y la optimización entre lo producido y lo consumido. Finalmente, la estrategia energética compone a todas ellas y dando origen a energía más limpia, segura y económica para las organizaciones (Ministerio de Energía, 2013).

En torno al panorama energético mundial se comienzan a generar estrategias energé-

ticas para combatir la situación actual. Con este fin, las naciones comienzan a discutir de qué formas se puede hacer frente. Una de las instancias para realizar esto ha sido durante años la Conferencia de Cambio Climático, la cual el año 2015 vivenció su veintiunava versión en Paris, Francia. En esta versión, dentro de las diversas discusiones presentes, la principal la encabezó la meta de un aumento de no más de 2°C para el año 2040, para lo cual, los países buscan impulsar estrategias nacionales para la reducción de gases invernaderos, principalmente del CO_2 (Thring, 2014).

Chile por su parte, en línea a lo establecido en la conferencia, se comprometió a bajar el 30 % de lo que emite en gases invernaderos hacia el 2030, y un 45 % si es que obtiene financiamiento internacional (DUNA, 2015). Sin embargo, el país desde antes ya se encuentra trabajando en políticas y estrategias energéticas para la reducción de estos gases: el año 2013 fue lanzado un plan de acción de eficiencia energética para el 2020, en el cual establece metas tales como la reducción de la demanda energética para el año 2020 para generar un desacoplamiento del crecimiento económico del país con la demanda de energía, que como beneficios adicionales generará menores emisiones de CO_2 (Ministerio de Energía, 2013).

Además, el país ha generado incentivos a modo de estrategia alentando a las empresas hacia la eficiencia energética a través del Sello EE, en donde el Ministerio de Energía busca identificar y reconocer a aquellas organizaciones que han implementado una política en ello y apremiar a estas empresas en su desarrollo (Sello EE, 2016a). Sin embargo, el proyecto luego de su lanzamiento el año 2013 y su último reconocimiento hacia empresas a finales del 2014 no ha enviado un nuevo llamado a postulaciones.

Los beneficios para las organizaciones son diversos y en el tiempo más son las empresas que lo implementan. Por ejemplo, Deloitte, empresa multinacional de consultoría, utiliza en su organización estrategias energéticas ya que entre sus principales beneficios se encuentran ahorros considerables por la maximización de utilización de los recursos, ventajas competitivas como por ejemplo la imagen de la empresa y, por último, una disminución de riesgo en el mercado por estar menos arraigado de la presión ante la sociedad, mercado, suministros y legislaciones (Deloitte, 2012).

Las universidades, como organizaciones que son, por su lado también han comenzado

a generar estrategias energéticas. La importancia de su implementación recae en el impacto que tienen las instituciones en la sociedad por su imagen y en los estudiantes por la formación que les entrega debido a que a futuro serán impulsores de cambio (Yuan et al., 2013). Así, en el marco de la veinteava edición de la Conferencia de Cambio Climático realizada en Rio de Janeiro, Brasil el año 2012, se crea la Iniciativa de Sustentabilidad de la Educación Superior (HESI, Higher Education Sustainability Initiative), una iniciativa creada por entidades de las Naciones Unidas que buscan impulsar el desarrollo de la sustentabilidad energética en las universidades en su rol en el cambio climático. Desde su creación, la iniciativa ha integrado cerca 300 universidades alrededor del mundo, y día a día más instituciones implementan más estrategias energéticas en pos de la sustentabilidad (UN, 2016).

Por otro lado, en Chile el año 2012 se ofreció a las universidades chilenas ser parte del Acuerdo de Producción Limpia - Campus Sustentable, que buscaba como objetivo que cada una de éstas comenzara su camino hacia la sustentabilidad por medio del compromiso institucional, del diseño curricular y la operación del campus (buenas prácticas en el uso eficiente de recursos, manejo integral de residuos sólidos, caracterización de residuos líquidos, medición y compromiso de reducción de la huella de carbono), todo esto bajo el razonamiento de que los egresados son finalmente los que por medio de sus decisiones podrán generar un impacto ambiental en la sociedad y por medio del estudio mitigar aquellas actividades que son frecuentes y nocivas para el medio ambiente (Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, 2012). Hoy en día, tras ese acuerdo, 14 universidades han sido Certificadas por medio de la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático y se espera que en el tiempo más universidades en Chile se sumen a la iniciativa (ASCC, 2017).

4.5. Inclusión de las Partes Interesadas

4.5.1. Impacto de la inclusión en Estrategias Energéticas

En los diversos proyectos que se pueden llevar a cabo por una organización se encuentran distintos interesados que se ven involucrados directa o indirectamente en las deci-

siones que se toman en ellos, es por esto que la inclusión de las partes interesadas tiene distintos impactos.

Las partes interesadas implicadas en un proyecto cuentan con diferentes preocupaciones, necesidades, conflictos de intereses y niveles de influencia y ante esto, hay que entenderlos para lograr una mayor eficiencia. En el aspecto de una estrategia energética los beneficios de involucrar a los interesados recaen en que su consideración ayuda a visualizar los problemas de la sociedad desde distintos puntos de vista, puntos a los cuales muchas veces desde dentro de la organización no se logran visualizar, en tanto, permite en un proyecto definir metas en común y un mismo camino a la sustentabilidad. Por otro lado, la no inclusión de los interesados permite que los acuerdos que se puedan generar no perduren en el largo plazo, no genera un sentimiento de pertenencia y a la larga no se apoya el proyecto. La sustentabilidad entonces no cruza por todos los involucrados (Ministerio de Energía, 2015).

Así, la inclusión de los participantes genera un importante impacto debido a que entrega la oportunidad de alinear las prácticas de los negocios con las necesidades y expectativas de la sociedad, permitiendo la sustentabilidad a largo plazo (FAPCCI, 2012). Por lo demás al integrar a los interesados, éstos se ven empoderados y la red que se genere entre ellos durante el proceso puede ser beneficioso para todos, fomentando la cooperación para futuros proyectos (Dvarioniene et al., 2015).

4.5.2. Metodología de Inclusión

La metodología de la inclusión de las partes interesadas está basada en la Metodología para el Desarrollo de Estrategias Energéticas Locales del Ministerio de Energía de Chile y se basa en la importancia y el impacto que tienen los interesados en la eficiencia de un proyecto en el largo plazo. Ésta busca recoger opiniones y preocupaciones claves de la comunidad de forma efectiva y progresiva. Siguiendo en amplio aspecto los siguientes pasos.

En primera instancia, una vez ya tomada la decisión de implementar una estrategia energética, se busca una capacitación en la cual se explique a la comunidad el contenido del proyecto, las responsabilidades e impactos esperados a los interesados. Luego se

comienza a gestionar un levantamiento de información respecto de la oferta y demanda energética del sector en donde se definen los potenciales de eficiencia y energía renovable, por la cual el privado colabora voluntariamente. Como tercera instancia junto la ciudadanía (tanto del sector privado como público) se define una visión y objetivos que se quiere para la comunidad, generando resultados compartidos entre los interesados. Finalmente se reúne a las partes interesadas para la presentación de la estrategia final a implementar, donde comentarios y sugerencias se discuten y se incluyen de ser necesario.

Este proceso ayuda finalmente a aumentar la tasa de éxito y la continuidad de la estrategia e implementación (Ministerio de Energía, 2013).

4.5.3. Peso de los intereses

Para la evaluación de un proyecto y la comparación entre varios es necesario un análisis costo beneficio de ellos. Generalmente se utilizan herramientas tales como VAN y TIR las cuales a opinión de los inversionistas contienen los elementos necesarios para la toma de decisiones. Sin embargo, en torno a los proyectos sociales existen elementos que deben analizarse más allá de lo cuantitativo.

Las distintas variables que influyen en el análisis costo-beneficio se identifican, miden y valoran y existen dos tipos: cuantitativas y cualitativas. Las decisiones deben tomarse considerándose a ambas, puesto que es imposible no excluir el factor humano-cualitativo en los proyectos.

De esta forma es importante considerar, dentro de los intereses que tienen las partes interesadas en un proyecto, el peso de las variables que los aquejan y para ello se utiliza la Metodología de Evaluación Multicriterio, la cual permite trabajar con diversos criterios, pudiendo identificar alternativas, independiente de la naturaleza para la evaluación de proyectos (Pacheco y Contreras, 2008).

4.6. Metodologías Multicriterio

4.6.1. Descripción

La Evaluación Multicriterio para programas y proyectos permite incluir bajo distintos criterios la opinión de los involucrados en el estudio de un proyecto, pudiendo considerar así aspectos cualitativos y cuantitativos en el momento de la evaluación y traerlos a una misma escala donde se puedan considerar para determinar y comparar proyectos. Estos métodos se basan en un proceso que utiliza formas comparativas para apoyar al decidor con un marco de racionalidad para escoger entre distintas alternativas. Todo se inicia por el problema de decisión y la separación de éste por los elementos que lo conforma para así poder obtener una mayor cantidad de información que permiten un mejor análisis para el balance de las alternativas. El problema de decisión se compone (como se muestra en la Figura 4.8) por elementos (input), un proceso y resultados (output), definiéndose como:

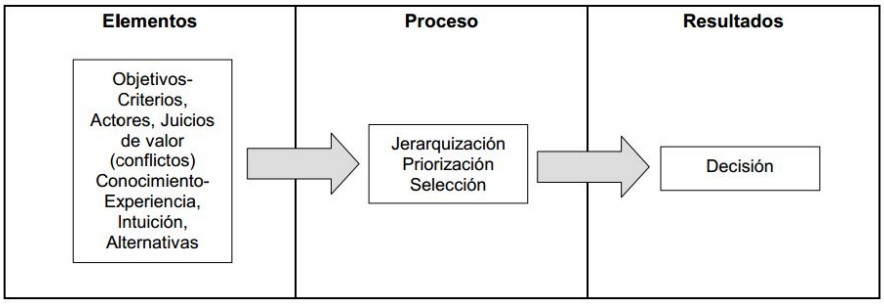


Figura 4.8: Problema de Decisión (Esquema)
(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

Elementos: Está compuesto por objetivos, criterios, actores involucrados, juicios de valor, conocimiento, experiencia, intuición y alternativas. Por lo general estos elementos conforman distintas escalas por lo que es necesario llevarlos a una escala abstracta para tratarlos.

Proceso: Se encuentra integrada por la jerarquización de las alternativas y la priorización de éstas, es decir, definir cuánto mejor es una alternativa que la otra.

Resultado: Es la decisión sobre una alternativa.

Así los métodos de evaluación multicriterio buscan la optimización de varias funciones objetivo al mismo tiempo y un solo agente decidor. Matemáticamente esto se expresa de acuerdo a la Ecuación 4.1.

$$maxF(x); x \in X \tag{4.1}$$

Donde:

x: Es el vector $\{x_1, x_2, x_3, ... , x_n\}$ de las variables de decisión. El problema de decisión es el de asignar los "mejores".

X: Es la denominada región factible del problema (el conjunto de posibles valores que pueden tomar las variables).

F(x): Es el vector $\{f_1(x), f_2(x), f_3(x), ... , f_p(x)\}$ de las p funciones objetivos que toman los criterios u objetivos simultáneos del problema.

Siendo ésta la base matemática de los métodos de evaluación multicriterio.

El beneficio de la utilización de esta metodología recae en la posibilidad de involucrar dentro de la evaluación de una cartera de proyectos criterios cualitativos, los cuales permiten, en caso de desearlo, incluir la participación de distintos actores en la priorización de las alternativas. También es una herramienta que facilita el orden de la ejecución de los proyectos y no es una metodología que se centra en la evaluación económica de las alternativas para su jerarquización.

De esta forma, el Análisis Multicriterio se puede utilizar dentro de las siguientes situaciones:

- Identificación de ideas
- Análisis de Alternativas
- Priorización de carteras
- Evaluación de propuestas en proceso de Licitación
- Programa de Inversión en el sector público

- Construcción de indicadores de desempeño del personal a cargo de un proyecto

Donde dentro de los análisis de proyectos energéticos se utiliza esta metodología para la priorización de carteras, debido a la capacidad que entrega la metodología de incluir criterios cualitativos para la priorización de proyectos, en la cual se puede permitir la involucración de la comunidad para un mejor resultado de este tipo de proyectos, como se mencionaba en apartados anteriores.

4.6.2. Evaluación Multicriterio para Proyectos

La Evaluación Multicriterio para proyectos presentada por Pacheco y Contreras (2008) constituye dos tipos de evaluación: el método sencillo de estandarización (01-Z), que aporta con la identificación de la importancia relativa entre los criterios a considerar pudiendo integrar indicadores cuantitativos y cualitativos, y el método analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process: AHP) que aporta con la construcción de jerarquías, establecimiento de prioridades y consistencia lógica en el modelo. Para llevar a cabo la evaluación, la metodología presenta los siguientes 12 pasos, que se explican en la Figura 4.9 y que se definen a continuación.

Paso 1: Definir un grupo de expertos

Se recomienda seleccionar un grupo de expertos para la construcción del modelo. Este equipo de trabajo debe ser uno que pueda y sepa identificar los objetivos relevantes del proyecto para poder construir el modelo de decisión y moverse hacia éstos. Además, el equipo debe contar con sólido conocimiento y experiencia en el área en el que se desenvolverá el proyecto con el fin de tener un sustento fuerte de información. Por último, es ideal generar reuniones con el equipo para que los resultados finalmente sean la representación de un consenso en el tiempo.

Paso 2: Selección de criterios

La selección de los criterios es relevante para la evaluación ya que por medio de éstos el modelo se validará o tomará forma en el tiempo. Esta selección depende de la jerarquización organizacional donde se quiera implementar la iniciativa y de factores tales que

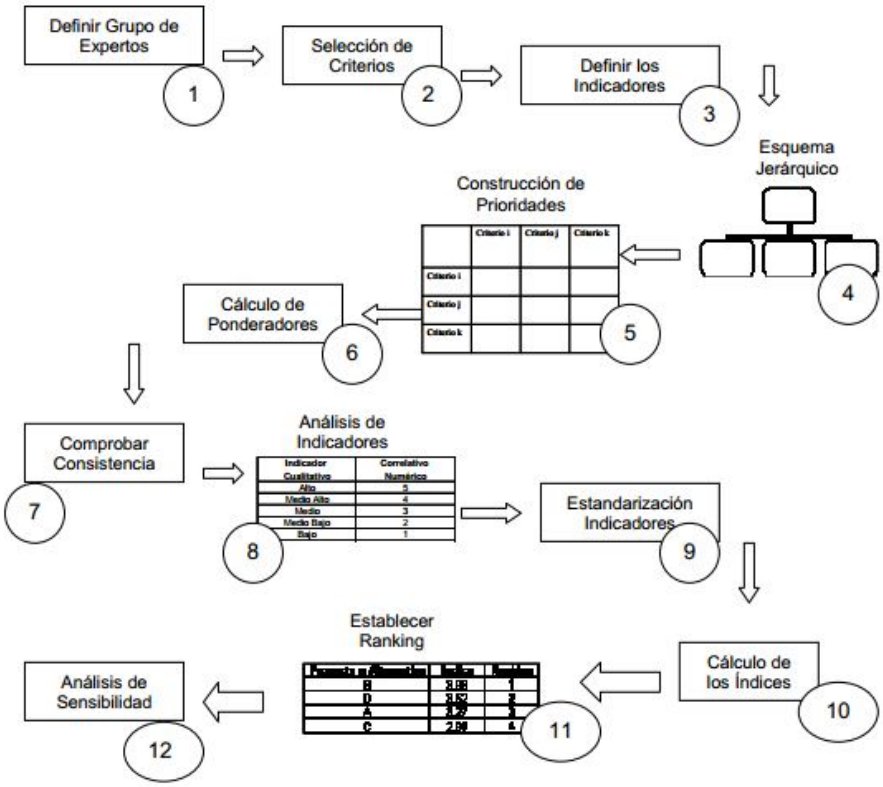


Figura 4.9: Proceso de una Evaluación Multicriterio
(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

permitan recolectar: información para un ex post factum, el análisis de los discursos de las autoridades, las necesidades de la gente y el objetivo de las políticas, así como se muestra en la Figura 4.10. De un buen trabajo en este punto depende la definición de variables y sus indicadores, es por esto que de preferencia los criterios no deben tener un número elevado y deben ir en línea con los objetivos planteados de los diferentes estamentos jerárquicos.

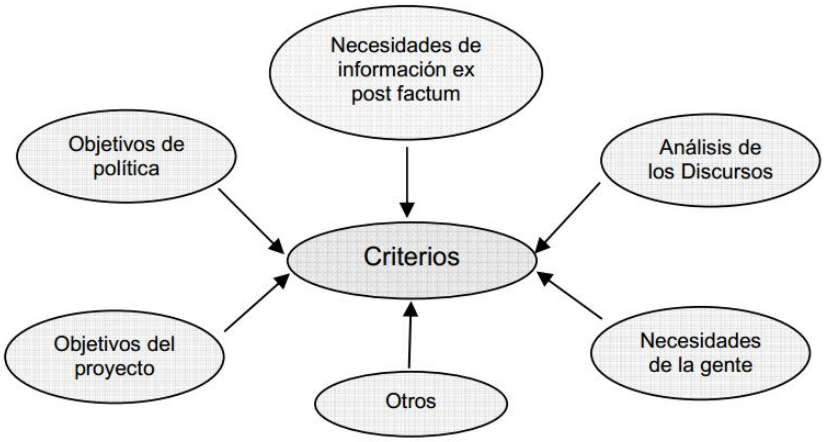


Figura 4.10: Identificación de los Criterios
(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

Paso 3: Especificar las variables e indicadores

Una vez con los criterios obtenidos es necesario definir cómo serán medidos. Para esto es necesario que el objetivo dependa de variables que puedan ser medidas y evaluadas y los indicadores deben medir adecuadamente estos objetivos.

Paso 4: Esquema jerárquico

Con los criterios definidos es posible construir un esquema jerárquico del modelo, siendo un aporte para el ordenamiento de la racionalidad del proceso. Éstos deben estar ordenados de lo más general a lo más específico, presentando una jerarquía del problema. Para esto es necesario definir el foco del problema que se quiere resolver, lo criterios generales y los sub-criterios que los componen y en lo más inferior, las distintas alternativas que se disponen. Ver Figura 4.11.

Paso 5: Construcción de prioridades

Para este paso se construyen matrices de comparaciones que permiten ingresar las opiniones relativas de los criterios y subcriterios, con lo cual es posible obtener las relaciones de importancia relativa entre éstos.

Dado lo anterior, sea A una matriz de comparaciones de nxn, donde n pertenece a $\mathbb{Z}+$ y sea r_{ij} la componente (i, j) de A, para i perteneciente a $[1,\infty[$ y j perteneciente a $[1,\infty[$, A es una matriz de comparaciones de n criterios, en donde r_{ij} corresponde a la preferencia

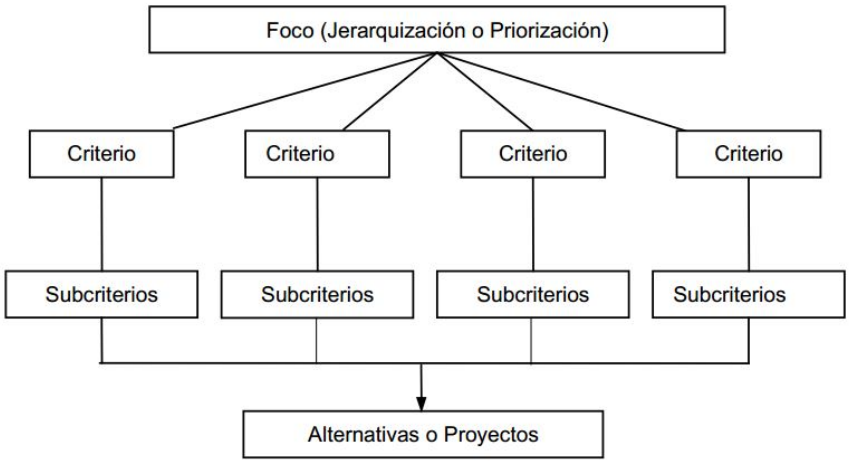


Figura 4.11: Jerarquía del Modelo
(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

del criterio i por sobre el criterio j, excepto cuando $i = j$ ya que el valor será igual a 1 por ser una comparación del criterio consigo mismo (Pacheco y Contreras, 2008). De este modo, la matriz A queda representada como:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{31} & r_{32} & \dots & 1 \end{pmatrix} \tag{4.2}$$

O reflejándose de la siguiente manera:

Tabla 4.1: Ejemplo Matriz de Criterios

	Criterio i	Criterio j	Criterio k
Criterio i	1	r_{ij}	r_{ik}
Criterio j	r_{ji}	1	r_{jk}
Criterio k	r_{ki}	r_{kj}	1

(Fuente: Elaboración Propia)

Para la obtención de los juicios r_{ij} se utiliza la Tabla 4.2, donde se consulta la relevancia de cada criterio por sobre otro con dicha escala.

En el caso de haber más de un actor involucrado en la construcción de prioridades de los criterios en el cual éstos no son entrevistados en conjunto, es posible evaluar los

Tabla 4.2: Escala de Saaty

Intensidad	Definición	Explicación
1	De igual importancia	2 actividades contribuyen de igual forma al objetivo
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una actividad sobre la otra
7	Muy fuerte o demostrada	Una actividad es mucho más favorecida que la otra; su predominancia se demostró en la práctica
9	Extremada	La evidencia que favorece una actividad sobre la otra, es absoluta y totalmente clara
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Cuando se necesita un compromiso de las partes entre valores adyacentes
Recíprocos	aij=1/aji	Hipótesis del método

(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

criterios propuestos por medio de la Media Geométrica de la siguiente forma:

$$A_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{1}^{n} a_{ij}^{n}} \tag{4.3}$$

Donde A_{ij} corresponde al resultado de integración de los juicios para el par de criterios i y j, a_{ij}^{n} es el juicio del involucrado para el par de criterios y n (desde 1 a n) corresponde al número de involucrados que expresan sus juicios sobre los criterios.

De este modo, las opiniones vertidas son consideradas y expresadas de forma matricial, con lo que se puede trabajar para más adelante considerar la importancia relativa de criterios y subcriterios.

Paso 6: Cálculo de ponderadores

A partir de la matriz de comparaciones se calculan los ponderadores correspondientes a cada criterio. Esto se lleva a partir del cálculo del vector propio de cada matriz de comparaciones.

La construcción del vector de prioridades usando las matrices de comparación entrega como información la importancia relativa entre los criterios para el objetivo general indicando qué peso tiene el criterio dentro del estudio de un proyecto.

Dada la matriz A, dentro la cual se da que $r_{ij} * r_{ji} = 1$ (a modo de ejemplo, el criterio A es 5 veces más importante que el criterio B y viceversa, el criterio B es 1/5 más importante que el criterio A, entonces $5 * 1/5 = 1$), se puede considerar la matriz de comparaciones como una matriz recíproca.

Una vez lista la matriz de comparaciones, el planteamiento se basa en un problema de vectores y valores propios dado por la Ecuación 4.4.

$$A * w = lamda * w \tag{4.4}$$

Donde:

A= Matriz recíproca de comparaciones a pares (Juicio de importancia/preferencia de un criterio sobre otro)

W= Vector propio que representa el ranking u orden de prioridad

Lamda= Máximo valor propio que representa una medida de la consistencia de los juicios

Donde de este modo es posible obtener las ponderaciones de cada uno de los criterios. A modo de ejemplo, se considera la siguiente matriz de comparación:

	C1	C2	C3
C1	1	1/2	1/4
C2	2	1	1/2
C3	4	2	1

Donde los C1, C2 y C3 son los criterios que se evaluarán. Para la obtención del vector propio primero se consigue el cuadrado de la matriz de comparaciones y se suman los elementos de cada fila, consiguiendo lo siguiente:

$$\begin{pmatrix} 3 & 1{,}5 & 0{,}75 \\ 6 & 3 & 1{,}5 \\ 12 & 6 & 3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} 5.25 \\ 10.5 \\ 21 \end{matrix}$$

Los valores obtenidos para cada fila se suman (5.25+10.5+21=**36.75**) y posteriormente se divide cada valor por la suma obtenida, para así obtener el vector propio buscado.

$$\begin{pmatrix} 5{,}25/36{,}75 \\ 10{,}5/36{,}75 \\ 21/36{,}75 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0{,}143 \\ 0{,}286 \\ 0{,}571 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} C1 \\ C2 \\ C3 \end{pmatrix}$$

Así es posible obtener el vector propio y se concluye por medio de éste que el criterio C1 tiene una ponderación del 14.3 %, el criterio C2 del 28.6 % y el criterio C3 del 57.1 %.

Paso 7: Comprobar consistencia

Para verificar el grado de consistencia es necesario cumplir el principio de transitividad y proporcionalidad en las preferencias:

Transitividad: Hace referencia a que, si el criterio A es mejor que el criterio B y éste al mismo tiempo es mejor que el criterio C, entonces el criterio A tiene que ser mejor que el criterio C.

Proporcionalidad: Este principio hace cuentas de que, si el criterio A es 2 veces mejor que el criterio B y el criterio B es 3 veces mejor que el criterio C, entonces el criterio A es 6 veces mejor que el criterio C.

De no respetar estos criterios, el peso de éstos podrían ser poco representativos, y así el modelo completo lo podría ser también. A partir de esto se obtiene el Índice de Consistencia (IC) como:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{4.5}$$

Donde λ_{max} obtiene por medio de la simplificación de la Ecuación 4.4, donde se obtiene que:

$$\lambda_{max} = V * B \tag{4.6}$$

Donde B es una matriz fila que corresponde a la suma de los elementos de cada columna de la matriz de comparaciones.

Obtenido IC, se debe comparar con el Índice de Consistencia Aleatorio (IA), matriz la cual se construyó de la simulación aleatoria de matrices recíprocas usando la escala de Saaty, de la cual se obtiene su valor a partir del valor de n (el tamaño de la matriz o la cantidad de criterios que considera la matriz). Algunos de los valores de IA se presentan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Índices Aleatorios por Tamaño de Matriz

Tamaño de la Matriz	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

A partir de lo anterior, la relación de consistencia se presenta como sigue:

$$RC = \frac{IC}{IA} \tag{4.7}$$

El resultado de ser menor a 0,1 (10 %) la matriz es consistente al igual que el vector de prioridades, por el contrario, la matriz presenta una inconsistencia inaceptable, llevando el análisis a una revisión de los juicios.

Paso 8: Análisis de indicadores

Los indicadores son la forma en que cada uno de los criterios se evaluará en cada proyecto. Debido a las diferentes características que poseen los indicadores, es necesario analizarlos profundamente y su información cualitativa debe ser cuantificada. Es por esto que es necesario construir tablas que permitan una misma base numérica, teniendo un máximo, un mínimo y valores intermedios para todos los indicadores, con el fin de una comparación hacia el final del análisis de proyectos. A modo de ejemplo se muestra la Figura 4.12.

Indicador cualitativo	Correlativo numérico
Alto	5
Medio alto	4
Medio	3
Medio bajo	2
Bajo	1

→

Proyecto	Indicador cualitativo	Correlativo numérico
A	Medio bajo	2
B	Alto	5
C	Medio	3
D	Medio alto	4

Indicador cuantitativo	Indicador cualitativo	Correlativo numérico
5-4	Alto	5
4-3	Medio alto	4
3-2	Medio	3
2-1	Medio bajo	2
1-0	Bajo	1

→

Proyecto	Indicador cuantitativo	Indicador cualitativo	Correlativo numérico
A	3-2	Medio	3
B	1-0	Bajo	1
C	5-4	Alto	5
D	2-1	Medio bajo	2

Figura 4.12: Análisis de los Indicadores
(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

Paso 9: Estandarización de los Indicadores

Como se mencionaba anteriormente, se trabaja con una misma escala de los indicadores y se busca una estandarización de estos, sin embargo, ésta ya está realizada por medio del método AHP en el Paso 7.

Paso 10: Cálculo del índice

Se procede a calcular el índice que sintetiza los indicadores de cada uno de los criterios y sus ponderaciones. El índice se obtiene al multiplicar cada ponderador por criterio por el indicador normalizado correspondiente. Se realiza esto para cada proyecto que se está evaluando.

Paso 11: Elaboración del Ranking

A continuación, se ordenan las alternativas de mayor a menor según el índice que les corresponde para poder establecer una jerarquía entre ellas, así como se muestra en la Figura 4.13. Se les da preferencia a las alternativas con mayor índice.

Proyecto o alternativa	Índice
A	3,27
B	3,98
C	2,99
D	3,52

→

Proyecto o alternativa	Índice	Ranking
B	3,98	1
D	3,52	2
A	3,27	3
C	2,99	4

Figura 4.13: Ranking de Alternativas o Proyectos
(Fuente: Pacheco y Contreras (2008))

Paso 12: Análisis de Sensibilidad

Finalmente, se analiza el comportamiento del ranking establecido al haber cambios en las ponderaciones relativas de los criterios iniciales. Se definen distintos escenarios y se analiza cómo varía la situación frente éstos para ver desde otros ángulos la problemática y terminar con una visión amplia de la situación.

4.7. Eficiencia Energética en Organizaciones de Servicio

La relevancia de la eficiencia energética en organizaciones de servicio recae, además de las implicancias beneficiosas para el medio ambiente, comúnmente en el hecho de ser un elemento diferenciador por el compromiso de la sustentabilidad frente al exterior como clientes, accionistas y proveedores (Sello EE, 2016b).

Sin embargo, en organizaciones de servicios como universidades es distinto, puesto a la relevancia del impacto que tienen en la sociedad, ya que educan a estudiantes de todas las profesiones, entrenan futuros gubernamentales y líderes que en el más adelante influenciarán de distintas maneras, por lo que las instituciones deberían ser ejemplo de buenas prácticas hacia el exterior como para los estudiantes (Yuan et al., 2013).

Es debido a esto que cada día la organización HESI crece más, teniendo más instituciones que se unen a la causa, pudiendo ser un factor de cambio en la sociedad.

5 | Metodología

En este capítulo se abarcará las distintas alternativas de proyecto para hacer a la Universidad Técnica Federico Santa María una institución sustentable energéticamente y la evaluación multicriterio para llevar a cabo una propuesta que forme parte del plan estratégico energético institucional.

5.1. Evaluación Multicriterio

Ya descrita la evaluación multicriterio, para ésta se definen los puntos a continuación.

5.1.1. Objetivo de la Evaluación

El objetivo de la evaluación es gestionar energía sustentable para la Universidad Técnica Federico Santa María.

5.1.2. Actores Involucrados

Actor involucrado es todo aquel que tenga una relación directa o indirecta con un proyecto, es decir, que se pueda ver afectado de alguna forma por la toma de decisiones que se realicen en una comunidad. Dentro de estos actores existen dos tipos: los agentes modeladores y los agentes decidores. Los agentes modeladores son aquellos que, tal como menciona el nombre, modelan el problema de decisión. En este grupo se encasilla todo aquel afectado por el proyecto y que tiene una opinión a tomar en cuenta. Por su parte, los agentes decidores son aquellos que toman la decisión final respecto del proyecto.

Como **agentes modeladores** de la USM se consideran los siguientes:

- Estudiantes
- Centros de Investigación
- Profesores
- Directores de carrera
- Funcionarios

Los cuales se pueden resumir en tres grupos: estudiantes, profesores y funcionarios.

Por otro lado, como **agentes decidores** se encuentra el grupo de expertos, conformado por Pilar Gárate (Delegada Campus Santiago del Departamento de Industrias de la USM), James Robinson (profesor de la USM con experiencia en proyectos energéticos), Francisco Dall'Orso (profesor en el área ambiental de la USM), Víctor Troncoso y María Jesús Quirland (alumnos memoristas de Ingeniería Civil Industrial de la USM).

Finalmente, como agentes decidores definirán el proyecto.

5.1.3. Alternativas de Proyecto

De acuerdo al estudio de la situación energética que se vivencia en Campus Santiago se determinan 7 proyectos viables para realizar en la institución para convertirla en una universidad más sustentable y eficiente en su uso de energía. Los proyectos se dividen en dos grupos, los cuales se presentan a continuación:

Proyectos de Desarrollo de Políticas Energéticas: Estos proyectos contemplan como objetivo el desarrollo de las políticas energéticas de Campus Santiago debido a que aún se debe trabajar en profundizar las buenas prácticas en materia energética, a pesar de ya existir ciertos compromisos por su participación en el Acuerdo de Producción Limpia - Campus Sustentable. Las propuestas dentro de este grupo son:

- Herramientas de Control: Contempla la implementación de una herramienta de control en las dos sedes del Campus en el que, además de controlar, se pueda realizar un estudio comparativo del uso de la energía para así impulsar el compartir de las buenas prácticas en materia energética.

- Medidores Eléctricos: Consiste en la instalación de medidores eléctricos por cada edificio de modo que se pueda hacer un seguimiento de los consumos, identificar las áreas de mayor gasto y potenciar la mejora del uso de energía eficientemente al captar qué área necesita más atención.
- Encargado de Energía: Consiste en la instalación de medidores eléctricos por cada edificio de modo que se pueda hacer un seguimiento de los consumos, identificar las áreas de mayor gasto y potenciar la mejora del uso de energía eficientemente al captar qué área necesita más atención.
- Medición de Consumos: Consiste en la medición periódica fija de los consumos energéticos de las sedes para poder gestionar mejoras conducentes a una eficiencia energética.

Otros Proyectos: En este grupo los proyectos se incorporan con objetivos individuales a partir de la situación energética del campus. Los proyectos son los siguientes:

- Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares: Debido a las condiciones territoriales que tienen la comuna de San Joaquín y Vitacura y en especial la ubicación que tiene la institución en estas comunas, éstas poseen un alto potencial de poder entregar un nivel de energía conveniente. De este modo, el estudio de la factibilidad daría paso a la incorporación de ERNC a Campus Santiago.
- Incorporación de la USM al Balance Nacional de Energía: Este proyecto implica la incorporación de la universidad al reporte de consumos energéticos que alimenten el Balance Nacional de Energía. La incorporación permite dar un paso inicial para una futura postulación a la Certificación Bronce del Sello de Eficiencia Energética que entrega el Ministerio de Energía de Chile.
- Capacitación del Uso Eficiente de Energía: Se propone un ciclo de capacitación para profesores, funcionarios y alumnos para el uso eficiente de energía. Este proyecto nace a partir del gran consumo eléctrico que tiene la comunidad en términos de calefacción y acondicionamiento, el cual se podría hacer más eficiente por medio de la educación, la cual crea un uso más responsable.

A modo de resumen, se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Alternativas de Proyectos

Grupo	Proyecto
Desarrollo de Políticas Energéticas	Herramientas de Control
	Medidores Eléctricos
	Encargados de Energía
	Medición de Consumos
Otros Proyectos	Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares
	Incorporación de la USM al Balance Nacional de Energía
	Capacitación de Uso Eficiente de Energía

(Fuente: Elaboración Propia)

Estos proyectos entran al estudio del Análisis Multicriterio para poder priorizar la realización de estos mismos en la USM Campus Santiago.

5.1.4. Selección de los Criterios

Se realiza la selección de los criterios y subcriterios que se consideran para medir y evaluar las alternativas disponibles. Los criterios son presentados al grupo de experto, quienes aprueban esta selección a partir de la experticia en el rubro y la información mostrada a continuación.

5.1.4.1. Criterios Sociales

La sociedad en el tiempo ha aumentado la importancia de considerar aspectos sociales dentro de un proyecto debido a las difíciles repercusiones que puede significar no hacerlo. Por ejemplo, el no considerar estos aspectos puede llevar a la contaminación de lugares altamente poblados pasando a llevar la situación social de la zona por medio de enfermedades y destrucción del medio ambiente. Es por esto que la integración de aspectos y criterios sociales tiene alta relevancia para el estudio de proyectos.

Educación Medio Ambiental

La trascendencia de la educación medio ambiental recae en el peso que tiene la educación misma en el comportamiento humano y cómo la de tipo medio ambiental en especial

puede generar una conducta de ciudadanía responsable ya que permite una mejor conciencia del medio ambiente, algo que es sumamente importante debido a la situación climática que se vive en el mundo hoy. Debido a esta relevancia es que se busca promoverla, y esto es posible a través de los siguientes objetivos establecidos en la Conferencia Intergubernamental de Educación Medioambiental en Tiflis:

- Conciencia: Ayuda a grupos sociales a estar al tanto, sensibles al medio ambiente y los problemas que los atinge.
- Sensibilidad: Ganar una variedad de experiencias y adquirir un conocimiento básico del medio ambiente y sus problemáticas.
- Actitud: Obtener valores respecto al medio ambiente.
- Habilidades: Adquirir habilidades de identificación y resolución de problemas del medio ambiente.
- Participación: Generar una oportunidad de estar activamente incluido.

Así la educación ambiental se convierte relevante para el cambio climático que se vive en la actualidad (Hungerford y Volk, 1990).

Investigación e Innovación

La investigación e innovación contribuyen directamente al desarrollo individual y colectivo en una comunidad. Por otro lado, las realizaciones de proyectos ambientales son capaces de generar un aumento de la investigación e innovación en dicha área debido a la educación que ésta incentiva, creando el interés de resolver y/o mitigar la contaminación y/o trabajar en eficiencia energética (Soto y Leighton, 1999).

Aceptabilidad Social

La aceptación es una representación de la opinión de la comunidad, la cual puede influenciar los proyectos energéticos. La aceptabilidad social permite un proceso fluido de los proyectos ya que la presión de la comunidad puede permitir cambios y atrasos importantes, incluso bloqueo completo de éste (Wang et al., 2009).

5.1.4.2. Criterios Económicos

Un criterio económico es todo aquel que considera aspectos monetarios para evaluar y medir un proyecto. Es necesario incluir criterios de este tipo para considerar un ahorro de este tipo.

Imagen Institucional

La imagen institucional representa lo que la organización quiere comunicar de sí misma hacia el interior y exterior. Sin embargo, no sólo busca comunicar, sino que puede significar una serie de beneficios que en el tiempo se traducen en dinero. De sus beneficios se pueden nombrar los siguientes:

- Ocupa un espacio en la mente del público
- Facilita su diferenciación de las organizaciones competidoras, creando valor para el público
- Disminuye la influencia de los factores situacionales
- Permite “Vender mejor"
- Atrae mejores inversores
- Atrae mejores trabajadores

Es así como una acción que genere una mejora de la imagen institucional, tiene potencial de beneficios económicos (Capriotti, 1999).

Ahorro por Concepto de Energía

Las energías convencionales se caracterizan por ser energías obtenidas a partir del petróleo, carbón, gas y combustibles fósiles, es decir, de suministros limitados y altamente contaminantes (ERENOVABLE, 2017). Es por esto que la disminución y ahorro de este tipo de energía es fundamental. Junto a estos beneficios se opta también a una autogeneración de energía por recursos propios, los cuales permiten una disminución de gasto dedicado al consumo de energía convencional.

5.1.4.3. Criterios Ambientales

La creciente preocupación por el calentamiento global aumenta la necesidad de considerar este tipo de criterios para hacer algo al respecto y no agravar la situación actual.

Emisión de Gases Efecto Invernadero

Los gases de Efecto Invernadero son los principales causantes de la retención de calor en la corteza global, y así mismo, responsables del actual calentamiento global (National Geographic, 2010). Es de crucial importancia que se genere una reducción de éstos para ralentizar el actual proceso que se lleva en el mundo.

Recursos Energéticos Renovables

Los recursos energéticos renovables se caracterizan por ser recursos ilimitados y limpios, al contrario de las energías no renovables (ODEPA, 2017). Se busca así para procesos sustentables y amigables con el medio ambiente recursos de este tipo, de modo de no generar impacto y traer ahorro de consumo energético de fuentes contaminantes.

5.2. Árbol de Jerarquía

A partir de los criterios anteriormente señalados, el modelo jerárquico se organiza como muestra la Figura 5.1.

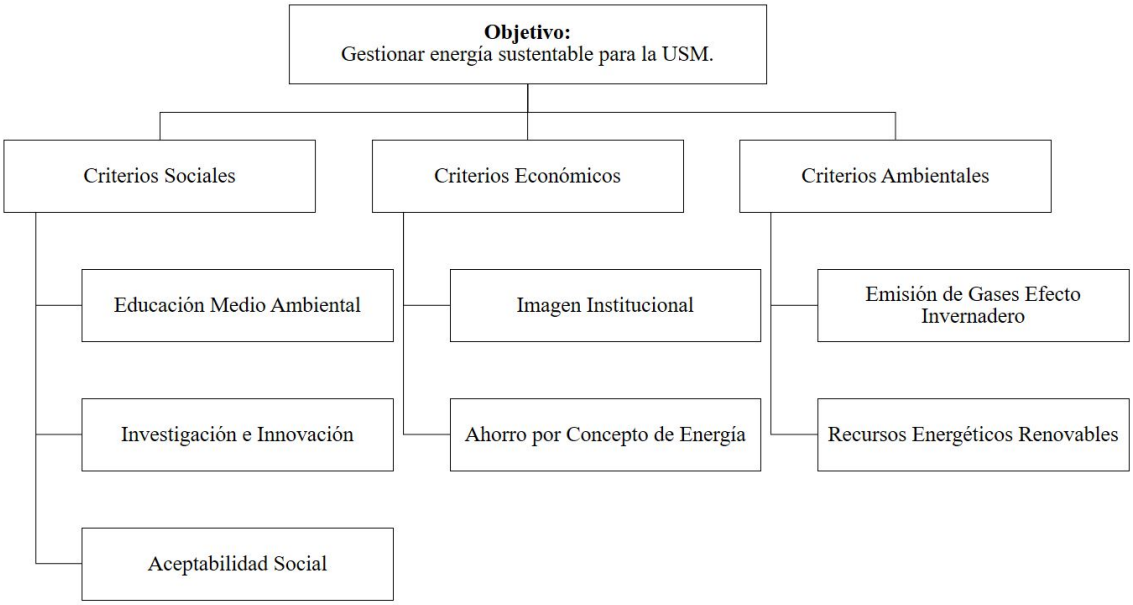


Figura 5.1: Árbol de Jerarquía de Criterios
(Fuente: Elaboración Propia)

5.3. Definición de puntuación y beneficios de los criterios específicos

A partir de los criterios anteriormente señalados, éstos se diseñan cautelosamente de modo que sean útiles para medir los proyectos con el fin de escoger aquel que en el conjunto de sus atributos represente y beneficie más a la comunidad.

5.3.1. Criterios y Beneficios Sociales

5.3.1.1. Educación Medio Ambiental

Es el potencial de educación ambiental que el proyecto es capaz de entregar por medio de la presencia y ejecución del mismo. Con esto se espera crear una comunidad ciudadanamente responsable, en especial con el medioambiente.

Con este criterio se busca como objetivo maximización de la educación ambiental dentro de los proyectos valorizándose por medio de una apreciación cualitativa establecida a partir de la siguiente tabla de evaluación:

5	El proyecto aportará fuertemente con varios elementos que incentivan y aportan para un desarrollo de educación medioambiental dentro de la comunidad.
3	El proyecto aportará medianamente elementos que incentiven un desarrollo de educación medioambiental.
1	El proyecto no aportará ningún tipo de elementos que permitan educación medioambiental en la comunidad.

5.3.1.2. Investigación e Innovación

Es el nivel estimado de aumento de interés en la investigación e innovación dentro del ámbito medioambiental impulsado por la alternativa por medio de su presencia y ejecución.

El objetivo de este criterio es la maximización que permitiría un mayor desarrollo en el área dentro de la comunidad. Éste se valoriza por medio de apreciación cualitativa bajo la siguiente tabla de evaluación:

5	El proyecto contribuirá e incentiva altamente la investigación e innovación dentro de la comunidad.
3	El proyecto contribuirá medianamente a incentivar la investigación e innovación dentro de la comunidad.
1	El proyecto no aportará ningún tipo de incentivo para la investigación e innovación.

5.3.1.3. Aceptabilidad Social

La aceptabilidad es el nivel estimado de aceptación que tiene la alternativa dentro de la comunidad para generar una mayor representatividad y menos obstáculos sociales para la ejecución. Es por esto que se busca como objetivo la maximización de la aceptabilidad dentro de las alternativas. Este criterio se mide por apreciación cualitativa que se presenta en la siguiente tabla de evaluación:

5	Tendrá alta aceptabilidad social.
3	Tendrá mediana aceptabilidad social.
1	No tendrá aceptabilidad social.

5.3.2. Criterios y Beneficios Económicos

5.3.2.1. Imagen Institucional

Este criterio considera el nivel de mejora que tendrá la imagen institucional por la selección de la alternativa. La maximización de este criterio permitiría un aumento de beneficios económicos por la reputación que se crea.

El objetivo es maximizar la mejora de la imagen institucional y el criterio tiene una valorización en base a la apreciación cualitativa. Su tabla de evaluación es la siguiente:

5	Contribuirá a una alta mejora de la imagen institucional.
3	Contribuirá medianamente a una mejora de la imagen institucional.
1	No contribuirá a una mejora de la imagen institucional.

5.3.2.2. Ahorro por Concepto de Energía

Es el ahorro de las energías obtenidas por métodos convencionales que permiten un ahorro monetario dentro de la institución por la disminución del consumo o por autoabastecerse por medio de otros recursos, según la alternativa. Este ahorro se mide en [KWh/m^2] de modo de estandarizar el valor por los metros cuadrados construidos de los edificios que constituyen Campus Santiago.

El objetivo es que los ahorros sean máximos, en tanto este criterio se valoriza por criterio cuantitativo. La tabla de evaluación es la siguiente:

5	El proyecto contribuirá fuertemente en ahorro de la razón [\$/m^2] utilizados.
3	El proyecto contribuirá medianamente en ahorro de la razón [\$/m^2] utilizados.
1	El proyecto no contribuirá en ahorro de la razón [\$/m^2] utilizados.

5.3.3. Criterios y Beneficios Ambientales

5.3.3.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero

Este criterio considera el estimado de la variación de la emisión de Gases Efecto Invernadero producto del nuevo consumo energético por la alternativa a implementar, donde se espera que el proyecto genere una disminución de estos gases. Por lo tanto, su objetivo es la minimización de la generación de Gases Efecto Invernadero, teniendo una valoración cuantitativa. La tabla de evaluación se muestra a continuación:

5	La alternativa logrará una alta disminución de la emisión de gases efecto invernadero.
3	La alternativa logrará disminuir medianamente la emisión de gases efecto invernadero.
1	La alternativa no logrará disminuir la emisión de gases efectos invernaderos.

5.3.3.2. Recursos Energéticos Renovables

Es la potencia generada en [KWh] por recursos energéticos renovables que entrega la alternativa, pudiendo impulsar la generación de energía limpia. El objetivo de este criterio es la maximización de la potencia generada por la fuente mencionada. La valorización del criterio es cuantitativa en [KWh] y su tabla de evaluación se detalla a continuación:

5	El proyecto contribuirá fuertemente en la cantidad de [KWh] de potencia generada por recursos energéticos renovables en la USM.
3	Es aquel proyecto que contribuirá medianamente en la cantidad de [KWh] de potencia generada por recursos energéticos renovables en la USM.
1	El proyecto no contribuirá en la cantidad de [KWh] de potencia generada por recursos energéticos renovables en la USM.

5.3.4. Realización de encuestas

La siguiente etapa corresponde a la construcción de las prioridades o peso de los criterios bajo los cuales se medirán las alternativas que se evaluarán. Con estas prioridades se construye la matriz de juicio.

La comunidad de la USM está compuesta de profesores, alumnos y paraacadémicos[2] los cuales se distribuyen en Campus Santiago como muestra la Tabla 5.2.

[2]Quienes coadyuvan al funcionamiento de la Universidad, desarrollando tareas del carácter profesional, técnico, administrativo o de servicio. Las carreras funcionarias en las distintas áreas en las que ellos se desempeñan son reguladas por reglamentos especiales.

Tabla 5.2: Comunidad USM

2015	Estudiantes de Pregrado y Postgrado Diurno y Vespertino	Profesores de Jornada Completa y Parcial	Personal Paraacadémico
San Joaquín	2.603	187	163
Vitacura	2.683	123	116
Total	**5.286**	**310**	**279**

(Fuente: UTFSM (2015))

Las encuestas realizadas se enfocan a considerar la opinión de la comunidad para lo cual se consideran los profesores y estudiantes ya que entre ellos conforman el 95 % de la entidad. Sin embargo, para considerar dicho 5 % restante, los paraacadémicos se consideran parte del grupo de profesores ya que finalmente son parte del grupo de empleados de la institución.

Para la toma de datos se procura que la gente esté informada del objetivo de los proyectos a realizar, de la situación energética actual de la institución y los conceptos claves que se utilizan dentro de los proyectos que corresponden a conceptos del ámbito ambiental. Para ello, se trabaja en una Infografía que se muestra al inicio de cada encuesta y se consulta en la misma si se está considerando para responder. De no considerar esta información, las encuestas no serán tomadas.

Para encuestar el grupo de profesores se contactó con el delegado o representante de cada uno de los 14 departamentos de la universidad en Campus Santiago, que corresponden a los que se muestran en la Tabla 5.3.

Esto debido a que como delegados de los departamentos representan los intereses y opiniones de sus grupos de profesores que llevan a cabo sus funciones dentro de Campus Santiago. El contacto se realiza vía mail y la encuesta se lleva a cabo por medio de la plataforma online Google Forms y se presenta en el Anexo Sección A.1.

Por otro lado, para obtener una muestra representativa del grupo de alumnos de la USM se necesita definir el total de alumnos que constituye al grupo, el nivel de confianza que se busca y el margen de error tomado para nuestra muestra. De esta forma, considerando un total de 5.286 alumnos, un nivel de confianza de la muestra de un 95 % y un margen de error del 6 %, la cantidad de encuestas requeridas para que la muestra sea representativa

Tabla 5.3: Representantes de Departamentos USM

Departamento	**Representante**
Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación	José Campusano
Departamento de Estudios Humanísticos	Claudio Tapia
Departamento de Física	Maximiliano Rivera
Departamento de Informática	Diego Arroyuelo
Departamento de Ingeniería Eléctrica	Aldo Barrueto
Departamento de Ingeniería Mecánica	Jaime Nuñez
Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales	Jorge Ipinza
Departamento de Ingeniería Química y Ambiental	Paulina Dreyse
Departamento de Matemática	Erwin Hernandez
Departamento de Obras Civiles	Gabriel García
Departamento de Química	Paulina Dreyse
Departamento de Industrias	Pilar Gárate
Departamento de Ingeniería Comercial	Lionel Valenzuela
Academia de Ciencias Aeronáuticas	Osvaldo Sarabia

(Fuente: Elaboración Propia)

es de 255. Estas encuestas se realizan vía la plataforma online Google Forms y se presenta en el Anexo Sección A.2.

6 | Resultados

6.1. Asignación de peso a los criterios

Para la asignación de peso a los criterios se toma en cuenta la opinión de la comunidad, la cual es evaluada por las encuestas anteriormente mencionadas y mostradas en el Anexo Sección A.1 y Sección A.2. Para la realización de las encuestas se informa a los encuestados acerca de la iniciativa que está tomando la institución y de la situación energética en la que se encuentra, de este modo se incentiva a tener una respuesta informada al respecto. Para transmitir esta información se incluyó en el documento una infografía que incorpora estos datos, ésta se muestra en la Figura A.1.

Tal como propone la metodología, el peso de los criterios se obtiene al consultar en modo "¿Qué grado de importancia tiene el aspecto X respecto al Y?" en donde se aplica la escala de Saaty, mostrada anteriormente en la Tabla 4.2. De este modo, las preguntas realizadas relacionadas a la asignación de peso de los criterios fueron las siguientes:

1. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto **Ambiental** respecto al **Económico**?
2. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto **Ambiental** respecto al **Social**?
3. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto **Económico** respecto al **Social**?
4. ¿Qué grado de importancia tiene la generación de **Educación Ambiental** respecto al incentivo a la **Investigación e Innovación** que pueda entregar un proyecto?
5. ¿Qué grado de importancia tiene la generación de **Educación Ambiental** respecto a la **Aceptabilidad Social** de un proyecto?

6. ¿Qué grado de importancia tiene el incentivo a la **Investigación e Innovación** respecto a la **Aceptación Social** de un proyecto?

7. ¿Qué grado de importancia tiene una **Mejora de la Imagen Institucional** respecto a un **Ahorro Económico** por concepto de energía de un proyecto?

8. ¿Qué grado de importancia tiene la consideración de la **Emisión de Gases Efecto Invernadero** antes que la consideración de **Recursos Energéticos Renovables** en un proyecto?

Donde las preguntas del 1 al 3 van enfocadas a Criterios Generales, del 4 al 6 a los Subcriterios Sociales, la pregunta 7 a Subcriterios Económicos y la pregunta 8 a Subcriterios Ambientales. A modo de simplificación, la encuesta consulta por grado de importancia del 1 al 5, donde se considera la equivalencia de juicios respecto a la Tabla de Saaty como se muestra en la Tabla 6.1. Esto debido a que los criterios considerados se tomaron a partir de encuestas particulares y no por la conciliación de juicio entre los evaluados, por lo que los valores intermedios pierden valor y no son considerados ya que sirven para dicha conciliación. A partir de lo anterior se toman las respuestas y se transforman en la escala de Saaty para realizar la asignación de peso de los criterios.

Tabla 6.1: Equivalencia Escala de Saaty y Encuesta USM

Encuesta	Intensidad	Definición
1	1	De igual importancia
2	3	Moderada importancia
3	5	Importancia fuerte
4	7	Muy fuerte o demostrada
5	9	Extremada
-	aij=1/aji	Recíprocos

(Fuente: Elaboración Propia)

Obtenida ya la asignación, para cada grupo es posible determinar el resultado respectivo total por medio de la Media Geométrica, medida que establece Saaty para casos donde la conciliación de juicio no es posible (Ecuación 4.3). Los resultados para cada uno de los grupos y total se muestran en la Tabla 6.2, pudiendo reflejar la importancia relativa entre los criterios. La ponderación para lograr el puntaje final es la consideración de un 90 %

de relevancia de los alumnos y un 10 % de relevancia de los profesores, esto considerando que los alumnos constituyen el 90 % de la comunidad y los profesores[3] y paraacadémicos el 10 %.

Tabla 6.2: Resultado de Criterios por grupo

Tipo de Criterio	N° Pregunta	Alumnos (90 %)	Profesores (10 %)	Ponderación
General	Pregunta 1	2.69	1.57	2.58
	Pregunta 2	1.57	0.98	1.51
	Pregunta 3	0.71	0.67	0.70
Social	Pregunta 4	2.19	0.93	2.06
	Pregunta 5	2.20	1.35	2.11
	Pregunta 6	1.55	1.65	1.56
Económico	Pregunta 7	0.80	2.16	0.94
Ambiental	Pregunta 8	1.19	0.95	1.17

(Fuente: Elaboración Propia)

Lo anterior permite obtener el peso de cada criterio que se considerará en la evaluación de los proyectos. Éstos se calculan a continuación:

- *Ponderadores a nivel de Criterios Generales*

  Estos son consultados por medio de las preguntas 1, 2 y 3, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 6.3: Matriz de Comparación de Criterios Generales

A. Selección de Alternativas de Proyectos	A1	A2	A3
A1. Económico	1	0,388	0.702
A2. Ambiental	2.576	1	1.508
A3. Social	1.424	0.663	1

(Fuente: Elaboración Propia)

La metodología señala que para la obtención de los pesos es necesario calcular a partir de la Matriz de Comparaciones el Vector Propio de ésta y su Relación de Consistencia (RC).

Para la obtención del vector propio es necesario el cuadrado de la matriz de comparaciones y la suma de los elementos de cada fila de ésta:

[3] Los profesores conglomeran el grupo Profesores y Paraacadémicos debido a estos últimos se encuentran bajo la administración de cada departamento de profesores y son empleados de la universidad.

$$\begin{pmatrix} 3{,}000 & 1{,}242 & 1{,}990 \\ 7{,}299 & 3{,}000 & 4{,}826 \\ 4{,}555 & 1{,}879 & 3{,}000 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} 6.232 \\ 15.125 \\ 9.434 \end{matrix}$$

Los valores obtenidos por fila se suman (6.232+15.125+9.434=**30.792**). Luego, cada una de las sumas de filas es dividido por este valor para así obtener el vector propio, representando las prioridades de cada criterio.

$$\begin{pmatrix} 6{,}232/30{,}792 \\ 15{,}125/30{,}792 \\ 9{,}434/30{,}792 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 0{,}202 \\ 0{,}491 \\ 0{,}306 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} Económico \\ Ambiental \\ Social \end{pmatrix}$$

Al conseguir el vector propio de la matriz de comparaciones se procede a revisar si los juicios son consistentes por medio de la Relación de Consistencia. Para ello, se obtiene el máximo vector propio, obtenido por medio de la multiplicación del vector propio de la matriz de comparaciones y el vector fila B, compuesto por la suma de las columnas de la matriz de comparaciones (Ecuación 4.6):

$$\lambda_{max} = V * B = \begin{pmatrix} 0{,}202 \\ 0{,}491 \\ 0{,}306 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 5{,}000 & 2{,}051 & 3{,}211 \end{pmatrix}$$

$$\lambda_{max} = 3{,}003$$

Con el máximo vector propio se procede a obtener el Índice de Consistencia, dado por la Ecuación 4.5, con n=3 y λ_{max}=3.003:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{3{,}003 - 3}{3 - 1} = 0{,}002$$

Con lo anterior finalmente se puede conseguir la Relación de Consistencia, la cual se espera que sea un valor menor al 10 % para que represente consistencia dentro

de la matriz de comparaciones. Ésta se obtiene por la Ecuación 4.7, para la cual se utiliza el valor aleatorio en la Tabla 4.3 con n=3:

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0{,}002}{0{,}58} = 0{,}003$$

Por lo que con una Relación de Consistencia R.C. = 0.3 % < 10 % la matriz es consistente, y tiene un Vector Propio = (0.202; 0.491; 0.306) por lo que las preferencias de cada criterio general en relación a la importancia que deben tener en la evaluación de proyectos se constituye de la siguiente forma: Económico (20.2 %), Medio Ambiental (49.1 %) y Social (30.6 %).

De la misma forma de cálculo recién expuesta se estudia cada una de las matrices de los subcriterios de los criterios generales que vienen a continuación.

- *Ponderación a nivel de Criterios Específicos o Subcriterios*

Para los **Subcriterios Sociales** se consultó por medio de las preguntas 4, 5 y 6, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 6.4: Matriz de Comparación de Subcriterios Sociales

B. Subcriterios Sociales	B1	B2	B3
B1. Educación Medio Ambiental	1	2.062	2.114
B2. Investigación e Innovación	0.485	1	1.560
B3. Aceptabilidad Social	0.473	0.641	1

(Fuente: Elaboración Propia)

Con una Relación de Consistencia R.C. = 1.5 % < 10 %, y un Vector Propio = (0.509; 0.283; 0.208). Por lo que la matriz es consistente y se obtiene un peso relativo para el subcriterio Educación Medio Ambiental de un 50.9 %, para Investigación e Innovación de un 28.3 % y para Aceptabilidad Social uno de 20.8 %.

Para los **Subcriterios Económicos** se consultó por medio de la pregunta 7, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 6.5: Matriz de Comparación de Subcriterios Económicos

C. Subcriterios Económicos	C1	C2
C1. Imagen Institucional	1	0.939
C2. Ahorro por Concepto de Energía	1.065	1

(Fuente: Elaboración Propia)

Con una Relación de Consistencia R.C. = 0 % < 10 %, y un Vector Propio = (0.484; 0.516). Por lo que la matriz es consistente y se obtiene un peso relativo para el subcriterio Imagen Institucional de un 48.4 % y para Ahorro por Concepto de Energía de un 51.6 %.

Para los **Subcriterios Ambientales** se consultó por medio de la pregunta 8, obteniéndose lo siguiente:

Tabla 6.6: Matriz de Comparación de Subcriterios Ambientales

D. Subcriterios Ambientales	D1	D2
D1. Emisión de Gases Efecto Invernadero	1	1.169
D2. Recursos Energéticos Renovables	0.855	1

(Fuente: Elaboración Propia)

Con una Relación de Consistencia R.C. = 0 % < 10 %, y un Vector Propio = (0.539; 0.461). Por lo que la matriz es consistente y se obtiene un peso relativo para el subcriterio Emisión de Gases Efecto Invernadero de un 53.9 % y para Recursos Energéticos Renovables de un 46.1 %.

Ya realizada la asignación de pesos de los criterios y subcriterios se procede a la ponderación de los mismos.

6.2. Ponderación de los criterios

Tal como se muestra en la sección anterior, según la comunidad existe una mayor relevancia en los aspectos Medio Ambientales con 49.1 % de relevancia, seguido de la importancia el aspecto Social con un 30.6 % y por último sigue el aspecto Económico con un 30.6 %. Para lograr la ponderación que tiene cada uno de los subcriterios se multiplica

Tabla 6.7: Resultado de ponderación de criterios y subcriterios

Criterio Específico	Ponderador Local	Ponderador del elemento que lo contiene	Ponderador Global
Social	**0.306**	**-**	**0.306**
Educación Medio Ambiental	0,509	0,306	0,156
Investigación e Innovación	0,283	0,306	0,087
Aceptabilidad Social	0,208	0,306	0,064
Económico	**0.202**	**-**	**0.202**
Imagen Institucional	0,484	0,202	0,098
Ahorro por Concepto de Energía	0,516	0,202	0,104
Ambiental	**0.491**	**-**	**0.491**
Emisión de Gases Efecto Invernadero	0,539	0,491	0,265
Recursos Energéticos Renovables	0,461	0,491	0,226

(Fuente: Elaboración Propia)

su peso con el peso del Criterio General que lo contiene, para lo cual se obtienen los ponderadores expuestos en la Tabla 6.7.

Con lo anterior es posible la correcta evaluación de la cartera de proyectos considerando la opinión de la comunidad.

6.3. Evaluación de la Cartera de Proyectos

Para la evaluación de la cartera de proyectos de la Estrategia Energética de la USM se consulta al grupo de expertos mencionado anteriormente, compuesto por los profesores Pilar Gárate, Francisco Dall'Orso y James Robinson, y los alumnos memoristas Víctor Troncoso y María Jesús Quirland. La consulta se realiza por medio de la encuesta mostrada en Sección A.3 en la cual se consulta por llenar la Tabla 6.8 con las puntuaciones expuestas para cada criterio, dependiendo de cómo aportan éstos a cada proyecto. Las respuestas deben llenar todas las casillas disponibles y éstas deben ir del 1 al 5, donde el número 1 corresponde a un aporte mínimo en el criterio y el número 5 un máximo.

Las respuestas de los expertos se promediaron para tener un número representativo del grupo, para lo cual se obtiene lo expuesto en la Tabla 6.9.

Tabla 6.8: Tabla de encuesta para priorización de cartera de proyectos

Subcriterio	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7
A.1. Educación Medioambiental							
A.2. Investigación e Innovación							
A.3. Aceptabilidad Social							
B.1. Imagen Institucional							
B.2. Ahorro por Concepto de Energía							
C.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero							
C.2. Recursos Energéticos Renovables							

(Fuente: Elaboración Propia)

Con los datos obtenidos, se procede a ponderar cada nota de cada proyecto por el ponderador de los criterios expuestos en la Tabla 6.7. De este modo, es posible obtener la nota de cada proyecto. Las notas de los proyectos se muestran en la Tabla 6.10.

Finalmente, con las notas ya obtenidas es posible crear la jerarquización dentro de la cartera de proyectos para la Estrategia Energética en la USM. El orden queda como muestra la Tabla 6.11, donde se observa que el proyecto mejor valorizado a través de la Metodología de Evaluación Multicriterio es el Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares, representando mejor los criterios de mayor interés para la comunidad de la USM, seguido por el proyecto la Capacitación de Uso Eficiente de Energía y la creación de Encargados de Energía, donde estos tres serían los primeros en obtener recursos para llevarse a cabo para la gestión eficiente de energía sustentable de la USM.

Tabla 6.9: Resultado final de encuesta para priorización de cartera de proyectos

Subcriterio	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7
A.1. Educación Medioambiental	3.60	2.40	4.20	3.60	3.80	2.60	5.00
A.2. Investigación e Innovación	2.80	3.00	2.80	3.40	4.20	2.80	3.00
A.3. Aceptabilidad Social	3.60	3.60	4.20	3.80	4.20	4.20	4.80
B.1. Imagen Institucional	3.60	3.40	4.20	3.40	4.40	4.40	4.80
B.2. Ahorro por Concepto de Energía	2.60	2.40	3.20	2.80	3.00	2.20	3.80
C.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero	2.00	2.20	3.00	2.20	4.00	2.00	3.20
C.2. Recursos Energéticos Renovables	1.00	1.20	1.20	1.00	4.80	1.00	1.20

(Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 6.10: Nota final de la cartera de proyectos

Grupo	**Proyecto**	Nota
Desarrollo de Políticas Energéticas	Herramientas de Control	2.41
	Medidores Eléctricos	2.30
	Encargados de Energía	2.98
	Medición de Consumos	2.53
Otros Proyectos	Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares	4.11
	Incorporación de la USM al Balance Nacional de Energía	2.33
	Capacitación de Uso Eficiente de Energía	3.33

(Fuente: Elaboración Propia)

Tabla 6.11: Jerarquización de Proyectos de la Estrategia Energética en la USM

Puesto	Proyecto	Nota
1	Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares	4.11
2	Capacitación de Uso Eficiente de Energía	3.33
3	Encargados de Energía	2.98
4	Medición de Consumos	2.53
5	Herramientas de Control	2.41
6	Incorporación de la USM al Balance Nacional de Energía	2.33
7	Medidores Eléctricos	2.30

(Fuente: Elaboración Propia)

7 | Conclusión

Es un hecho que el calentamiento global y los cambios climáticos debido a la emisión de gases efecto invernadero han aumentado en el tiempo y las naciones y organizaciones se han visto en la necesidad de actuar en pos de generar algún cambio en lo que está ocurriendo. En términos de organizaciones, las universidades como impulsoras de cambios y generadores de nuevos profesionales se han visto involucradas también en contribuir al medio ambiente, es por esto que se les encuentra en iniciativas como lo son el HESI (Higher Education Sustainability Initiative) y el Acuerdo de Producción Limpia – Campus Sustentable en ámbitos mundiales y nacionales, respectivamente.

Dado lo anterior, el Centro de Asuntos Públicos en Desarrollo Económico Sustentable de la Universidad Técnica Federico Santa María en su interés de incorporarse a un plan energético plantea el desarrollo de una Estrategia Energética para la institución, la cual se alinea con los valores de la misma que hablan de "abordar los problemas del desarrollo sustentable, asumiendo protagonismo en el terreno social, cultural y económico".

Dentro de la estrategia energética, se proponen 7 proyectos de distinta envergadura dado el diagnóstico energético que se realiza a la institución, en el cual se visualiza un alto consumo eléctrico y una alta concentración en ámbitos de calefacción.

El propósito de este trabajo consiste en la jerarquización de estos 7 proyectos, sin embargo, se busca realizarlo no por índices económicos, sino que por otra metodología que permita incorporar los intereses de la comunidad de modo que el proyecto resultante genere una representación en la gente y así un mayor impacto en términos energéticos, sustentabilidad y concientización. Para realizar esto se utiliza la Metodología de Evaluación Multicriterio que permite el análisis de los proyectos por medio de variables cualitativas y cuantitativas, lo que permite la incorporación de distintos tipos de criterios para medir e

incluir a la comunidad en el proceso de selección.

La aplicación del método se divide en dos etapas, la primera consiste en la construcción de criterios y el peso que contribuyen éstos a la hora de medir un proyecto y la segunda en el estudio de cómo aporta cada proyecto a cada criterio mencionado, de modo que el proyecto consigue por cada criterio una nota, y dicha nota se pondera con el peso que tiene el criterio, con lo que finalmente se obtiene, en la suma de la ponderación de los criterios para el proyecto, una nota final.

Como resultado de la primera etapa se obtuvo que la valoración de la comunidad constató un alto interés en el ámbito Ambiental (49.1 %) por sobre lo que fue el ámbito Social (30.6 %) y el Económico (20.2 %). Esto muestra el alto interés que tiene la comunidad por la generación de un proyecto ambiental dada la situación energética que vivencia el Campus, dejando también de último el aspecto económico dentro de la selección. También cabe mencionar un alto interés en la Educación Medioambiental (50.9 %) dentro de los criterios Ambientales, por lo que se puede apreciar un interés y percepción de necesidad a lo que es este aspecto. Los criterios que restan de este ámbito son la Investigación e Innovación (28.3 %) que permite ver un interés en este aspecto, y por último la Aceptación Social (20.8 %). El resto de los criterios, tales como Imagen Institucional, Ahorro por Concepto de Energía, Emisión de Gases Efecto Invernadero y Recursos Energéticos Renovables reparten el interés en forma equitativa dentro de los ámbitos que les corresponde (económico y ambiental), por lo que no hay un interés sobresaliente entre ellos.

Respecto a la diferencia de valoración entre profesores y alumnos se rescata a partir de las encuestas que la opinión de las dos partes era la misma en su mayoría (o con una pequeña diferencia mencionando que los ámbitos son igual de importantes o sólo un poco menos importante uno que el otro) pero difería de la intensidad, por ejemplo, entre el aspecto Ambiental y Económico ambos concordaban que el aspecto ambiental es más importante, sin embargo, los profesores establecen en promedio que es 1.57 veces más importante y los alumnos establecen que es 2.58 veces más importante. En tanto, ambas partes de la comunidad no tienen contradicciones y es posible congeniar su opinión.

Como segunda etapa, junto con el grupo de expertos se estudia la incidencia de cada proyecto en cada criterio del modo anteriormente señalado. Con esto es posible la jerar-

quización de los proyectos.

El proyecto mejor evaluado corresponde al Estudio de Factibilidad de Implementación de Paneles Solares. Este proyecto constituye evidentemente el primer puesto de priorización debido al potencial que tiene en recursos renovables por la zona en la que se encuentra, entrega a la universidad una educación ambiental por medio de su presencia y efectivamente permite un ahorro junto con otro tipo de beneficios. Luego en la jerarquización se encuentra la Capacitación de Uso de Eficiente de Energía que sin duda tiene relevancia en la educación medio ambiental y con la concientización permite un alto nivel de impacto y, por último, en los primeros tres proyectos de la jerarquización se encuentra la incorporación de un Encargado de Energía que permitiría una mayor sustentabilidad y gestión de la energía en la Universidad.

Estos proyectos juntos con la jerarquización total ya expuesta corresponden a la propuesta de proyectos a realizar para llevar a la USM a la gestión de energía sustentable, de modo que, de incorporar estos proyectos en este orden, permitirán de mejor forma un mayor impacto dentro de la comunidad, permitiendo así a futuro una mayor sustentabilidad energética y por medio de la representación de la comunidad.

Cabe destacar que la estrategia energética aún corresponde a un plan de propuesta y ésta se puede ver limitada a futuro a un límite de presupuesto de la institución, por lo que se propone regirse a la jerarquización según los fondos que se destinen.

Bibliografía

ASCC (2017). Estas son las 14 universidades más sustentables de Chile. http://www.agenciasustentabilidad.cl/noticias/estas_son_las_14_universidades. [Acceso Julio de 2017]. 4.2.3, 4.4

BBC Mundo (2015). Cop21: aprueban histórico acuerdo contra el cambio climático en la cumbre de parís. http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151211_cumbre_clima_paris_cop21_acuerdo_az. [Acceso Junio de 2016]. 1, 2

Capriotti, Paul (1999). *Planificación estratégica de la imagen corporativa*. 5.1.4.2

Corbo, Vittorio y Hurtado, Agustin (2014). Causas y consecuencias del problema energético en Chile: Una visión desde la macroeconomía. *Puntos de Referencia - Centro de estudios públicos*, 382(Noviembre). 4.1

Deloitte (2012). La estrategia energética como ventaja competitiva. Iluminando el camino hacia la sustentabilidad. http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/risk/Sustentabilidad/mx(es-mx)La_estrategia_energetica.pdf. [Acceso Junio de 2016]. 4.1, 4.4

DUNA (2015). COP21: Los compromisos de Chile para el acuerdo climático. http://www.duna.cl/noticias/2015/12/14/cop21-los-compromisos-de-chile-para-el-acuerdo-climatico/. [Acceso Junio de 2016]. 4.4

Dvarioniene, Jolanta; Gurauskiene, Inga; Gecevicius, Giedrius; Trummer, Dora Ruth; Selada, Catarina; Marques, Isabel; y Cosmi, Carmelina (2015). Stakeholders involvement for energy conscious communities: The Energy Labs experience in 10 European communities. *Renewable Energy*, 75, 512–518. 4.5.1

ERENOVABLE (2017). Las Energías Convencionales. http://erenovable.com/las-energias-convencionales/. [Acceso Abril de 2017]. 5.1.4.2

FAPCCI (2012). Stakeholder Engagement should be at the heart of any "sustainable development". http://fapccinews.blogspot.cl/2012/02/stakeholder-engagement-should-be-at.html. [Acceso Junio de 2016]. 4.5.1

Hungerford, Harold R y Volk, Trudi L (1990). Changing Learner Behavior through Environmental Education. *Journal of Environmental Education*, 21(3), 8–21. 5.1.4.1

International Energy Agency (2016). Key World Energy Statistics. 4.2

ISO (2016). Benefits of standards: the ISO materials. http://www.iso.org/iso/home/standards/benefitsofstandards/benefits_of_standards.htm. [Acceso Junio de 2016]. 4.3

Johnston, Andy; White, Elizabeth; Buckland, Heloise; Obe, Sara Parkin; y Brookes, Fiona (2003). Reporting for Sustainability: Guidance for Higher Education Institutions. *Higher Education Partnership for Sustainability Forum for the Future*, November, 1–80. 4.1

Melorose, J.; Perroy, R.; y Careas, S. (2015). Manual Para la Implementación de un Sistema de Gestión de Energía. *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015*, 1. 4.3, 4.7

Miles, Morgan P.; Munilla, Linda S.; y Darroch, Jenny (2006). The role of strategic conversations with stakeholders in the formation of corporate social responsibility strategy. *Journal of Business Ethics*, 69(2), 195–205. 2

Ministerio de Economía, Fomento y Turismo (2012). Acuerdo de Producción Limpia - Campus Sustentable. 4.2.3, 4.4

Ministerio de Energía (2015). Energía 2050, Política Energética de Chile. 4.4

Ministerio de Energía (2013). *Plan de acción de eficiencia energética 2020*. Technical report. 1, 2, 4.1, 4.3, 4.4, 4.5.2

Ministerio de Energía (2015). Guía Metológica para el Desarrollo de Estrategias Energéticas Locales. 2, 4.5.1

NASA (2015). Global Temperature. http://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/. [Acceso Junio de 2016]. 2, 4.1, 4.1

NASA (2017). A blanket around the Earth. https://climate.nasa.gov/causes/. [Acceso Junio de 2017]. 1, 4.1

National Geographic (2010). ¿Qué es el Calentamiento Global? http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/calentamiento-global-definicion. [Acceso Junio de 2016]. 4.1, 5.1.4.3

ODEPA (2017). Las Energías Convencionales. http://www.odepa.cl/sub-intra-sectorial/energias-renovables-no-convencionales/. [Acceso Abril de 2017]. 5.1.4.3

Pacheco, Juan Francisco y Contreras, Eduardo (2008). *Manual para la evaluación multicriterio para programas y proyectos*. 1, 4.5.3, 4.8, 4.6.2, 4.9, 4.10, 4.11, 4.6.2, 4.2, 4.3, 4.12, 4.13

Qué Pasa (2015). Ranking de Universidades 2015. http://www.quepasa.cl/articulo/actualidad/2015/12/ranking-de-universidades-2015.shtml/. [Acceso Junio de 2016]. 4.2.1

Sello EE (2016a). Antecedentes del Sello de Eficiencia Energética. http://www.selloee.cl/proyectos/dataee/web/selloee.php/sello-eficiencia-energetica. [Acceso Junio de 2016]. 1, 4.4

Sello EE (2016b). Beneficios del Sello EE. http://www.selloee.cl/proyectos/dataee/web/selloee.php/sello-eficiencia-energetica. [Acceso Junio de 2016]. 4.7

Soto, Eulogio y Leighton, Gerardo (1999). Indicadores biológicos de ecosistemas marinos de fondos blandos y su importancia en los programas de monitoreo ambiental. *VI Jornadas del CONAPHI-CHILE, Viña del Mar, Chile*, (pp. 1–15). 5.1.4.1

THE (2015). World University Rankings 2015-2016. https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2016/world-ranking{#}!/page/0/length/25/country/117/sort{_}by/rank{_}label/sort{_}order/asc. [Acceso Junio de 2016]. 4.2.1

Thring, M.W. (2014). World Energy Outlook. *Electronics and Power*, 23(4), 329. 4.4

UN (2016). Higher Education Sustainability Initiative (HESI). https://sustainabledevelopment.un.org/sdinaction/hesi. [Acceso Junio de 2016]. 4.4

UTFSM (2015). Informe de Autoevaluación Institucional Universidad Técnica Federico Santa María. (pp. 18–19). 1, 5.2

UTFSM (2016a). Campus y Sedes. http://www.utfsm.cl/universidad/campus-y-sedes/. [Acceso Junio de 2016]. 4.2.1

UTFSM (2016b). Comunidad. http://www.utfsm.cl/comunidad/. [Acceso Junio de 2016]. 4.2.2

UTFSM (2016c). Misión, visión y valores. http://www.utfsm.cl/universidad/mision-vision-valores/. [Acceso Junio de 2016]. 2

UTFSM (2016d). Nuestra Historia. http://www.utfsm.cl/universidad/historia/. [Acceso Junio de 2016]. 4.2.1

Wang, Jiang Jiang; Jing, You Yin; Zhang, Chun Fa; y Zhao, Jun Hong (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278. 5.1.4.1

Yuan, Xueliang; Zuo, Jian; y Huisingh, Donald (2013). Green Universities in China - What matters? *Journal of Cleaner Production*, 61, 36–45. 4.4, 4.7

A | Encuestas

A.1. Encuesta para Profesores

Estimado Profesor,

El fin de esta encuesta es determinar la importancia de los criterios que la comunidad USM considera importantes a la hora de seleccionar proyectos conducentes a la gestión sustentable y eficiente de la energía en la institución, objetivo central de la Estrategia Energética Local que Campus Santiago desea implementar. Esperamos que su respuesta represente los intereses de los profesores de su Departamento de manera de poder incluir sus opiniones en los proyectos y alternativas que se presenten.

Desde ya agradecemos su participación.

INSTRUCCIONES

En la siguiente encuesta se encuentran los criterios y subcriterios bajo los cuales se medirán los proyectos a los que la estrategia energética pueda optar. Cada criterio se encuentra de la forma "¿Qué tanto más importante es el aspecto X respecto al aspecto Y?", para la cual debe responder en una escala de 1 al 5 de acuerdo a su importancia.

Alternativas:

- 5 veces MÁS importante
- 4 veces MÁS importante
- 3 veces MÁS importante
- 2 veces MÁS importante

- Igual de importante
- 2 veces MENOS importante
- 3 veces MENOS importante
- 4 veces MENOS importante
- 5 veces MENOS importante

Para las preguntas a continuación por favor considerar la siguiente infografía: Figura A.1

Información General

1. ¿Leyó la Infografía mencionada en el apartado anterior?

   a) Sí

   b) No

2. ¿A qué Departamento de la UTFSM representa?

   a) Departamento de Educación Física, Deportes y Recreación

   b) Departamento de Estudios Humanísticos

   c) Departamento de Física

   d) Departamento de Informática

   e) Departamento de Ingeniería Eléctrica

   f) Departamento de Ingeniería Mecánica

   g) Departamento de Ingeniería de Metalúrgica y de Materiales

   h) Departamento de Ingeniería Química y Ambiental

   i) Departamento de Matemáticas

   j) Departamento de Obras Civiles

   k) Departamento de Química

l) Departamento de Industrias

m) Departamento de Ingeniería Comercial

n) Academia de Ciencias Aeronáuticas

Criterios Generales

Para la elección de un proyecto orientado a cumplir el objetivo de "Gestión sustentable y eficiente de la Energía" para la USM y teniendo en cuenta la comunidad que alberga, responda las siguientes preguntas.

Los criterios generales que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Criterios Sociales
- Criterios Ambientales
- Criterios Económicos

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto Ambiental respecto al Económico?
2. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto Ambiental respecto al Social?
3. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto Económico respecto al Social?

Criterios Específicos

Para la elección de un proyecto orientado a cumplir el objetivo de "Gestión sustentable y eficiente de la Energía" para la USM y teniendo en cuenta la comunidad que alberga, responda las siguientes preguntas.

1. Criterios Sociales

Los criterios sociales que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Educación Ambiental

- Investigación e Innovación
- Aceptabilidad Social

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene la generación de EDUCACIÓN AMBIENTAL respecto al incentivo a la INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN que pueda entregar un proyecto?
2. ¿Qué grado de importancia tiene la generación de EDUCACIÓN AMBIENTAL respecto al incentivo a la INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN que pueda entregar un proyecto?
3. ¿Qué grado de importancia tiene el incentivo a la INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN respecto a la ACEPTACIÓN SOCIAL de un proyecto?

2. Criterios Económicos

Los criterios económicos que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Mejora de Imagen Institucional
- Ahorro Económico por Concepto de Energía

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene una MEJORA DE LA IMAGEN INSTITUCIONAL respecto a un AHORRO ECONÓMICO por concepto de energía de un proyecto?

3. Criterios Ambientales

Los criterios ambientales que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Emisión de Gases Efecto Invernadero
- Uso de Recursos Energéticos Renovables

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene la consideración de la EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO antes que la consideración de RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES?

A.2. Encuesta para Alumnos

Estimado Alumno,

El fin de esta encuesta es conocer los criterios que la comunidad USM considera importantes a la hora de seleccionar proyectos conducentes a la gestión sustentable y eficiente de la energía en la institución, objetivo central de la Estrategia Energética Local que Campus Santiago desea implementar. Esperamos tu respuesta y opinión para poder incluirla en la elección de los proyectos y alternativas que se presenten.

Desde ya agradecemos tu participación.

INSTRUCCIONES

En la siguiente encuesta se encuentran los criterios y subcriterios bajo los cuales se medirán los proyectos a los que la estrategia energética pueda optar. Cada criterio se encuentra de la forma "¿Qué tanto más importante es el aspecto X respecto al aspecto Y?", para la cual debe responder en una escala del 1 al 5 de acuerdo a su importancia.

Alternativas:

- 5 veces MÁS importante
- 4 veces MÁS importante
- 3 veces MÁS importante
- 2 veces MÁS importante
- Igual de importante
- 2 veces MENOS importante

- 3 veces MENOS importante
- 4 veces MENOS importante
- 5 veces MENOS importante

Para las preguntas a continuación por favor considerar la siguiente infografía: Figura A.1

Información General

1. ¿Leyó la Infografía mencionada en el apartado anterior?
   a) Sí
   b) No
2. ¿Eres actualmente alumno matriculado de la UTFSM?
   a) Sí
   b) No

Criterios Generales

Para la elección de un proyecto orientado a cumplir el objetivo de "Gestión sustentable y eficiente de la Energía" para la USM y teniendo en cuenta la comunidad que alberga, responda las siguientes preguntas.

Los criterios generales que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Criterios Sociales
- Criterios Ambientales
- Criterios Económicos

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto Ambiental respecto al Económico?

2. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto Ambiental respecto al Social?

3. ¿Qué grado de importancia tiene el aspecto Económico respecto al Social?

Criterios Específicos

Para la elección de un proyecto orientado a cumplir el objetivo de "Gestión sustentable y eficiente de la Energía" para la USM y teniendo en cuenta la comunidad que alberga, responda las siguientes preguntas.

1. Criterios Sociales

Los criterios sociales que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Educación Ambiental
- Investigación e Innovación
- Aceptabilidad Social

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene la generación de EDUCACIÓN AMBIENTAL respecto al incentivo a la INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN que pueda entregar un proyecto?

2. ¿Qué grado de importancia tiene la generación de EDUCACIÓN AMBIENTAL respecto a la ACEPTABILIDAD SOCIAL de un proyecto?

3. ¿Qué grado de importancia tiene el incentivo a la INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN respecto a la ACEPTACIÓN SOCIAL de un proyecto?

2. Criterios Económicos

Los criterios económicos que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Mejora de Imagen Institucional

- Ahorro Económico por Concepto de Energía

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene una MEJORA DE LA IMAGEN INSTITUCIONAL respecto a un AHORRO ECONÓMICO por concepto de energía de un proyecto?

3. Criterios Ambientales

Los criterios ambientales que evaluará entre sí en las siguientes preguntas son:

- Emisión de Gases Efecto Invernadero
- Uso de Recursos Energéticos Renovables

PREGUNTAS

1. ¿Qué grado de importancia tiene la consideración de la EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO antes que la consideración de RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES en un proyecto?

A.2.1. Infografía

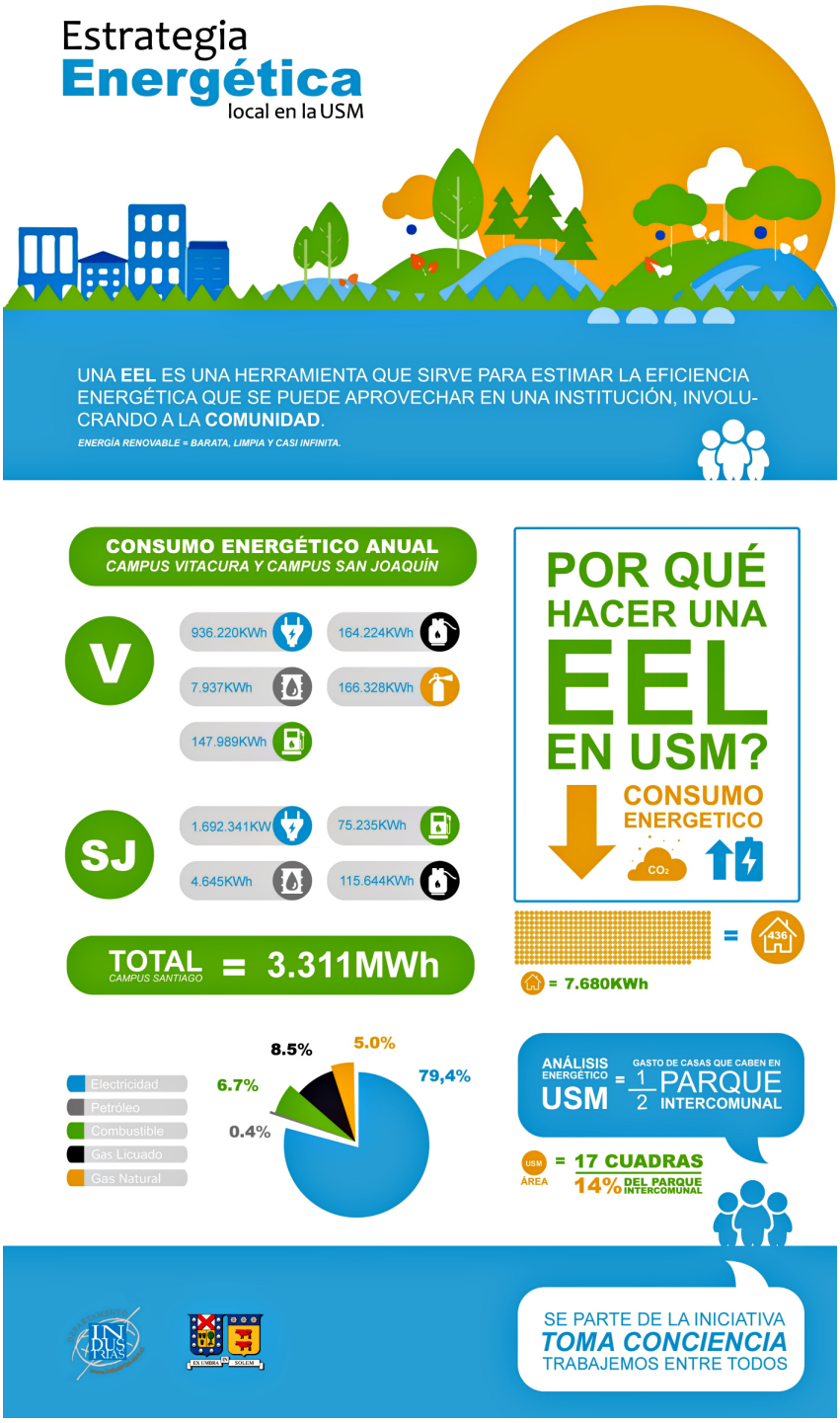


Figura A.1: Infografía insertada en encuestas para Alumnos y Profesores
(Fuente: Elabración Propia)

A.3. Encuesta de Priorización de Proyectos

Encuesta de Priorización de Proyectos
Estrategia Energética Local en la USM

Estimad@, el objetivo de esta encuesta es la evaluación de la cartera de proyectos de la Estrategia Energética (EE) de la USM en base al cumplimiento de criterios ya establecidos que se mostrarán a continuación. Esta evaluación nos ayudará en la jerarquización de las alternativas que hay presentes.

Por favor para responder la encuesta tomar en cuenta los siguientes aspectos.

1. **Objetivo EE en la USM**

Gestionar energía sustentable en la USM.

2. **Cartera de Proyectos**

Los proyectos a evaluar fueron obtenidos a partir del estudio de la situación energética que se vivencia en Campus Santiago, la cual puede consultar en la última página de esta encuesta. Los proyectos se dividen en dos grupos, los cuales se presentan a continuación:

Desarrollo de Políticas Energéticas: Estos proyectos contemplan como objetivo el desarrollo de las políticas energéticas de Campus Santiago debido a que aún se debe trabajar en profundizar las buenas prácticas en materia energética, a pesar de ya existir ciertos compromisos por su participación en el Acuerdo de Producción Limpia "Campus Sustentable"[1]. Las propuestas dentro de este grupo son:

- **Herramienta de Control:** Contempla la implementación de una herramienta de control en las dos sedes del Campus en el que, además de controlar, se pueda realizar un estudio comparativo del uso de la energía para así impulsar el compartir las buenas prácticas en materia energética.
- **Medidores Eléctricos:** Consiste en la instalación de medidores eléctricos por cada edificio de modo que se pueda hacer un seguimiento de los consumos, identificar las áreas de mayor gasto y potenciar la mejora del uso de energía eficientemente al captar qué área necesita más atención.
- **Encargado de Energía:** Se propone la designación de un encargado de energía por Campus que lleve el control de los consumos energéticos.
- **Medición de Consumos:** Consiste en la medición periódica fija de los consumos energéticos de las sedes para poder gestionar mejoras conducentes a una eficiencia energética.

Otros Proyectos: En este grupo los proyectos se incorporan con objetivos individuales a partir de la situación energética del campus.

[1] Acuerdo de Producción Limpia "Campus Sustentable" es un acuerdo establecido por un grupo de universidades (incluida la USM) para llevar a sus instituciones a la sustentabilidad energética.

1

- **Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares:** Debido a las condiciones territoriales que tienen la comuna de San Joaquín y Vitacura y en especial la ubicación que tiene la institución en estas comunas, éstas poseen un alto potencial de poder entregar un nivel de energía conveniente. De este modo, el estudio de la factibilidad daría paso a la incorporación de ERNC a Campus Santiago.
- **Incorporación de la USM al Balance Nacional de Energía:** Este proyecto implica la incorporación de la universidad al reporte de consumos energéticos que alimenten el Balance Nacional de Energía. La incorporación permite dar un paso inicial para una futura postulación a la Certificación Bronce del Sello de Eficiencia Energética que entrega el Ministerio de Energía de Chile.
- **Capacitación del Uso Eficiente de Energía:** Se propone un ciclo de capacitación para profesores, funcionarios y alumnos para el uso eficiente de energía. Este proyecto nace a partir del gran consumo eléctrico que tiene la comunidad en términos de calefacción y acondicionamiento, el cual se podría hacer más eficiente por medio de la educación, la cual crea un uso más responsable.

3. Criterios y preguntas

Los proyectos anteriormente mencionados se deberán evaluar por medio de estos criterios y las preguntas que se presentan en relación a ellos:

A. Criterios Sociales: Se relacionan con el efecto social que produce el proyecto en la comunidad de la USM. Los subcriterios son los siguientes:

A.1. Educación Medioambiental: Indica el nivel de educación ambiental que el proyecto es capaz de entregar por medio de la presencia y ejecución del mismo.

¿Cree usted que la realización de este proyecto aporta con elementos que incentivan y aportan al desarrollo de la educación medioambiental dentro de la USM?

1. El proyecto NO aportará ningún tipo de elementos que permitan educación medioambiental en la comunidad.
2. Valor intermedio
3. El proyecto aportará MEDIANAMENTE elementos que incentiven un desarrollo de educación medioambiental.
4. Valor intermedio
5. El proyecto aportará FUERTEMENTE con varios elementos que incentivan y aportan para un desarrollo de educación medioambiental dentro de la comunidad.

2

A.2. Investigación e Innovación: Se relaciona con el nivel estimado de interés en la investigación e innovación dentro del ámbito medioambiental impulsado por la presencia y ejecución de la alternativa.

¿Cree usted que la realización de este proyecto contribuye e incentiva la investigación e innovación dentro de la USM?

1. El proyecto NO aportará ningún tipo de incentivo para la investigación e innovación.
2. Valor intermedio
3. El proyecto contribuirá MEDIANAMENTE a incentivar la investigación e innovación dentro de la comunidad.
4. Valor intermedio
5. El proyecto contribuirá e incentivará ALTAMENTE la investigación e innovación dentro de la comunidad.

A.3. Aceptabilidad: Toma en cuenta el nivel de aceptación que tiene la alternativa dentro de la comunidad.

¿Cree usted que el proyecto será aceptado por la comunidad de la USM?

1. NO tendrá aceptabilidad social.
2. Valor intermedio
3. Tendrá MEDIANA aceptabilidad social.
4. Valor intermedio
5. Tendrá ALTA aceptabilidad social.

B. Criterios Económicos: Se relacionan con los aspectos económicos que aporta el proyecto en la comunidad de la USM. Los subcriterios son los siguientes:

B.1. Imagen Institucional: Indica el nivel de mejora que tendrá la imagen de la USM por la selección de la alternativa.

¿Cree usted que el proyecto aportará una mejora de la imagen institucional, tanto dentro como fuera de la misma?

1. NO contribuirá a una mejora de la imagen institucional.
2. Valor intermedio
3. Contribuirá MEDIANAMENTE a una mejora de la imagen institucional.
4. Valor intermedio
5. Contribuirá a una ALTA mejora de la imagen institucional.

3

B.2. Ahorro de Energía Convencional: Se relaciona al ahorro monetario que generará el proyecto por la eficiencia del uso de energía que produce.

¿Cree usted que la realización de este proyecto aportará un ahorro en la razón [$/m²]?

1. El proyecto NO contribuirá en ahorro de la razón [$/m²] utilizados.
2. Valor intermedio
3. El proyecto contribuirá MEDIANAMENTE en ahorro de la razón [$/m²] utilizados.
4. Valor intermedio
5. El proyecto contribuirá FUERTEMENTE en ahorro de la razón [$/m²] utilizados.

C. Criterios Ambientales: Se relacionan con los aspectos ambientales que aporta el proyecto a la comunidad de la USM. Los subcriterios son los siguientes:

C.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero: Se relaciona con la variación en la emisión de gases efecto invernadero que proporciona el proyecto.

¿Cree usted que el proyecto aportará a la disminución en la emisión de gases efecto invernadero?

1. La alternativa NO logrará disminuir la emisión de gases efectos invernaderos.
2. Valor intermedio
3. La alternativa logrará disminuir MEDIANAMENTE la emisión de gases efecto invernadero.
4. Valor intermedio
5. La alternativa logrará una ALTA disminución de la emisión de gases efecto invernadero.

C.2. Recursos Energéticos Renovables: Se relaciona el potencial que tiene el proyecto de entregar energía limpia por medio de recursos energéticos renovables.

¿Cuál cree que será el grado de contribución en la cantidad de [KWh] del proyecto?

1. El proyecto NO contribuirá en la cantidad de [KWh] de potencia generada por recursos energéticos renovables en la USM.
2. Valor intermedio
3. Es aquel proyecto que contribuirá MEDIANAMENTE en la cantidad de [KWh] de potencia generada por recursos energéticos renovables en la USM.
4. Valor intermedio
5. El proyecto contribuirá FUERTEMENTE en la cantidad de [KWh] de potencia generada por recursos energéticos renovables en la USM.

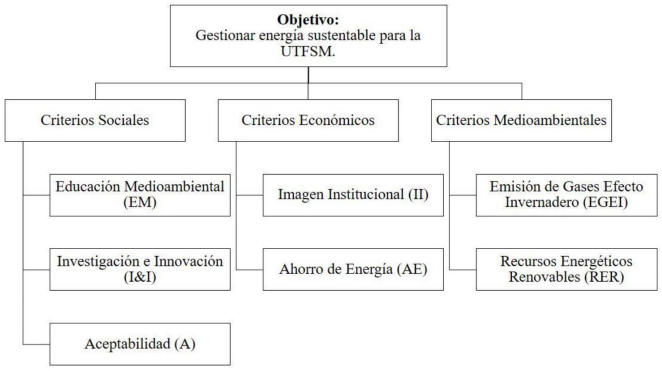
4

A modo resumen, por favor tomar en cuenta lo siguiente:

Proyectos

Grupo	Proyecto
Desarrollo de Políticas Energéticas	Proyecto 1: Herramientas de Control
	Proyecto 2: Medidores Eléctricos
	Proyecto 3: Encargado de Energía
	Proyecto 4: Medición de Consumos
Otros Proyectos	Proyecto 5: Estudio de Factibilidad de implementación de Paneles Solares
	Proyecto 6: Incorporación de la USM al Balance Nacional de Energía
	Proyecto 7: Capacitación del Uso Eficiente de Energía

Criterios



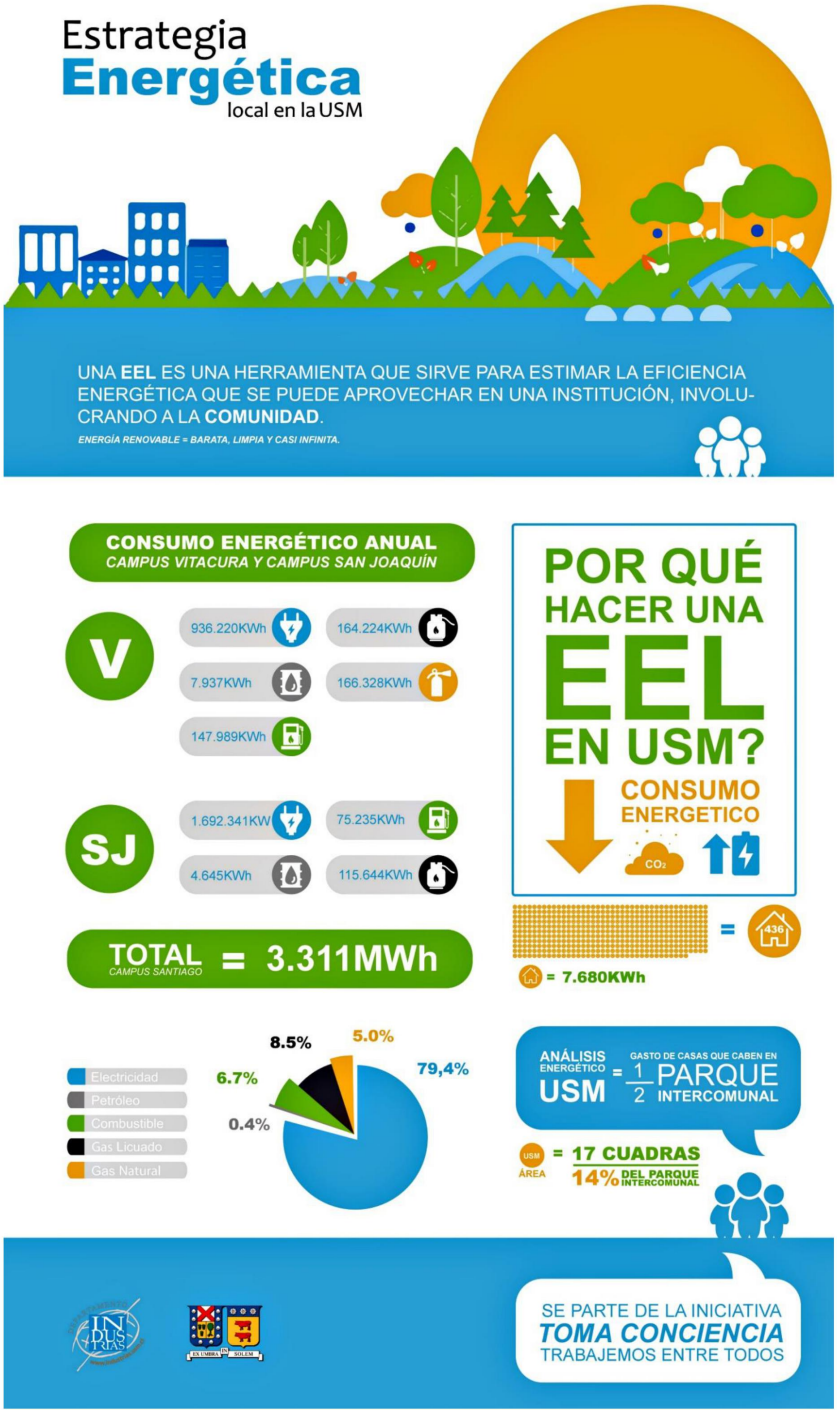
5

INSTRUCCIONES

En la siguiente tabla se presentan los subcriterios a evaluar para cada uno de los proyectos ya mencionados. En la tabla debe llenar las casillas indicando cómo responde cada proyecto a las preguntas de cada criterio, dónde las alternativas se muestran en números del 1 al 5 en el apartado anterior. **No debe dejar ningún espacio en blanco.**

Subcriterio	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7
A.1. Educación Medioambiental							
A.2. Investigación e Innovación							
A.3. Aceptabilidad Social							
B.1. Imagen Institucional							
B.2. Ahorro por Concepto de Energía							
C.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero							
C.2. Recursos Energéticos Renovables							

6


Estrategia
Energética
local en la USM
UNA EEL ES UNA HERRAMIENTA QUE SIRVE PARA ESTIMAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA QUE SE PUEDE APROVECHAR EN UNA INSTITUCIÓN, INVOLUCRANDO A LA COMUNIDAD.
ENERGÍA RENOVABLE = BARATA, LIMPIA Y CASI INFINITA.
CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL
CAMPUS VITACURA Y CAMPUS SAN JOAQUÍN
V
936.220KWh
164.224KWh
7.937KWh
166.328KWh
147.989KWh
SJ
1.692.341KW
75.235KWh
4.645KWh
115.644KWh
TOTAL CAMPUS SANTIAGO = 3.311MWh
POR QUÉ HACER UNA EEL EN USM?
CONSUMO ENERGETICO
CO2
436
= 7.680KWh
Electricidad
Petróleo
Combustible
Gas Licuado
Gas Natural
8.5%
5.0%
79,4%
6.7%
0.4%
ANÁLISIS ENERGÉTICO USM = GASTO DE CASAS QUE CABEN EN 1/2 PARQUE INTERCOMUNAL
USM ÁREA = 17 CUADRAS
14% DEL PARQUE INTERCOMUNAL
SE PARTE DE LA INICIATIVA
TOMA CONCIENCIA
TRABAJEMOS ENTRE TODOS

B | Resultados Encuesta

B.0.1. Encuesta Priorización de Cartera de Proyectos

Tabla B.1: Ponderación de resultados de encuesta con ponderación de criterios

Subcriterio	Proyecto 1	Proyecto 2	Proyecto 3	Proyecto 4	Proyecto 5	Proyecto 6	Proyecto 7
A.1. Educación Medioambiental	0.561	0.374	0.655	0.561	0.593	0.405	0.780
A.2. Investigación e Innovación	0.243	0.260	0.243	0.295	0.364	0.243	0.260
A.3. Aceptabilidad Social	0.230	0.230	0.268	0.242	0.268	0.268	0.306
B.1. Imagen Institucional	0.353	0.333	0.412	0.333	0.431	0.431	0.470
B.2. Ahorro por Concepto de Energía	0.271	0.251	0.334	0.292	0.313	0.230	0.397
C.1. Emisión de Gases Efecto Invernadero	0.529	0.582	0.794	0.582	1.06	0.529	0.847
C.2. Recursos Energéticos Renovables	0.226	0.272	0.272	0.226	1.09	0.226	0.272

(Fuente: Elaboración Propia)