

IDEAS 2015

Diseño de soluciones inclusivas para incrementar la flexibilidad de la red eléctrica en Nicaragua

INFORME DE PROYECTO #1

11 abril 2016



Autores

PELICAN, S.A:
Lâl Marandin

NiuERa, LLC:
Diego Ponce León
Barido

INDICE

DE CONTENIDOS

PRESENTACION DEL PROYECTO 1

Equipo ganador - Nicaragua 2015	1
PELICAN, S.A	1
NiuERa.....	1
UNI	2
El Proyecto de "Respuesta a la demanda"	2
Contexto del proyecto	2
Actividades del proyecto	3

AVANCES DEL PROYECTO 4

Cronograma General de Ejecución	4
Cronograma de ejecución	4
Resultados esperados	5
Ejecución de presupuesto	5
Metodología de selección de participantes	6
Principios de la investigación	6
Metodología de selección	7
Importación de equipos de medición	8

FlexBox	8
Estación meteorológica	10
Selección de participantes	10
Formación de los participantes	12
Instalación de equipos de medición	13

RESULTADOS DEL PROYECTO 14

Línea base social y económica	14
Datos meteorológicos.....	17

* * *

*

Figuras

Figura 1: Lanzamiento del proyecto, 13 enero 2016	2
Figura 2: Ejemplos de componentes de la FlexBox	9
Figura 3: Ubicación de los 7 sectores de participantes del proyecto	11
Figura 4: Equipo instalado en campo	12
Figura 5: Estación meteorológica y grabación de datos instalados en Managua	13
Figura 6: Distribución de consumo energético de los participantes.....	15
Figura 7: Consumo por tipo de usuario y de cargas	16
Figura 8: Consumo energético de los participantes y tarifas	17

Tablas

Tabla 1: Hitos del proyecto	5
Tabla 2: Ejecución actual de presupuesto	5
Tabla 3: Presupuesto total del proyecto	6
Tabla 4: Detalles de los participantes del proyecto	11

* * *

*

PRESENTACION DEL PROYECTO

El Concurso de Innovación Energética (IDEAS) es una iniciativa que busca apoyar el desarrollo de proyectos innovadores que promuevan energía renovable, eficiencia energética, biocombustibles y acceso a la energía en zonas rurales. Esta convocatoria fue lanzada en octubre de 2014. Tras un proceso de selección en el que se consideraron 282 propuestas provenientes de los 26 países miembros prestatarios del BID, fueron seleccionados 6 ganadores en todo el continente, dentro de los cuales estaba el equipo de multidisciplinario de Nicaragua.

EQUIPO GANADOR - NICARAGUA 2015

PELICAN, S.A

PELICAN es una empresa fundada en 2012 en Nicaragua, reuniendo a actores que han estado presentes en el tema de generación y distribución de energía desde hace más de 10 años en Nicaragua. Actualmente la empresa interviene en diversos temas públicos y privados en términos de energía renovable y eficiencia energética. PELICAN es el enlace nicaragüense del equipo de NIUERA y brinda apoyo operacional al proyecto.

NiuERa

NiuERa es una compañía fundada en el 2015 en California, EUA. NiuERa trabaja en el desarrollo de redes inteligentes de bajo costo, sistemas inteligentes para recolección de datos, y creación de conocimiento automatizado en la nube. NiuERa actualmente tiene proyectos piloto en Nicaragua y México, y desarrollo análisis de tecnología y análisis de datos para diferentes organismos relacionados al agua y la energía en México y Centroamérica. NiuERa realizará

también el análisis de datos (modelo de control y desarrollo de algoritmos) y brindará apoyo computacional del proyecto. (NiuERa.co)

UNI

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) brindará apoyo técnico en Nicaragua y estará a cargo de la formación de capacidades dentro de la iniciativa de 'Redes inteligentes'.



Figura 1: Lanzamiento del proyecto, 13 enero 2016

En la foto: Diego Ponce de León (NiuERa), Allan Cruz Quintero (PELICAN, S.A.), Carlos N. Melo, Representante del BID en Nicaragua y Miguel Díaz Reynoso, Embajador de México en Nicaragua / Foto: Lâl Marandin, 2016

EL PROYECTO DE "RESPUESTA A LA DEMANDA"

Contexto del proyecto

Nicaragua quiere producir más de 90% de su electricidad en base a fuentes renovables en los próximos años. En el 2015, Nicaragua produjo más del 20% de su electricidad proveniente de energía eólica. El viento es una fuente intermitente y variable que introduce incertidumbre a la administración del sistema eléctrico nicaragüense. El objetivo del proyecto ganador de "Respuesta a la demanda" (RD) es demostrar que cargas flexibles de frío son una estrategia costo-efectiva para estabilizar la red y bajar la tarifa eléctrica. La meta del proyecto es de demostrar que estas tecnologías de punta ya pueden ser utilizadas en Nicaragua y pueden ayudar a resolver el problema de coincidencia entre oferta y demanda eléctrica.

Actividades del proyecto

El Proyecto de RD invitó a participar a 20 microempresas (MIPYMEs) con grandes cargas de refrigeración (refrigeradoras y congeladoras) como carnicerías, ventas de lácteos, pulperías, y 10 hogares de diferentes barrios en Managua. Las empresas fueron seleccionadas al azar de una nicho de 300 empresas en barrios de mediano-bajo ingresos de Managua. Las empresas seleccionadas ya recibieron un "kit de flexibilidad energética" y se está realizando mediciones del uso de las cargas de frío y actividades de seguimiento.

Los resultados esperados de este proyecto contribuirán al ahorro en electricidad de los usuarios participantes pero también a crear un nuevo mercado en Nicaragua donde cada consumidor pueda contribuir y ser retribuido por ayudar a mejorar a administrar la red eléctrica; y también a reducir las emisiones de GEI del país

* * *

*

AVANCES DEL PROYECTO

CRONOGRAMA GENERAL DE EJECUCIÓN

Cronograma de ejecución

En enero de 2015 NiuERa empezó actividades de campo tomando en cuenta el contexto social de la ciudad de Managua, realizó encuestas, entrenó a enumeradores, y empezó el análisis de datos de la primera línea de base. De la misma manera, NiuERa empezó a pensar en el diseño de tecnología y su implementación para el contexto específico y cultural de Nicaragua. En abril del 2015 los integrantes del equipo de proyecto: PELICAN, S.A – NiuERa – UNI empezaron a negociar un contrato.

En Abril y Mayo se realizaron varias actividades de consultas legales, coordinación del consorcio de equipo, actividades de campo para la preparación del proyecto, y movilización de investigadores para selección de participantes. En Junio, Julio y Agosto el equipo NiuERa, PELICAN, y UNI continuo con el trabajo de campo y se empezó la implementación del proyecto junto a la selección de participantes. A partir de estas actividades de coordinación, se procedió a diseñar y comprar los equipos, y movilizar a técnicos para la preparar fase de instalación.

A partir de la firma del convenio en enero del 2016, se aceleró la ejecución con las siguientes actividades:

- *Compra de los equipos "FlexBox"*
- *Compra de equipos de comunicación (modems)*
- *Compra de contratos 3G de data (Claro)*
- *Instalación de equipos*

- *Calibración de equipos y seguimiento técnico*
- *Enlace social y seguimiento a los participantes*

Resultados esperados

Hito	Productos	Fecha	Estatus
1	Firma de contrato	Diciembre 2015	Realizado
2	Informe de Avances #1: <ul style="list-style-type: none"> - Selección de participantes - Instalación de equipos - Instalación de estación meteorológica - Línea de base de participantes 	Abril 2016	El presente Informe

Tabla 1: Hitos del proyecto

Ejecución de presupuesto

A continuación presentamos un resumen de la ejecución de fondos para la realización del proyecto con fecha del 31 de marzo 2016:

Tipo de gasto	BID (US\$)	PELICAN / NiuERa (US\$)	Total (US\$)
Recursos humanos		-30,000	
Costos de viajes		-5,000	
Equipos	-2,500		
Otros costos directos	-7,500	-22,500	
Auditoría			
Otros costos indirectos		-7,500	
Total	-10,000	-65,000	-75,000

Tabla 2: Ejecución actual de presupuesto

El presupuesto del proyecto total del proyecto se enseña a continuación:

Tipo de gasto	BID (US\$)	PELICAN / NiuERa (US\$)	Total (US\$)
Recursos humanos	25,000	30,000	55,000
Costos de viajes	15,000	5,000	20,000
Equipos	35,000		35,000
Otros costos directos	7,500	\$22,500	30,000
Auditoría	5,000		5,000
Otros costos indirectos	12,500	7,500	20,000
Total	100,000	\$65,000	165,00
<i>Firma del contrato</i>	<i>-10,000</i>	<i>-65,000</i>	<i>-75,000</i>
<i>Situación al 31/03/2016</i>	<i>90,000</i>	<i>0</i>	<i>90,000</i>

Tabla 3: Presupuesto total del proyecto

METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE PARTICIPANTES

Principios de la investigación

Los principios filosóficos que guiaron el diseño de la encuesta tuvieron que alinearse con los principios y derechos establecidos por el comité internacional para la protección de los sujetos humanos en relación a la investigación académica (Committee for the Protection of Human Subjects), los cuales estipulan que: *"al llevar a cabo la investigación con sujetos humanos en un entorno internacional, los investigadores deben considerar no sólo las normas éticas y regulatorias aplicadas a la investigación nacional, sino también a las normas éticas y regulatorias del entorno en el que se llevará a cabo la investigación. Los investigadores son responsables de prestar especial atención a las leyes locales, la cultura, la tradición y el idioma, así como con el clima político y social actual. Deben cumplir con las leyes pertinentes que protegen a los sujetos humanos en el país de acogida, así como los requisitos*

para la aprobación del IRB¹ local. Los investigadores deben considerar asociarse con investigadores locales con el fin de asegurar la comprensión del contexto y las regulaciones locales."

Adicionalmente, se implementaron salvaguardas basados en los principios del Informe Belmont, 1979 (<http://www.hhs.gov/ohrp/policy/belmont.html>) que incluyen:

- *Respeto a las personas*
- *Beneficiar a los participantes*
- *Equidad en el tratamiento y recompensas*
- *Consentimiento con suficiente información*
- *Comprensión de la investigación propuesta*
- *Participación voluntaria*
- *Comprensión de los riesgos*
- *Selección equitativa*

Metodología de selección

A partir de enero de 2015, NiuERa entrenó a tres estudiantes de economía de la UCA en el uso de la plataforma de Open Data Kit para inspeccionar 230 micro-empresas (MEs) en Managua. También se trabajó con un economista de la UCA para asegurar que no hubiera sesgo en las encuestas y que se estuvieran muestreando áreas de las ciudades con la mayor similaridad socio-demográfica posible.

Las 230 MEs fueron seleccionadas al azar de diferentes partes de la ciudad con características sociodemográficas similares.

¹ Institutional Review Board, el cual tiene función de comité de supervisión de ética - ver (<http://cphs.berkeley.edu/international.html>).

IMPORTACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

Para la realización de la investigación, era necesaria la importación a Nicaragua de varios equipos especializados de medición. Entre ellos, los más importantes fueron los equipos de medición y grabación de consumo (FlexBox) y una estación de mediciones meteorológicas completa.

FlexBox

El FlexBox está diseñado para la recolección de datos para equipos de refrigeración y aire acondicionado para hogares y micro-empresas. En esta sección se discuten los principios de operación, la implementación de hardware y software, y las pruebas de laboratorio que se realizaron antes de la implementación de la tecnología en el campo.

Equipo: el procesamiento y almacenamiento de datos del equipo FlexBox es administrado por un procesador de tipo Raspberry Pi B+, el cual ofrece un entorno de desarrollo y conjunto de características familiares para todos los investigadores (UC Berkeley y UNI), equipado con una tarjeta microSD de almacenamiento integrado para la recolección de datos. El equipo se comunica a través de wi-fi, Z-wave, y 4 puertos USB los cuales pueden incluir un modem USB Huaewi E3531 3G. Hay 7 sensores utilizados en cada FlexBox. El diseño actual contiene:

- *dos sensores de temperatura de tipo DS18B20 impermeables (situados en el interior del refrigerador),*
- *un sensor de temperatura de ambiente de tipo DHT22,*
- *un sensor de humedad para supervisar el entorno fuera de la nevera,*
- *un sensor de accionamiento magnético para monitorear las aperturas del equipo de refrigeración,*
- *un dispositivo Ubiquiti mPower para controlar el refrigerador y monitorea su consumo de energía y*
- *un medidor de energía de pito Aeotec para monitorear el consumo de energía de la casa (situado en el panel de servicio eléctrico).*

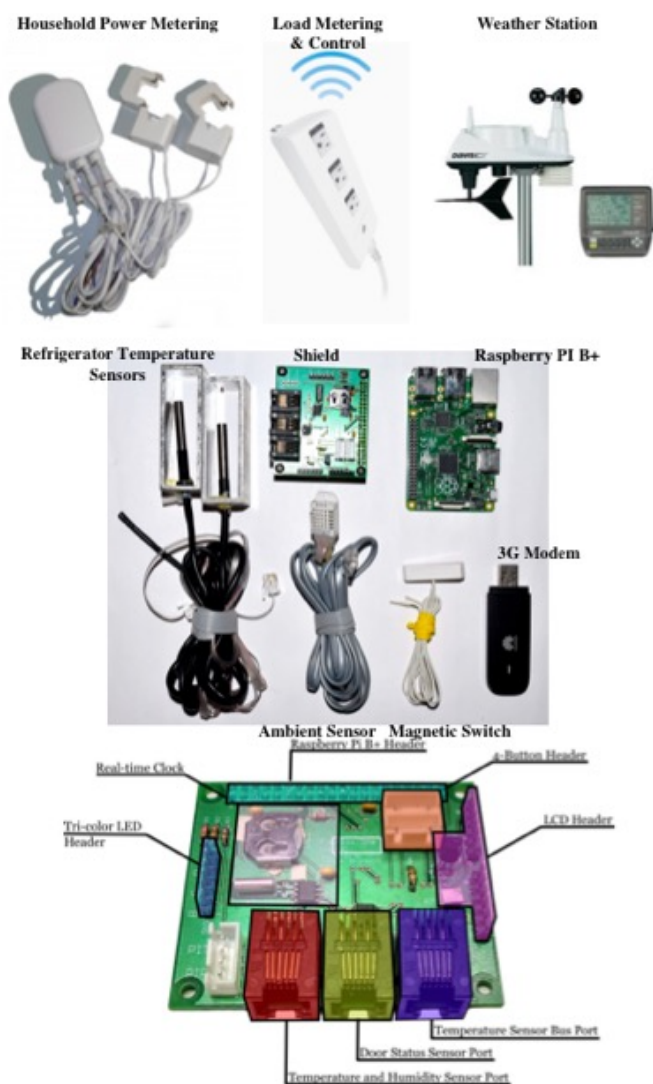


Figura 2: Ejemplos de componentes de la FlexBox

Fuente: Diego Ponce

Programación del equipo: el procesador Raspberry Pi B+ contiene el sistema operativo Raspbian Wheezy. Todo el software se implementa en Python y todos los datos se almacenan en una base de datos PostgreSQL. El Raspberry Pi B+ actúa como punto de acceso Wi-Fi con el fin de comunicarse con el sensor Ubiquiti mPower. Este punto de acceso también permite a los usuarios conectarse más fácilmente a la FlexBox para el diagnóstico y la recopilación de datos. Los valores de los sensores de temperatura y de los interruptores son accesibles directamente a través de los puertos GPIO en el Raspberry Pi B+. Todos los sensores de temperatura vienen con un paquete de datos Python que se utiliza para acceder a sus valores de temperatura y del ambiente.

El medidor de energía Inicio Aeotec se comunica con el Raspberry Pi+ via un protocolo de comunicación inalámbrica llamado Z-Wave. Un repositorio de código abierto llamado python-openzwave sirve para acceder a la tensión, corriente, potencia, factor de potencia y valores de energía del medidor. El paquete Python paramiko se utiliza para comunicarse con el sensor Ubiquiti a través de WiFi via un Secure Shell (SSH,) midiendo valores del refrigerador como lo son la corriente, potencia, factor de potencia y valores de energía.

Estación meteorológica

Con respecto a la estación meteorológica, se seleccionó un equipo que tenía la posibilidad de medir, registrar y comunicar a un servidor los datos siguientes : temperatura, humedad, precipitación y radiación solar. NiuERa instaló el equipo en las oficinas de PELICAN, S.A. en el barrio El Dorado de Managua.

SELECCIÓN DE PARTICIPANTES

En enero de 2015 NiuERa llevó a cabo el primer levantamiento de información. No obstante para realizar dicho levantamiento se tuvieron que definir los sectores dentro de Managua donde se iba a trabajar. Para la selección de dichos sectores un aspecto a considerar fue que estos compartieran características socioeconómicas similares, además que fueran lugares seguros. En la Figura 1 se muestran los 7 sectores donde se trabajó. Una vez seleccionado los sectores, se procedió hacer un reconocimiento de los lugares y a ubicar las diferentes microempresas, cuando estas se tenía ubicadas, se trató de visitarlas a todas o la mayor parte posible. Luego de este levantamiento de información, se realizó otro entre junio/julio 2015, donde se escogieron microempresas que habían participado anteriormente. Además en este nuevo levantamiento se incluyeron viviendas, siempre dentro de los 7 sectores seleccionados. El proceso de selección de las viviendas fue al azar. Por favor hacer referencia a la Figura 3.

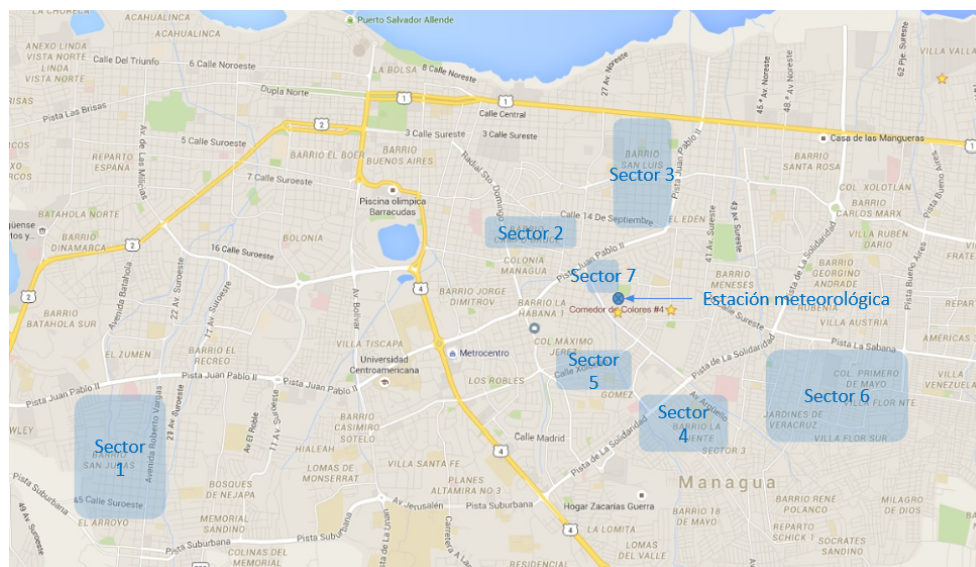


Figura 3: Ubicación de los 7 sectores de participantes del proyecto

Fuente: PELICAN, S.A. / NiuERa

A continuación se presenta un detalle de los sitios investigados y la cantidad de viviendas y microempresas por sector:

Ubicación de la encuesta / Tipo	Viviendas	Micro-empresas
Sector 1	1	1
Sector 2	2	2
Sector 3	2	1
Sector 4		2
Sector 5	3	4
Sector 6		2
Sector 7	1	1

Tabla 4: Detalles de los participantes del proyecto

Fuente: PELICAN, S.A. / NiuERa

FORMACIÓN DE LOS PARTICIPANTES

El primer levantamiento de información permitió al equipo establecer el primer contacto con los participantes, luego que se regreso a las microempresas en junio de 2015, fue un poco más fácil que ellos accedieran a participar. Es importante aclarar que el proceso en las viviendas fue un poco más difícil, ya que las microempresas ya habían participado en la primera encuesta, mientras que las viviendas se visitaron en la segunda encuesta. Una vez seleccionada las viviendas el proceso que se siguió fue similar.

Durante el segundo levantamiento se les explicó a los participantes que habían sido seleccionados para participar dentro de un estudio e instalarles un equipo de medición del consumo de energía, aclarando que esto sería beneficioso para ellos, ya que permitiría buscar estrategias para reducir su gasto eléctrico y contribuir a la matriz de energía renovable del país.



Figura 4: Equipo instalado en campo

Fuente: NiuERa

Además se les comentó que si participaban tendrían la posibilidad de ser el ganador de una rifa al final del proyecto. Después de mencionarles todo lo anterior se les preguntaba si estarían dispuestos a participar y permitir la instalación de los equipos. Las respuestas en su mayor parte fueron positivas.

INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

Entre julio de 2015 y febrero del 2016, se llevaron a cabo las instalaciones de los equipos de medición. Luego que se seleccionaron las microempresas y viviendas, se realizó una visita a todos para acordar un día y hora que podían recibir al equipo de trabajo para hacer las respectivas instalaciones. En promedio, una instalación duraba una hora y se hacían 5 por día.

Una vez los equipos instalados, se procedió a explicar a los participantes el manejo que se le debía dar a estos para que realizaran las mediciones de la manera adecuada. Un punto a destacar, es que los participantes recibieron muy bien al equipo y se mostraron dispuestos a apoyar.



Figura 5: Estación meteorológica y grabación de datos instalados en Managua

Fuente: PELICAN, S.A. / NiuERa

* * *

*

RESULTADOS DEL PROYECTO

Línea base social y económica

Datos socios económicos

Dentro de las 219 microempresas (MEs) que fueron entrevistadas, 212 aceptaron participar en la encuesta mientras 7 se negaron a participar. La mayoría de los entrevistados eran los propios dueños de su empresa (195 MEs o 91%), mientras que el resto eran empleados. La duración promedio de tenencia de la propiedad de una ME es de quince años (la más corta era de 1 mes años de edad y la máxima de 50 años), con una edad promedio de las personas que trabajan ellas de cuarenta y seis años de edad (la persona más joven tenía 16 años de edad, y la más antigua 80). La mayoría de los encuestados eran mujeres (67%), y más de la mitad (58%) de los entrevistados tenía completado cualquiera de los dos últimos años de la escuela secundaria o la universidad. Las tiendas de estilo familiar (con grandes cargas de enfriamiento) son los más predominantes dentro de la muestra: venden una amplia variedad de productos en sus congeladores (leche y queso, bebidas, carnes, y otros), seguido de pequeños mercados, y de los mercados de pescado. Para la mayoría de los entrevistados (82%), la ME es su principal fuente de ingresos, con otros que tienen otro trabajo (13%) como su principal fuente de ingresos, seguido por las remesas provenientes de los Estados Unidos (5%).

Datos energéticos

Para todos los entrevistados (100%), la electricidad es la principal fuente de energía, y el gas licuado de petróleo (GLP) la secundaria (80%). Los patrones de consumo de electricidad auto-reportados sugieren que la mayoría de las

micro empresas utilizan su energía eléctrica "normalmente": encienden sus aparatos en la mañana y los apagan por la noche, seguido por un patrón de comportamiento donde la electricidad se consume principalmente sólo durante el día (o la noche), y finalmente solo desde muy noche hasta la mañana temprano. Aunque los patrones de consumo de la electricidad varían a través de las ME, existe una tendencia clara hacia una estacionalidad del consumo de electricidad (67%), con la mayoría (93%) de MEs que sugieren que el verano (meses de noviembre a abril) es la época del año, con las tasas más altas de consumo de electricidad. Porque este estudio tiene la meta principal de investigar el potencial de respuesta de la demanda de cargas termostáticas en refrigeradores todos los MEs encuestados tenían refrigeradores (100%). A parte de ellos, las siguientes cargas más populares eran: iluminación (96%), teléfonos celulares (94%), televisores (75%), ventiladores (63%) y radios (53%). Había más MEs con acceso a Internet que con dispositivos de aire acondicionado (A/C).

En promedio cada ME contaba con 1.8 refrigeradores, con más de la mitad contando con al menos un refrigerador (111 MES o 52%), seguido de casos con dos refrigeradores (63 MES o 29%).

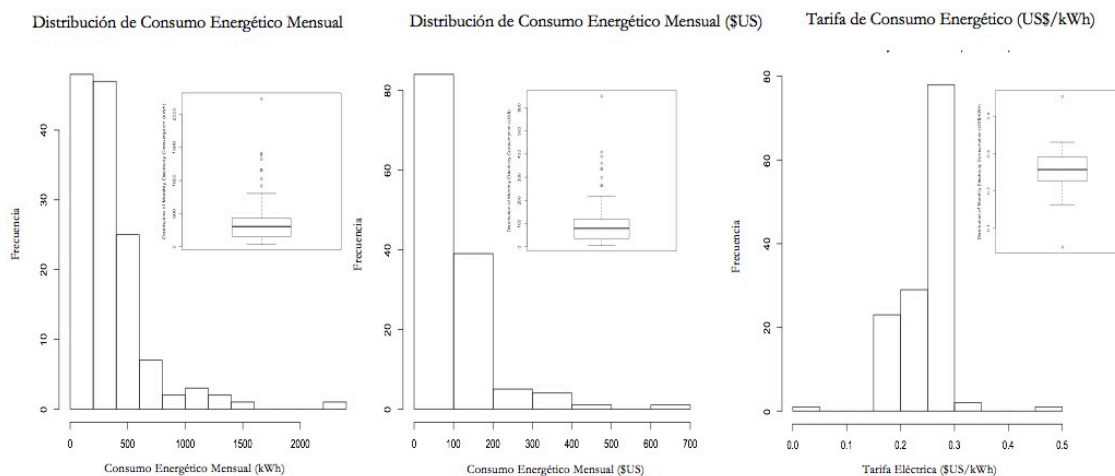


Figura 6: Distribución de consumo energético de los participantes

Fuente: NiuERa

Uso del refrigerador

La mayoría de las ME (71% o 152 ME) que poseen un refrigerador escogen de apagarlo en algún momento durante el día. Las respuestas disponibles (razones) para apagar el refrigerador incluyen: el ahorro de electricidad, costos, "porque está sobrecalentado", o "porque hacía mucho ruido". Los encuestados tuvieron la oportunidad de responder a múltiples respuestas (las respuestas eran no exclusivas) y las más populares incluían apagar el refrigerador para el ahorro de electricidad (122 MES o 57%), o los costos (90 o ME42%). Esto podría reflejar que la gran mayoría de las ME que respondieron a nuestras preguntas estaban trabajando activamente en el ahorro de electricidad y tenían una comprensión inmediata que esto podría reflejarse en ahorros.

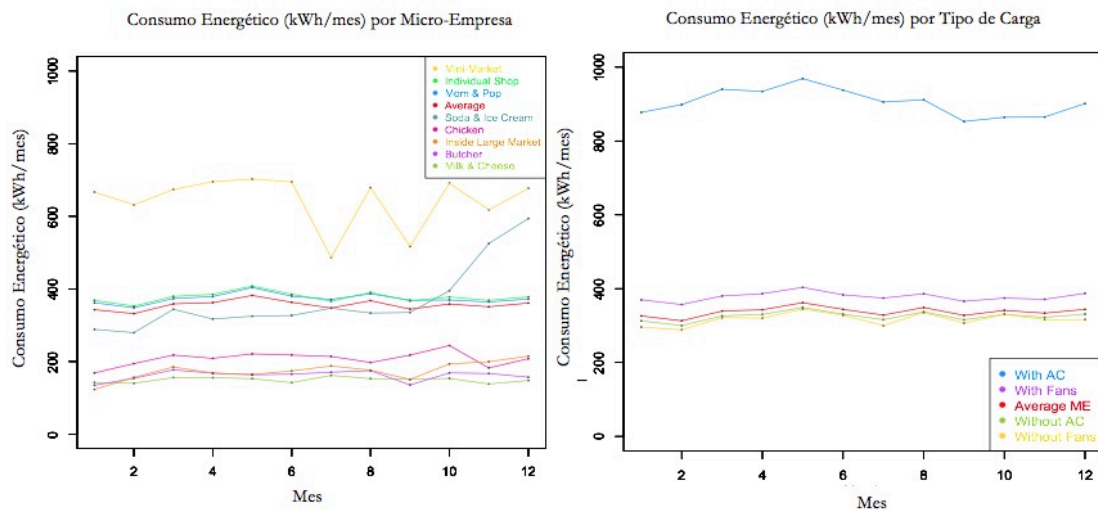


Figura 7: Consumo por tipo de usuario y de cargas

Fuente: NiuERa

Costos energéticos

La mayoría de las ME (186 MES o 87%) reportó que la electricidad era su costo o gasto primario, los otros siendo: el pago a los empleados, préstamos, transporte, alquiler, impuestos y otras compras. Los costos o gastos secundarios fueron principalmente relacionados a personal y los costos terciarios fueron impulsados por los gastos relacionados con las facturas de agua y los impuestos. Cuando se les preguntó sobre los gastos mensuales de electricidad, el promedio fue de US \$346/mes (min: US \$ 1.78/mes, máximo: US\$ 5,961). El gasto medio dentro de las MEs fue de US\$696/mes.

Del mismo modo, cuando se le preguntó sobre los gastos de electricidad mensuales, la percepción subjetiva del promedio fue de US\$ 96/mes (min: US

\$ 5.9/mes, máximo: US \$ 961/mes), con el valor medio es de US\$ 139/mes. Es importante tomar en cuenta que todos estos valores son auto-reportados. Utilizando el valor promedio, los costos de electricidad son aproximadamente un tercio de los gastos totales mensuales de las MEs.

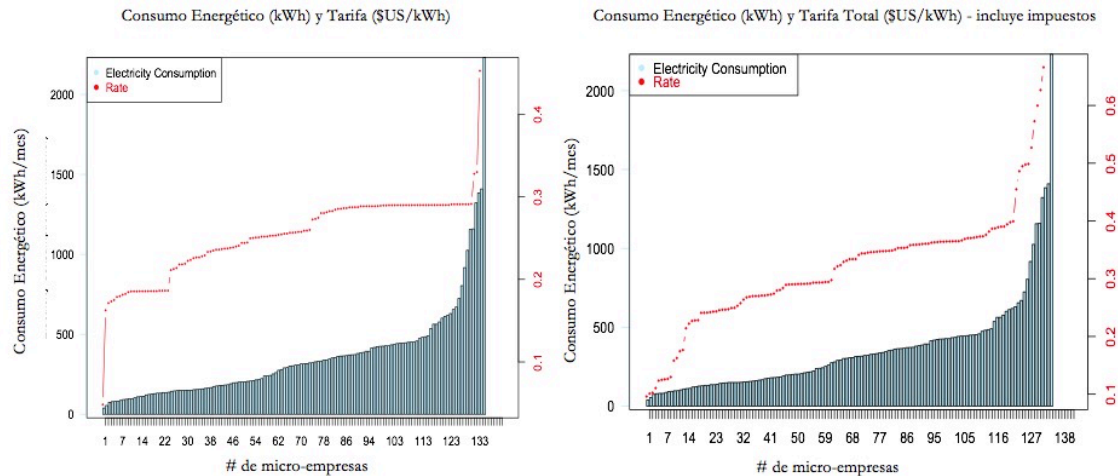


Figura 8: Consumo energético de los participantes y tarifas

Fuente: NiuERA

Datos meteorológicos

Los datos analizados serán compartidos en el próximo Informe.

* * *

*