



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi reconocimiento y gratitud a todas aquellas personas que han hecho posible la realización del presente Trabajo de Fin de Grado:

En primer lugar agradecer a mi tutor Miguel Arnal el apoyo en este proyecto que comenzábamos de cero. Por acompañarme antes, durante y después de mi estancia en República Dominicana.

Por supuesto reconocer el trabajo de todo el equipo del PPS y Guakía Ambiente, en especial agradezco a Ángel Mella por acompañarme durante toda la travesía y Michela Izzo por el soporte proporcionado.

Mi agradecimiento a los responsables de las comunidades rurales que visité, los cuales me atendieron para resolver mis dudas y me hicieron sentir como en casa.

A todos mis amigos de República Dominicana que hicieron que mi estancia de 6 meses pasara velozmente y de la mejor forma posible.

Reconocer al Centro de Cooperación al Desarrollo de la UPV su gran labor y que me diera la oportunidad de disfrutar de una beca Meridies la cual me ha permitido exponer este trabajo.

A todas las personas que han creído en mí durante mi paso por la universidad, me han enseñado el significado de las palabras esfuerzo y constancia y han estado apoyándome siempre que lo he necesitado.

RESUMEN

El suministro de electricidad es un problema estructural en República Dominicana, por ello es necesario determinar soluciones que palién la falta de servicio en algunos hogares. Más del 5% de las familias que viven en áreas rurales no disponen de electricidad, en muchos casos, viviendo en condiciones de pobreza.

La isla Hispaniola, formada por República Dominicana y Haití, posee unas condiciones geográficas y climáticas adecuadas para el aprovechamiento de fuentes renovables. Es por ello que el Programa de Pequeños Subsidios del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (PPS-SGP-FMAM) de la República Dominicana apuesta por la generación hidroeléctrica a micro escala.

Los sistemas que el PPS-SGP implementa se financian con fondos no reembolsables y centrados en el trabajo comunitario, lo cual proporciona electricidad a las comunidades rurales de una forma muy económica, a la vez que comprometida con el medio ambiente. Una solución muy favorable para las comunidades que sufren el problema eléctrico del país.

El PPS realiza cursos formativos previos para los técnicos comunitarios que se encargarán de dar el mantenimiento y reparar el sistema de su comunidad, pero en ocasiones esto puede resultar insuficiente y puede incurrir en una falta de mantenimiento que perjudique a la maquinaria. Por este motivo se han evaluado 31 sistemas micro hidroeléctricos para determinar qué aspectos de su gestión y mantenimiento se pueden mejorar.

Por otro lado, se han analizado cada una de las cuencas hidrográficas que suministran caudal a las 31 turbinas. Con dicho análisis se determinará si la calidad del agua favorece ciertos problemas en el funcionamiento de los sistemas, principalmente de las resistencias. Esta es la parte más vulnerable, dada su función, y cambiarlas asiduamente conlleva un elevado gasto económico. Es por ello que se estudiará cada caso para proponer soluciones alternativas que eviten el desembolso económico continuo que algunas comunidades realizan.

Palabras clave: electricidad, gestión comunitaria, sistemas micro hidroeléctricos, turbina, mantenimiento, parámetros fisicoquímicos, calidad del agua, acciones locales, medio ambiente, República Dominicana.

RESUM

El subministrament d'electricitat és un problema estructural en República Dominicana, per això és necessari determinar solucions que pal·lien la falta de servici en algunes llars. Més del 5% de les famílies que viuen en àrees rurals no disposen d'electricitat, en molts casos, vivint en condicions de pobresa.

L'illa Hispaniola, formada per la República Dominicana i Haití, posseeix unes condicions geogràfiques i climàtiques adequades per a l'aprofitament de fonts renovables. És per això que el Programa de Xicotets Subsidis del Fons per al Medi Ambient Mundial (PPS-SGP-FMAM) de la República Dominicana aposta per la generació hidroelèctrica a micro escala.

Els sistemes que el PPS-SGP implementa es financen amb fons no reembossables i centrats en el treball comunitari, la qual cosa proporciona electricitat a les comunitats rurals d'una forma molt econòmica, al mateix temps que compromesa amb el medi ambient. Una solució molt favorable per a les comunitats que patixen el problema elèctric del país.

El PPS-SGP realitza cursos formatius previs per als tècnics comunitaris que s'encarregaran de donar el manteniment i suport al sistema de la seua comunitat, però de vegades açò pot ser insuficient i incórrer en una falta de manteniment que perjudique la maquinària. És per això que s'han avaluat 31 sistemes micro hidroelèctrics per a determinar quins aspectes de la seua gestió i manteniment es poden millorar.

D'altra banda, s'han analitzat cadascuna de les conques hidrogràfiques que subministren cabal a les 31 turbines. Amb aquest anàlisi es determinarà si la qualitat de l'aigua afavorix alguns problemes en el funcionament dels sistemes, principalment les resistències. Aquesta es la part més vulnerable, segons la seua funció, i canviar-les constantment suposa una elevada despesa econòmica. És per això que s'estudiarà cada cas per poder proposar solucions alternatives que eviten el desembossament econòmic continu que algunes comunitats realitzen.

Paraules clau: electricitat, gestió comunitària, sistemes micro hidroelèctrics, turbina, manteniment, paràmetres fisicoquímics, qualitat de l'aigua, accions locals, medi ambient, República Dominicana.

ABSTRACT

The supply of electricity is a structural problem in the Dominican Republic, so it is necessary to determine solutions that alleviate the lack of service in some homes. More than 5% of families living in rural areas do not have access to electricity, in many cases, living in poverty.

The island of Hispaniola, formed by the Dominican Republic and Haiti, has appropriate geographic and climatic conditions for the use of renewable sources. That is why the Small Subsidies Program of the World Environment Fund (PPS-GEF) of the Dominican Republic is committed to hydroelectric generation on a micro scale.

The systems that PPS implements are financed with non-reimbursable funds and focused on community work, which provides electricity to rural communities in a very economical way, while being committed to the environment. A very favourable solution for the communities that suffer from the country's electricity problem.

PPS manages previous training courses for community technicians who will be responsible of maintaining and repairing their community system, but sometimes this is insufficient and may incur a lack of maintenance that damages the machine. That is why 31 micro hydroelectric systems have been evaluated to determine which aspects of their management and maintenance can be improved.

On the other hand, all of rivers that supply flow to the 31 turbines have been analysed. This analysis will determine if the studied water can favour some problems in the operation of the micro-plants, mainly the resistances, since they are the most vulnerable part of the system and to change them assiduously entails a great economic expense for the rural communities.

Every system will be studied to propose alternative solutions that avoid the economic disbursement made by the communities for the change of parts affected by water quality.

Keywords: electricity, community management, micro hydroelectric systems, turbine, maintenance, physicochemical parameters, water quality, local actions, environment, Dominican Republic.

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG:

DOCUMENTO I: MEMORIA

DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

DOCUMENTO III: ANEXOS

ÍNDICE DE LA MEMORIA:

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. ENTORNO EN REPÚBLICA DOMINICANA.....	5
1.1.1. Entorno social y económico	6
1.1.2. Entorno medioambiental	6
1.1.3. Entorno energético.....	6
1.2. PROGRAMA DE PEQUEÑOS SUBSIDIOS.....	7
1.2.1. Formación de la Organización y función en el país	7
1.2.2. Áreas temáticas	7
1.2.3. Factores necesarios para realizar un proyecto micro hidroeléctrico.....	8
1.3. SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS COMUNITARIOS	8
1.3.1. Motivación.....	8
1.3.2. Funcionamiento.....	8
1.3.3. Gestión comunitaria del sistema.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. METODOLOGÍA.....	15
3.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS A ESTUDIAR.....	17
3.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA	17
3.3. GESTIÓN DE DATOS RECOGIDOS.....	19
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
3.5. FORMULAR MEJORAS Y SOLUCIONES A LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS	22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS	23
4.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA	25
4.3. GESTIÓN DE DATOS Y DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE AVERÍA	28
4.4. DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE AVERÍA SEGÚN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES	31
4.5. RECOMENDACIONES Y MEJORAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS.....	35
4.5.1. Soluciones según el tipo de calentador.....	36
4.5.2. Soluciones para una menor producción de energía.....	39
4.5.3. Soluciones para el aprovechamiento de la energía producida en exceso	40
5. CONCLUSIONES	42
6. BIBLIOGRAFÍA	43

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO:

- 1. CAPÍTULO 1: COSTES DE INGENIERÍA 5
- 2. CAPÍTULO 2: COSTES DE DESPLAZAMIENTO 5
- 3. CAPÍTULO 3: COSTES DE ANÁLISIS..... 6
- 4. CAPÍTULO 4: COSTES POR AMORTIZACIÓN..... 6
- 5. COSTES TOTALES 7

ÍNDICE DE LOS ANEXOS:

1. HOJAS DE DATOS 5

ÍNDICE DE TABLAS:

· DOCUMENTO I: MEMORIA

Tabla 1: Ejemplo de parámetros fisicoquímicos según los datos recogidos en el estudio	19
Tabla 2: Ejemplo de variables de funcionamiento según los datos recogidos en el estudio	19
Tabla 3: Tabla de contingencia con dos variables categóricas	20
Tabla 4: Tabla de la distribución chi-cuadrado	22
Tabla 5: Coordenadas de los sistemas MHE introducidas en el software QGIS	24
Tabla 6: Datos obtenidos <i>in situ</i>	26
Tabla 7: Datos analizados por el laboratorio	27
Tabla 8: Variables sobre el funcionamiento del sistema MHE	30
Tabla 9: Tabla de contingencia para las variables "problema resistencias" y "presencia caliza"	31
Tabla 10: Posibles combinaciones de frecuencias para las variables "presencia de caliza" y "problema con las resistencias"	32
Tabla 11: Tabla de contingencia para las variables "problema resistencias" y "orientación calentador"	32
Tabla 12: Posibles combinaciones de frecuencias para las variables "orientación calentador" y "problema resistencias"	33
Tabla 13: Distribución Chi-cuadrado para las variables "problema resistencias" y "circulación de agua"	33
Tabla 14: Distribución Chi-cuadrado para las variables "problema resistencias" y "ubicación en zona de presión"	34

· DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

Tabla 15: Costes de recursos humanos	5
Tabla 16: Costes de desplazamiento	5
Tabla 17: Costes de análisis	6

Tabla 18: Costes del instrumental sujeto a amortización	6
---	---

Tabla 19: Costes totales	7
--------------------------------	---

• DOCUMENTO III: ANEXOS

Tabla 20: Formulario para recoger los datos necesarios en la visita a los sistemas MHE	5
--	---

Tabla 21: Ficha resumen tras la visita a Arroyo Majagua.....	6
--	---

Tabla 22: Ficha resumen tras la visita a El Recodo.....	7
---	---

Tabla 23: Ficha resumen tras la visita a La Bocaina	8
---	---

Tabla 24: Ficha resumen tras la visita a Las Avispas	9
--	---

Tabla 25: Ficha resumen tras la visita a El Higuito	10
---	----

Tabla 26: Ficha resumen tras la visita a El Limón	11
---	----

Tabla 27: Ficha resumen tras la visita a Los Naranjales	12
---	----

Tabla 28: Ficha resumen tras la visita a Arroyo Frío	13
--	----

Tabla 29: Ficha resumen tras la visita a Paso de la Perra.....	14
--	----

Tabla 30: Ficha resumen tras la visita a Mata de Café	15
---	----

Tabla 31: Ficha resumen tras la visita a Angostura.....	16
---	----

Tabla 32: Ficha resumen tras la visita a El Dulce.....	17
--	----

Tabla 33: Ficha resumen tras la visita a Los Calabazos	18
--	----

Tabla 34: Ficha resumen tras la visita a El Jengibre	19
--	----

Tabla 35: Ficha resumen tras la visita a La Pionía - Canastica.....	20
---	----

Tabla 36: Ficha resumen tras la visita a El Dajao.....	21
--	----

Tabla 37: Ficha resumen tras la visita a El Montazo - El Vallecito.....	22
---	----

Tabla 38: Ficha resumen tras la visita a La Cabirma.....	23
--	----

Tabla 39: Ficha resumen tras la visita a Los Mangos	24
---	----

Tabla 40: Ficha resumen tras la visita a La Vereda.....	25
Tabla 41: Ficha resumen tras la visita a Los Lirios.....	26
Tabla 42: Ficha resumen tras la visita a Palma Herrada.....	27
Tabla 43: Ficha resumen tras la visita a Tres Cruces.....	28
Tabla 44: Ficha resumen tras la visita a El Jamo.....	29
Tabla 45: Ficha resumen tras la visita a Chinguelo.....	30
Tabla 46: Ficha resumen tras la visita a Vuelta Larga.....	31
Tabla 47: Ficha resumen tras la visita a Villa Nizao.....	32
Tabla 48: Ficha resumen tras la visita a Majagual.....	33
Tabla 49: Ficha resumen tras la visita a Cañada Miguel.....	34
Tabla 50: Ficha resumen tras la visita a El Junquito.....	35
Tabla 51: Ficha resumen tras la visita a Lima - Ingenito.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS:

• DOCUMENTO I: MEMORIA

Figura 1: Obra de toma	9
Figura 2: Compuerta de paso al desarenador	9
Figura 3: Desarenador	9
Figura 4: Zona de filtrado. Inicio de la línea de tuberías	9
Figura 5: Turbina tipo flujo cruzado	9
Figura 6: Turbina tipo Turgo	9
Figura 7: Turbina tipo Pelton	10
Figura 8: Acople mecánico turbina-generator	10
Figura 9: Esquema básico de funcionamiento de un sistema micro hidroeléctrico	10
Figura 10: Demanda comunitaria de energía en función del horario	11
Figura 11: Calentador con resistencias internas	11
Figura 12: Resistencia dañada	11
Figura 13: Recipientes suministrados por el laboratorio para la recogida de muestra de agua.	18
Figura 14: Toma de muestra a la salida de la casa de máquinas.	18
Figura 15: GPS empleado para registrar las coordenadas y altitud de la casa de máquinas.	18
Figura 16: Termómetro láser para registrar la temperatura de la muestra de agua.	18
Figura 17: Instrumento para realizar mediciones de pH	18
Figura 18: Instrumento para realizar mediciones de Solidos Totales Disueltos.	18
Figura 19: Datos introducidos en el software QGIS	23
Figura 20: Calentador TIPO 0	29
Figura 21: Calentador TIPO 1	29

Figura 22: Calentador TIPO 1.1..... 29

Figura 23: Calentador TIPO 2..... 29

Figura 24: Calentador TIPO 2.1..... 29

Figura 25: Calentador TIPO 3..... 29

Figura 26: Calentador vertical con entrada y salida de agua por parte superior..... 36

Figura 27: Calentador vertical con salida en la parte central superior. 37

Figura 28: Vista superior de un calentador vertical con tubería de salida central. 37

Figura 29: Calentador horizontal con tubería de salida en el extremo superior 38

Figura 30: Ejemplo para la estructura de un secadero 40

DOCUMENTO I: MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. ENTORNO EN REPÚBLICA DOMINICANA.....	5
1.1.1. Entorno social y económico	6
1.1.2. Entorno medioambiental	6
1.1.3. Entorno energético.....	6
1.2. PROGRAMA DE PEQUEÑOS SUBSIDIOS.....	7
1.2.1. Formación de la Organización y función en el país	7
1.2.2. Áreas temáticas	7
1.2.3. Factores necesarios para realizar un proyecto micro hidroeléctrico.....	8
1.3. SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS COMUNITARIOS	8
1.3.1. Motivación.....	8
1.3.2. Funcionamiento.....	8
1.3.3. Gestión comunitaria del sistema.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3. METODOLOGÍA.....	15
3.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS A ESTUDIAR.....	17
3.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA	17
3.3. GESTIÓN DE DATOS RECOGIDOS.....	19
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
3.5. FORMULAR MEJORAS Y SOLUCIONES A LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS	23
4.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA	25
4.3. GESTIÓN DE DATOS Y DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE AVERÍA	28
4.4. DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE AVERÍA SEGÚN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES	31
4.5. RECOMENDACIONES Y MEJORAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS.....	35
4.5.1. Soluciones según el tipo de calentador.....	36
4.5.2. Soluciones para una menor producción de energía.....	39

4.5.3. Soluciones para el aprovechamiento de la energía producida en exceso 40

5. CONCLUSIONES 42

6. BIBLIOGRAFÍA 43

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente resulta complicado imaginar un hogar sin electricidad en nuestra sociedad, pero en un país donde los servicios de luz no están garantizados en las áreas rurales, se debe buscar diferentes alternativas para paliar esa falta de suministro.

El Programa de Pequeños Subsidios de la República Dominicana es una iniciativa que surgió hace más de 20 años para la transformación del país a través de acciones locales que beneficien a las comunidades rurales, siendo uno de sus focos de actuación el autoabastecimiento comunitario de electricidad con sistemas micro hidroeléctricos (sistemas MHE) a partir de pequeñas fuentes de agua cercanas.

En el país caribeño se han construido 45 sistemas micro hidroeléctricos y otros 10 están en construcción con la ayuda del PPS-SGP (Programa de Pequeños Subsidios – Small Grants Programme), pero debido a la falta de mantenimiento, la calidad del agua que mueve la turbina, los materiales utilizados o los valles y picos de generación de electricidad, algunos sistemas presentan un número de reparaciones mucho mayor que otros.

Dichos sistemas cuentan con una potencia total instalada superior a 1.8 MW, beneficiando a más de 4000 familias directamente en más de 70 comunidades rurales. Esto implica que la instalación de sistemas micro hidroeléctricos contribuya en la reducción de la emisión de CO₂ en más de 24000 toneladas por año y unos 70 km² aproximadamente de bosque se conserven o se restauren por los propios comunitarios (Ambiente, PPS-SGP-FMAM-PNUD, & IAF, 2016).

Tras realizar un voluntariado de casi 6 meses en el Programa de Pequeños Subsidios de la República Dominicana, se decide aprovechar la oportunidad de realizar el Trabajo de Fin de Grado para la obtención del Grado en Ingeniería Química realizando un estudio sobre el deterioro prematuro de las resistencias que disipan la energía en exceso de los sistemas micro hidroeléctricos (sistemas MHE), ya que dicho problema acarrea un elevado coste económico para las comunidades rurales que deben desembolsar el importe de los recambios o reparaciones.

1.1. ENTORNO EN REPÚBLICA DOMINICANA

República Dominicana es el segundo país más grande del mar Caribe, con una población de casi 11 millones de personas (Countrymeters). La isla “La Hispaniola” está formada por República Dominicana y Haití, rodeada por el océano Atlántico en el norte y el mar Caribe en el sur (Ministerio de Turismo de la República Dominicana).

El país se divide en 29 provincias y un distrito nacional, que a su vez están divididos en unidades territoriales más pequeñas. En el caso de las secciones rurales, se componen por parajes, siendo un total de más de 8700 en la República Dominicana (CEPAL, 2018).

1.1.1. Entorno social y económico

En 1961, tras la caída de la dictadura de Trujillo, se produjeron las primeras elecciones libres en el país. Poco después, tuvo lugar el golpe de estado del profesor Juan Bosch (1963) que finalizó con la denominada Guerra de Abril en 1965 y permitió la vuelta a la constitucionalidad.

Esta primera transición democrática posibilitó un gobierno semi-autoritario encabezado por Joaquín Balaguer como presidente de la República, pero no fue hasta 1978 cuando se formó un gobierno completamente democrático gracias a una reforma del sistema electoral. (Obrevatorio Político Dominicano)

Actualmente, República Dominicana se encuentra en la posición 102 de un total de 187 países en cuanto a desarrollo económico mundial, a pesar de registrar uno de los PIB más altos de la región (Ambiente, PPS-SGP-FMAM-PNUD, & IAF, 2016).

Según los datos del Banco Mundial, más de 20000 personas en el país son parte de la población rural, no teniendo acceso a la electricidad más de un 5% de dicha población (Sánchez & Izzo, 2016) (IX Censo Nacional de Población y Familia. Informe General. Volumen 1, 2012).

1.1.2. Entorno medioambiental

Tratándose de un país caribeño, República Dominicana se caracteriza por un clima tropical húmedo con condiciones térmicas similares durante el año. En las zonas más lluviosas del país se pueden alcanzar unas precipitaciones de 3000mm al año, mientras que en las más secas tan solo se registran 450mm. Esta variación se debe en gran medida a las cadenas montañosas presentes en el país, las cuales introducen importantes modificaciones en el clima. (Izzo, y otros)

Son escasas las zonas de la isla sin vegetación, tratándose de un país con más de un 40% de flora endémica con gran variedad de especies. Los tipos de vegetación más usuales son el bosque húmedo tropical y subtropical, bosque seco subtropical, monte espinoso y las sabanas. Éstas últimas están formadas por diferentes especies herbáceas en zonas donde las condiciones climáticas no han permitido otro tipo de vegetación o en áreas donde se ha destruido el bosque existente. (República Dominicana clima y vegetación)

República Dominicana, a pesar de tener una superficie con poco más de 48000 km², cuenta con 65 cuencas hidrográficas. El río Yaque del Norte es considerado el más importante del país, tanto por su caudal como por su longitud, en el cual desembocan numerosos afluentes. (Ministerio Medio Ambiente)

1.1.3. Entorno energético

Uno de los principales problemas del país es la provisión de electricidad. Su sistema está caracterizado por una baja estabilidad, calidad reducida y suministro insuficiente con unas grandes pérdidas. También cabe destacar que el precio de la electricidad en República Dominicana es de los

más altos de toda la zona del Caribe y América Central, incluso llegando a triplicar el precio que garantizan las iniciativas micro hidroeléctricas del Programa de Pequeños Subsidios. Estas deficiencias hacen que las áreas rurales sean las más perjudicadas (Comission, 2014). Según un análisis realizado en 2011 por el Foro Económico Mundial sobre el suministro de electricidad en 139 países, la República Dominicana quedó en el puesto 132, debido a su baja calidad de servicio (Forum, 2010).

A pesar de tener unas condiciones geográficas y climáticas idóneas para el aprovechamiento de las energías renovables en el país, tan solo el 21.2% de la energía consumida proviene de fuentes renovables ya que existe una gran dependencia de los combustibles fósiles importados (Interconectado, 2012).

Desde el año 2007 se han visto mejoras significativas en el ámbito de los sistemas micro hidroeléctricos, gracias a la aprobación de la Ley 57-07 sobre el Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y al apoyo de diferentes organismos nacionales e internacionales, se han convertido en un modelo para un medio de vida sostenible que contribuye a mitigar el cambio climático.

1.2. PROGRAMA DE PEQUEÑOS SUBSIDIOS

1.2.1. Formación de la Organización y función en el país

El Programa de Pequeños Subsidios (PPS-SGP), fue establecido como resultado de la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992. Está financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ejecutado por la Oficina de las Naciones Unidas de Soporte a Proyectos (UNOPS). Con presencia en más de 125 países, el PPS lleva en República Dominicana más de 20 años apoyando con fondos no reembolsables y asesoramiento técnico a diferentes organizaciones comunitarias a favor del medio ambiente y el bienestar social.

El enfoque del PPS-SGP trata de hacer partícipe a las comunidades locales para solucionar ciertos problemas ambientales, así como incentivarlos con pequeños recursos económicos para que puedan desempeñar diferentes actividades que mejorarán tanto su calidad de vida como el medio ambiente. (PNUD)

1.2.2. Áreas temáticas

El Programa centra su trabajo en cinco áreas, siempre relacionado con la mejora y protección del medio ambiente, como son biodiversidad, cambio climático, degradación de tierra, aguas internacionales y contaminantes orgánicos permanentes (COPs). (PPS-DOM)

Para el presente trabajo, el interés recae sobre los proyectos que ayudan a frenar el cambio climático, en especial el aprovechamiento sostenible de fuentes de energía renovables.

1.2.3. Factores necesarios para realizar un proyecto micro hidroeléctrico

Con el fin de conseguir implementar cualquier proyecto con la ayuda del PPS-SGP, se establecen unas líneas estratégicas claras que ayudan a la consecución de todos los objetivos.

Para la construcción del proyecto micro hidroeléctrico se requiere apoyo financiero por parte de las instituciones colaboradoras, así como el aporte de los propios comunitarios. Con estos recursos económicos se sufragan los costes que se generarán por la construcción del sistema y sus materiales.

Antes de comenzar la construcción, se debe realizar un estudio de viabilidad, el cual determinará si el proyecto es viable para la comunidad o comunidades dadas. Durante este estudio, así como durante su diseño y construcción, se requieren ciertos conocimientos y asistencia técnica, la cual brinda el PPS y otras instituciones. Este proceso puede comprender un periodo de hasta 4 años, en el cual se acompaña a la comunidad en un proceso de aprendizaje, realizándose las capacitaciones necesarias para formar a los técnicos comunitarios que se encargarán del mantenimiento de la máquina.

La comunidad o comunidades beneficiarias del proyecto, se organizan en brigadas coordinadas por un capataz, ya que su principal aportación al proyecto es la mano de obra. De esta forma se realizan turnos para repartir de forma equitativa las tareas de construcción. La mayor satisfacción de los hombres y mujeres beneficiarios del proyecto, es conseguir llevar la electricidad a sus casas con su propio esfuerzo y trabajo.

1.3. SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS COMUNITARIOS

1.3.1. Motivación

A través de los sistemas micro hidroeléctricos comunitarios, el PPS-SGP busca impulsar el desarrollo local facilitando el acceso a la electricidad en las zonas rurales. Con estas iniciativas se promueve la protección del medio ambiente, en particular la mitigación del cambio climático, al emplearse energías limpias y crear conciencia social sobre su importancia.

1.3.2. Funcionamiento

Cada sistema micro hidroeléctrico tiene unas características diferentes en cuanto a potencia, tipo de turbina o disipación de la energía sobrante, entre otros. Sin embargo, estas ligeras variaciones no afectan a que su funcionamiento sea el mismo en todos los casos.

La microcentral hidroeléctrica se compone de una toma de agua (obra de toma) donde se realiza la captación de agua de la fuente de alimentación considerada. Se construye una compuerta, que da paso al desarenador. Ahí es donde el agua se retiene, quedando los sedimentos en el fondo de dicha construcción. Posteriormente el agua cruza un filtro de rejilla evitando el paso de hojas, piedras o ramas a la línea de tubería. Tras varios metros, o incluso kilómetros, de tubería se llega a la casa de máquinas, donde una válvula puede regular el caudal que entra a la turbina según la demanda de energía.



Figura 1: Obra de toma



Figura 2: Compuerta de paso al desarenador



Figura 3: Desarenador



Figura 4: Zona de filtrado. Inicio de la línea de tuberías

El agua penetra en el cuerpo de la turbina, generando un impacto contra los álabes de la misma que provoca el giro de su eje, y éste conectado con el alternador, genera energía cinética. El tipo de turbina más utilizado en los proyectos del PPS-SGP es tipo Pelton, ya que se emplean para bajos caudales con elevado salto hidráulico. Algunas turbinas son tipo Turgo, con características similares a las Pelton pero de menor coste. También se utilizan turbinas de flujo cruzado, diseñadas en este caso para grandes caudales con poca altura.

El acople mecánico unión entre el eje de la turbina y el del generador (*“caja de bola”*) lo forman los rodamientos de apoyo de los ejes respectivos y permite que la energía cinética se transforme en energía eléctrica, pudiendo distribuirse a la red eléctrica una vez transformada.



Figura 5: Turbina tipo flujo cruzado



Figura 6: Turbina tipo Turgo



Figura 7: Turbina tipo Pelton



Figura 8: Acople mecánico turbina-generator

Según la demanda del momento, parte de la energía generada irá directamente a la red eléctrica para llegar a las casas de las personas beneficiarias del proyecto, mientras que la energía excedente se conduce a unos calentadores que disipan la energía a través de unas resistencias, refrigeradas por agua.

A continuación, en la Figura 9, se muestra el esquema básico de una micro central hidroeléctrica.

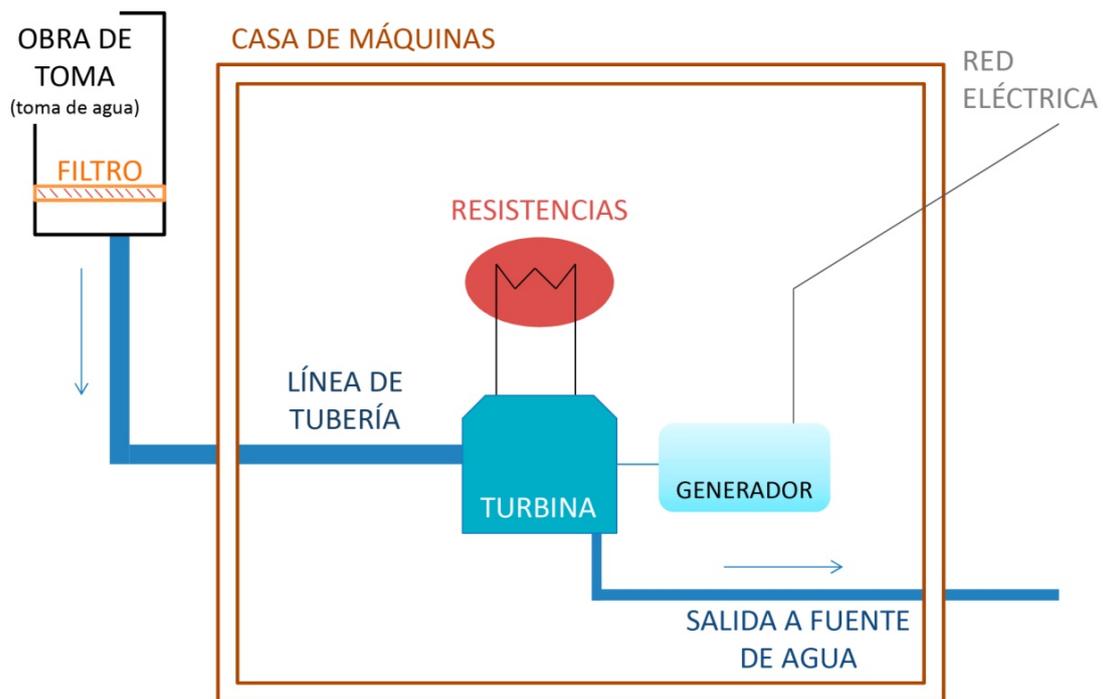


Figura 9: Esquema básico de funcionamiento de un sistema micro hidroeléctrico

La demanda de electricidad puede variar siguiendo un modelo como el que se presenta a continuación:

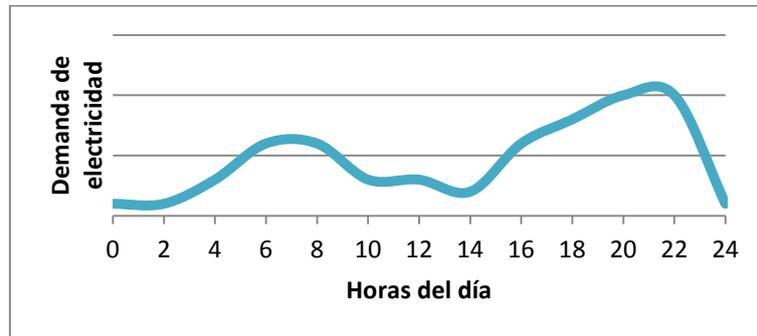


Figura 10: Demanda comunitaria de energía en función del horario

Cuando hay una baja demanda, las resistencias consumen casi toda la energía generada, alcanzando alta temperatura, favoreciendo que se produzcan incrustaciones que pueden llegar a colapsarlas. A pesar de que el sistema está diseñado para que las resistencias pudieran disipar la totalidad de la energía generada, en muchos sistemas la explosión de las resistencias es un problema continuo y costoso.

Tanto a primera hora de la mañana como por la noche debe garantizarse el suministro de electricidad para poder abastecer a la comunidad, mientras que en las horas donde existe una menor demanda, las resistencias deberán trabajar de manera más intensa para disipar la energía que no se consume.

Las resistencias se introducen dentro de un cilindro calentador (ver Figura 11) con el fin de que las resistencias que disipan la energía en exceso estén refrigeradas por el agua que sale del sistema MHE.



Figura 11: Calentador con resistencias internas



Figura 12: Resistencia dañada

Tal y como se indica en la Figura 12, la gran mayoría de resistencias que presentan problemas, estallan debido a que se quedan secas en la zona señalada, ya que la circulación de agua es nula o deficiente en el calentador.

Toda el agua empleada durante el proceso se conduce por una tubería de salida de nuevo a la fuente de agua, causando un impacto mínimo tanto medio ambiental como visual, ya que las tuberías y la casa de máquinas se pueden disimular entre la vegetación, y el ruido que emite la máquina en funcionamiento es un leve zumbido.

Los sistemas micro hidroeléctricos necesitan un mantenimiento mínimo periódico. Entre las tareas importantes cabe destacar la limpieza del desarenador y rejilla para evitar obstrucciones en el paso del agua, la limpieza del calentador y sus resistencias para eliminar cualquier incrustación o sedimento y el engrase de los rodamientos de bancada (“caja de bola”) donde se apoya el acople mecánico del eje turbina-generator.

1.3.3. Gestión comunitaria del sistema

Cada comunidad está formada por un grupo de familias que viven de forma austera en una ubicación concreta, generalmente en el campo. Estas comunidades pueden ser fácilmente accesibles en caso de estar situadas en las inmediaciones de una ciudad o pueblo, pero en muchas ocasiones se encuentran relativamente aisladas bien sea porque están rodeadas por algún río o porque están en lo alto de alguna montaña. Es muy frecuente que los comunitarios sientan que son una gran familia, ya que comparten un mismo estilo de vida y tienen el objetivo común de prosperar como comunidad.

Todos los proyectos se inician previa solicitud de los comunitarios, los cuales ya deben coordinarse en la toma de decisiones, presentación de documentos y adquisición de compromisos para promover la acción. Una vez el Programa lo acepta, la comunidad participa activamente en todas las fases, aprendiendo en cada una de ellas y formándose para ser autosuficientes en un futuro cercano.

En la primera fase se constituye el comité de gestión y las brigadas de trabajo, lo cual es extremadamente importante para el correcto desarrollo del proyecto. Dichas brigadas están constituidas por comunitarios, que organizados en grupos, realizan el conjunto de tareas necesarias para la llegada de la luz. Con esta acción se consigue una máxima implicación comunitaria, haciendo partícipes a todos y cada uno de los beneficiarios y consiguiendo un grado de responsabilidad muy elevado.

Se muestra el interés de la acción y la llegada de la electricidad como una meta común, es por ello que se deben alcanzar los objetivos trabajando de forma organizada todos juntos, favoreciendo el empoderamiento local.

Durante la construcción del sistema se realizan talleres formativos para los futuros técnicos comunitarios así como para las personas encargadas de la gestión administrativa. Todo es posible

gracias a la conciencia social creada, entendiendo que para la prosperidad de la comunidad todos deben trabajar y los responsables deben gestionarlo de la forma adecuada.

Una vez finalizada la construcción del sistema micro hidroeléctrico se realizan campañas para la reforestación, dada la importancia de mantener la vegetación que protegerá la fuente de agua que alimenta de electricidad a la comunidad. Es en ese momento cuando los comunitarios ya están preparados para la autogestión de su sistema micro hidroeléctrico.

Todos los meses, el encargado correspondiente, cobra una cantidad simbólica a todas las familias beneficiarias de la electricidad. Dicha cantidad se administra para futuras reparaciones o imprevistos, ya que si el sistema falla y no se repara por falta de solvencia económica comunitaria, a pesar de que el PPS-SGP da seguimiento y apoya todos los sistemas ya en funcionamiento, las familias quedan sin acceso a la electricidad hasta su reparación y nueva puesta en marcha.

Según lo expuesto en los apartados que preceden, se busca mejorar el protocolo de mantenimiento de los sistemas micro hidroeléctricos así como en su gestión.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Teniendo en cuenta los antecedentes anteriormente mencionados, el objetivo principal del presente trabajo es evaluar la influencia de las variables de funcionamiento de los sistemas micro hidroeléctricos comunitarios para fines de mejora de su gestión.

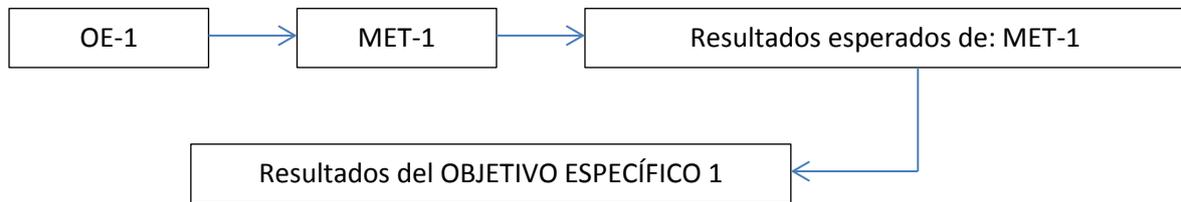
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para lograr dicho objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Realizar un inventario de los sistemas micro hidroeléctricos a estudiar y sus detalles técnicos. Selección de los sistemas a estudio.
2. Determinar las características fisicoquímicas del agua de las fuentes hídricas aprovechadas para fines micro hidroeléctricos.
3. Establecer los patrones de avería de los diferentes sistemas micro hidroeléctricos.
4. Determinar las causas de avería más frecuentes de los diferentes sistemas micro hidroeléctricos funcionando en la República Dominicana.
5. Formular recomendaciones para la mejora de la gestión de los sistemas, a partir de los resultados obtenidos.

3. METODOLOGÍA

La metodología propuesta, se adecuará a cada uno de los OE indicados anteriormente, de acuerdo con el siguiente esquema:



✓ **OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

- Metodología 1 (MET 1):

Realizar una base de datos con los sistemas micro hidroeléctricos en funcionamiento considerando su ubicación y litología de la cuenca hidrográfica.

Seleccionar los sistemas micro hidroeléctricos a estudiar.

Confeccionar un formulario previo a la visita del sistema.

- Resultados esperados OE1:

Conocer la ubicación sobre el propio terreno de los sistemas en funcionamiento, sus características litológicas y cuenca hidrográfica afectada. Esta información permite la selección de los sistemas a estudiar y adecuar el formulario de identificación, de forma que contenga los datos más importantes inequívocamente de cada unidad sometida a estudio.

✓ **OBJETIVO ESPECÍFICO 2**

- Metodología 2 (MET 2):

Visitar cada sistema sobre terreno y entrevistarse con los técnicos locales.

Recoger una muestra de agua en un bidón para la toma de parámetros fisicoquímicos in situ y su posterior transporte al laboratorio.

Recepción de los resultados fisicoquímicos por parte del laboratorio.

- Resultados esperados OE2:

Conocer el histórico de averías del sistema micro hidroeléctrico, así como el protocolo de mantenimiento y cualquier problema frecuente. La toma de parámetros en el momento de recogida de la muestra permite registrar la temperatura de la misma con precisión, y su posterior transporte al laboratorio facilita el análisis fisicoquímico de los parámetros acordados. Con toda la información obtenida se completa una tabla para el posterior estudio de correlación de las variables.

✓ **OBJETIVO ESPECÍFICO 3**

- Metodología 3 (MET 3):

Confeccionar un formulario según los datos recopilados tras las visitas.

- Resultados esperados OE3:

Completar un formulario tipo tabla que permita recoger toda la información obtenida incluyendo tanto los parámetros fisicoquímicos como el histórico de averías. De esta forma se obtienen las variables necesarias para el posterior estudio de correlación.

✓ **OBJETIVO ESPECÍFICO 4**

- Metodología 4 (MET 4):

Proponer las variables que afectan al funcionamiento de los sistemas MHE para realizar un análisis estadístico de correlación según la base de datos construida.

- Resultados esperados OE4:

Encontrar una relación entre las diferentes variables que afectan a los problemas más frecuentes del sistema micro hidroeléctrico.

✓ **OBJETIVO ESPECÍFICO 5**

- Metodología 5 (MET 5):

Formular mejoras y posibles soluciones para los sistemas.

- Resultados esperados OE5:

Establecer un protocolo de mantenimiento y gestión, así como una solución para el exceso de energía generado que generalmente daña las resistencias. También se propone la modificación de los calentadores disipadores de energía para mejorar su funcionamiento y así evitar el deterioro prematuro de las resistencias.

A continuación se describe detalladamente las acciones a realizar de acuerdo con el esquema metodológico anteriormente indicado.

3.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS A ESTUDIAR

Una vez definido el tema del presente trabajo, según las necesidades del PPS-SGP y los sistemas micro hidroeléctricos comunitarios, se recoge toda la información existente en archivos e históricos sobre los sistemas implementados por el Programa. En ese momento se calcula el número de sistemas MHE a estudiar con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, según la siguiente ecuación propuesta por la autora Combariza Díaz (Díaz, 2015):

$$n = \frac{K^2pqN}{e^2(N - 1) + K^2pq}$$

Ecuación 1: Selección de la muestra representativa

Donde se tienen las siguientes variables:

N: tamaño de la muestra, en este caso el total de sistemas;

K: es el valor normal, una constante dependiendo del nivel de confianza que en este caso es del 95%, por lo tanto será 1.96;

e: es el margen de error, en este caso será +/- 10%;

p: es el estándar de desviación, se corresponde con 0.5;

q: $1 - p$.

3.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Un día antes de iniciar el viaje se deben recoger en el laboratorio los bidones para transportar la muestra de agua en óptimas condiciones.

Una vez en la comunidad siempre se sigue el mismo protocolo de vista para todos los sistemas MHE. En primer lugar se contacta con el líder comunitario y/o con el técnico responsable del mantenimiento de la maquinaria para realizar la visita a la casa de máquinas. Seguidamente se recoge un galón de agua, generalmente en la propia salida de la casa de máquinas, tras haber pasado por la turbina (ver Figura 13 y Figura 14).



Figura 13: Recipientes suministrados por el laboratorio para la recogida de muestra de agua.



Figura 14: Toma de muestra a la salida de la casa de máquinas.

A continuación se procede a realizar la medición de ciertos parámetros *in situ* mediante los instrumentos proporcionados por el PPS-SGP y Guakía Ambiente. Se registran las coordenadas mediante un GPS, se realizan mediciones de temperatura con un termómetro láser, pH y sólidos totales disueltos (ver Figura 15 a Figura 18).



Figura 15: GPS empleado para registrar las coordenadas y altitud de la casa de máquinas.



Figura 16: Termómetro láser para registrar la temperatura de la muestra de agua.



Figura 17: Instrumento para realizar mediciones de pH.



Figura 18: Instrumento para realizar mediciones de Sólidos Totales Disueltos.

Se decide realizar las mediciones de pH, temperatura y STD de cada muestra de agua dado que son los instrumentos que se tienen al alcance y son parámetros básicos para detectar alguna anomalía en la calidad del agua.

Instrumentos utilizados para las mediciones:

El GPS “Dakota 20” de Garmin consta de una pantalla táctil de 2.6 pulgadas y una brújula electrónica de tres ejes con un altímetro barométrico. (Garmin)

Se desconocen las características del resto de instrumentos, ya que no se encuentra ninguna marca o casa comercial que pueda determinar su procedencia.

Finalizadas las mediciones y registrados los datos obtenidos, se realizan las preguntas establecidas sobre mantenimiento y reparaciones al técnico o técnicos presentes. También se fotografía la maquinaria y se graba un vídeo detallado destacando las partes reparadas.

Al día siguiente de finalizar la recogida de muestras se entregan los bidones al laboratorio (INDRHI - Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos en Santo Domingo) para su posterior análisis.

3.3. GESTIÓN DE DATOS RECOGIDOS

Una vez recibidos los resultados de los análisis por parte del INDRHI, se tabulan junto a los datos obtenidos en las visitas y entrevistas, de modo que se pueda visualizar fácilmente cada sistema MHE con sus respectivos parámetros y variables de funcionamiento.

Tabla 1: Ejemplo de parámetros fisicoquímicos según los datos recogidos en el estudio

NÚMERO	COMUNIDAD	FUENTE	PARÁMETROS LABORATORIO				PARÁMETROS IN SITU		
			PH	COND. ELÉC. (micS/cm)	DUREZA TOT. (mg/l)	STD (g/l)	Tª (°C)	PH	STD (ppm)

Tabla 2: Ejemplo de variables de funcionamiento según los datos recogidos en el estudio

CALIZA	PROBLEMA	TIPO AGUA	TIPO CALENT.	ORIENTACIÓN CALENT.	RECIRCULACIÓN	ZONA PRESIÓN	POTENCIA POR UD. FAMILIAR
--------	----------	--------------	-----------------	------------------------	---------------	-----------------	---------------------------------

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tras el análisis fisicoquímico se valoran los datos recogidos y se buscan variables cualitativas que puedan afectar al funcionamiento del sistema MHE, y en especial que puedan ser decisivas en el deterioro de las resistencias. Dado que todas las variables a estudiar son de naturaleza cualitativa, se decide cumplimentar una tabla de contingencia 2x2, en la cual se tienen en cuenta las múltiples observaciones de las variables categóricas.

Dado que la población, y en consecuencia la muestra, no son grandes, se aplicará el test exacto de Fisher para aquellas tablas de contingencia donde más de una de las frecuencias observadas sea

menor de 5 y el test Chi-cuadrado (también conocido como distribución de Pearson) para aquellas tablas donde solo una de las mencionadas frecuencias sea menor de 5.

En la Tabla 3 puede observarse cómo rellenar los datos requeridos para una tabla de contingencia 2x2, según los datos extraídos de la Tabla 8, donde se recogen las frecuencias de las variables sometidas a estudio.

Tabla 3: Tabla de contingencia con dos variables categóricas

		VARIABLE 1		TOTAL (frecuencias marginales fila)
		Presente	Ausente	
VARIABLE 2	Presente	a	b	a+b
	Ausente	c	d	c+d
TOTAL (frecuencias marginales columna)		a+c	b+d	Gran total (n = a+b+c+d)

Esta tabla debe completarse para las 4 variables que se busca analizar, con el fin de determinar su influencia sobre la variable “deterioro de las resistencias”.

Para realizar el test exacto de Fisher, la hipótesis nula o de partida supone la independencia entre ambas variables, y para su aceptación el p-value debe ser mayor de 0.05.

$$p - value > 0.05 \rightarrow \text{Se acepta la } H_0$$

Dicho p-value, el cual es el mínimo nivel de significancia que conduce al rechazo de la hipótesis nula, se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$p - value = \frac{(a + b)! (c + d)! (a + c)! (b + d)!}{n! a! b! c! d!}$$

Ecuación 2: Cálculo del p-value para el test exacto de Fisher

En primer lugar se calcula el p-value de la tabla de contingencia con las frecuencias observadas, y seguidamente se proponen diferentes valores para las frecuencias correspondientes a a,b,c y d, tal que las frecuencias marginales sean invariables. Con todas las posibles tablas indicadas, se calcula el p-value de cada una y se realiza el sumatorio de aquellos p-value que sean menores o iguales al observado.

Tal y como se adelantaba anteriormente, se rechaza la hipótesis de independencia siempre y cuando el p-value sea inferior o igual a 0.05.

A continuación se explica la metodología a emplear para la consecución de los resultados siguiendo una distribución chi-cuadrado, la cual se aplica en los casos donde la tabla de contingencia de dos vías garantice que como máximo una de las frecuencias observadas sea menos de 5:

En primer lugar se debe rellenar la tabla de contingencia según las dos variables cualitativas sometidas a estudio y sus frecuencias de la misma forma que en la Tabla 3.

También se deben plantear las hipótesis a validar tras el análisis estadístico. En este caso se tiene que la hipótesis nula (H_0) plantea la independencia entre las dos variables sometidas a estudio. De forma contraria, la hipótesis alternativa (H_1), implica que ambas variables son dependientes, es decir, están relacionadas entre si.

Seguidamente se procede al cálculo de las f_t (frecuencias teóricas):

$$\begin{aligned} f_{t1} &\rightarrow \frac{f_{.1} \cdot f_{1.}}{n} & f_{t2} &\rightarrow \frac{f_{.2} \cdot f_{1.}}{n} \\ f_{t3} &\rightarrow \frac{f_{.1} \cdot f_{2.}}{n} & f_{t4} &\rightarrow \frac{f_{.2} \cdot f_{2.}}{n} \end{aligned}$$

A continuación se procede a calcular el sumatorio de las frecuencias observadas y teóricas siguiendo la siguiente ecuación:

$$\chi^2_{\text{calculado}} = \sum \frac{(f_n - f_{tn})^2}{f_{tn}}$$

Ecuación 3: Chi-cuadrado calculado

Se deberá comparar el valor χ^2 calculado con el obtenido en las tablas, pero para ello debe calcularse los grados de libertad tal y como se indica en la siguiente ecuación:

$$v \text{ (grados de libertad)} = (n^{\circ} \text{ filas} - 1) \cdot (n^{\circ} \text{ columnas} - 1)$$

Ecuación 4: Cálculo de grados de libertad

Para dar una mayor fiabilidad al estudio realizado, se decide acotar un nivel de confianza del 0.95%, lo cual implica un margen de error del 0.05.

Por último, se busca el valor de chi-cuadrado en tablas según el margen de error y los grados de libertad:

Tabla 4: Tabla de la distribución chi-cuadrado

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807

Fuente: http://labrad.fisica.edu.uy/docs/tabla_chi_cuadrado.pdf

Como resultado final se obtendrá la validación de la hipótesis nula o el rechazo de la misma siguiendo la regla que se detalla a continuación:

$$\chi^2_{calculado} < \chi^2_{tablas} \rightarrow \text{Se acepta la } H_0$$

$$\chi^2_{calculado} > \chi^2_{tablas} \rightarrow \text{Se acepta la } H_1$$

3.5. FORMULAR MEJORAS Y SOLUCIONES A LAS DEFICIENCIAS ENCONTRADAS

El requisito a partir del cual se proponen las mejoras, se basa en que las resistencias del calentador estén siempre envueltas en agua, para garantizar una óptima refrigeración y prevenir un deterioro precoz de las mismas.

Dada esta condición, se han propuesto medidas directas sobre el disipador de energía de cada sistema. Se realiza una clasificación de los diferentes tipos de calentador, teniendo en cuenta su ubicación, posición y circulación de agua (ver Tabla 8). Dependiendo de la estructura y características de cada sistema se recomiendan las mejores soluciones para conseguir erradicar el problema de las resistencias, siempre teniendo en cuenta los aspectos económicos de dicha medida.

Una vez propuestas las mejoras de aplicación directa a los calentadores, se aconseja la regulación de energía producida en función de la demanda, siempre y cuando esto sea posible según la dificultad de acceso a la casa de máquinas y la solvencia económica de la comunidad.

Por último se aconseja aprovechar la energía producida en exceso para fines de bienestar comunitario. Esta medida puede ser incompatible con las propuestas para la regulación de energía, ya que la intención es conseguir ajustar la producción de energía a la demanda. Sin embargo, en los sistemas MHE que se decida no reducir la producción de energía, se pueden llevar a cabo las iniciativas propuestas para la mejora de la vida comunitaria. Cabe destacar que las mencionadas propuestas se pueden presentar como proyectos a diferentes ONG interesadas en colaborar con la causa, lo cual supondría un ahorro considerable a los comunitarios, dado que no invertirían fondos en la reparación de resistencias del sistema MHE y podrían beneficiarse de infraestructuras comunitarias para su uso o explotación económica.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos, empleando la metodología detallada en el anterior apartado, para la consecución de los objetivos expuestos.

4.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS

Resolviendo la Ecuación 1: Selección de la muestra representativa detallada en el apartado anterior, se obtiene el siguiente resultado:

$$n = \frac{1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 45}{0.1^2 \cdot (45 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} = 30.81 \cong 31$$

Ya determinado el número de sistemas MHE a evaluar, se estudia la litología de las cuencas hidrográficas con el software QGIS, dado que se tienen las coordenadas exactas de cada sistema y sus cuencas con la correspondiente leyenda.

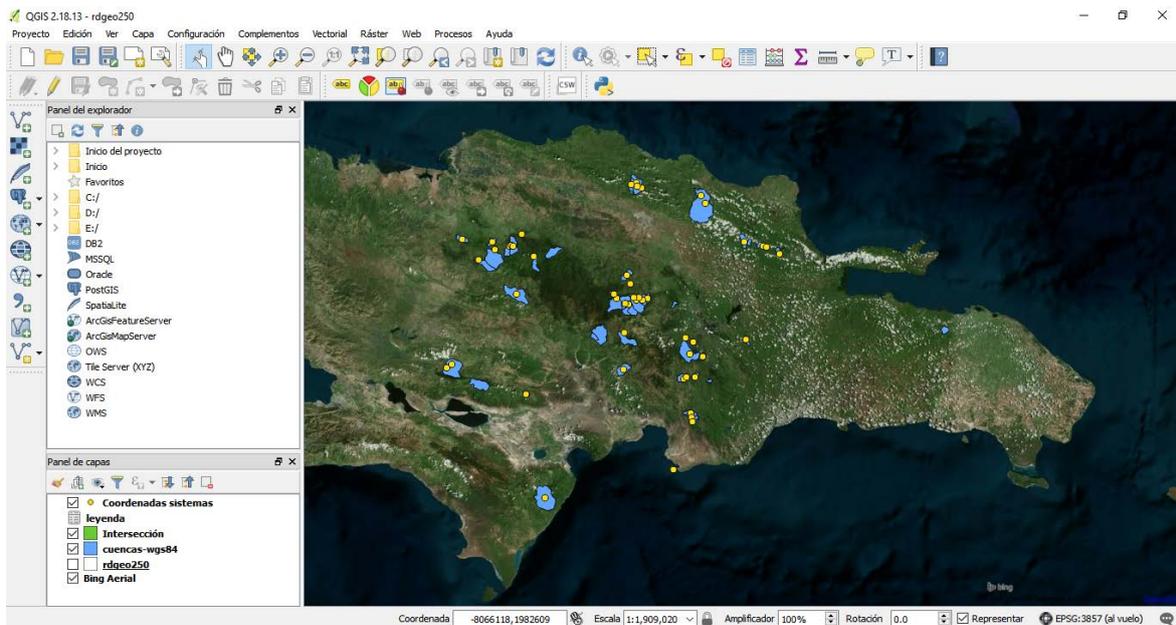


Figura 19: Datos introducidos en el software QGIS

Según se muestra en la Figura 19, se registran las coordenadas de todos los sistemas MHE para introducir las mismas en el software QGIS. Con esta herramienta software se obtiene el tipo de litología, relacionando un código según el tipo de roca de cada cuenca hidrográfica con dichas coordenadas.

Tabla 5: Coordenadas de los sistemas MHE introducidas en el software QGIS

SISTEMA	X	Y
Angostura	312506	2105213
Arroyazo	336687	2013205
Arroyo Frío	306104	2108633
Arroyo Majagua	377564	2085309
Cañada Miguel	211430	2071620
Chinguelo	387394	2137056
El Capá	343813	2086567
El Dajao	247144	2138495
El Dulce	317053	2107722
El Higuito	342702	2063767
El Jamo	376755	2139294
El Jengibre	237499	2141014
El Junquito	214025	2073309
El Limón	346373	2044824
El Montazo	248028	2138770
Montazo - Vallecito	249204	2138399
El Recodo	309616	2069369
Fondo Grande	221063	2142396
Janey	311801	2121700
La Bocaina	348872	2064848
La Cabirma	260623	2132580
La Ensenada	353290	2075817
La Lomita	323351	2108632
La Pionía - Canastica	239175	2136844
La Vereda	320379	2169712
Las Avispas	344261	2064505
Los Calabazos	318306	2109103
Los Lirios	317514	2172476
Los Mangos	314932	2171496
Los Naranjales	347391	2039688
Majagual	255199	2056083
Mata de Café	310856	2105986
Palma Herrada	353306	2165151
Paso de la Perra	304565	2111015
Pescado Bobo	317853	2170888
Tres Cruces	355411	2160706
Villa Nizao	265005	1998293
Vuelta Larga	396440	2132899

Como criterio para la selección de la muestra se establece la presencia de caliza en la cuenca hidrográfica, a petición de la organización (PPS-SGP), ya que estos sistemas MHE son los que mayor número de resistencias al año deben cambiar; siendo uno de los principales problemas que se quiere estudiar mediante el presente trabajo. También se considera la viabilidad de la visita dado que las lluvias pueden imposibilitar acceder a la comunidad por grandes crecidas de ríos o arroyos, así como el tiempo disponible para recoger las muestras de agua y la distancia entre los sistemas MHE.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados se decide visitar las siguientes comunidades: Angostura, Arroyo Frío, Arroyo Majagua, Cañada Miguel, Chinguelo, El Dajao, El Dulce, El Higuito, El Jamo, El Jengibre, El Junquito, El Limón, El Montazo – El Vallecito, El Recodo, La Bocaina, La Cabirma, La Pionía – La Canastica, La Vereda, Las Avispas, Lima – Ingenito, Los Calabazos, Los Lirios, Los Mangos, Los Naranjales, Majagual, Mata de Café, Palma Herrada, Paso de la Perra, Tres Cruces, Villa Nizao y Vuelta Larga.

Cabe destacar que la visita programada en lugar de “Paso de la Perra” era a la comunidad “La Ensenada”, pero tras intentar acceder a la comunidad por un camino resbaladizo y lleno de barro, el coche equipado con doble sistema de tracción no pudo cruzar el río y se decidió cambiar la visita del sistema MHE.

Seguidamente se confecciona un formulario para recoger los datos necesarios en la visita y entrevistas con los técnicos, adjuntado en el anexo 1 como Tabla 20.

Tabla 20: Formulario para recoger los datos necesarios en la visita a los sistemas MHE

Tras definir la hoja de ruta con el itinerario más viable según proximidad entre comunidades y disponibilidad del personal de la oficina del PPS-SGP, finalmente se recorre un total de 2500 kilómetros en un periodo de 3 semanas, viajando durante 9 días completos por 15 provincias de República Dominicana.

4.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA

En la siguiente tabla se recogen los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el momento de la toma de la muestra mediante los instrumentos proporcionados por el PPS-SGP:

Tabla 6: Datos obtenidos *in situ*

Nº	COMUNIDAD	FUENTE	PARÁMETROS IN SITU		
			Tª (°C)	PH	STD (ppm)
001	A. Majagua	A. Majagua	20.9	6.9	60
002	El Recodo	A. Las Cañas	22.7	8	137
003	La Bocaina	A. Manteca	17	7.9	92
004	Las Avispas	A. Las Avispas	16.1	8.1	212
005	El Higuito	A. El Café	18.5	8	145
006	El Limón	A. El Limón	12.1	8	127
007	Los Naranjales	A. Blanco	13.6	7.7	122
008	A. Frío	Río A. Frío	11.1	7.8	33
009	Paso de la Perra	A. Las Auyamas	26.6	7.8	50
010	Mata de Café	A. Bonito	12.1	7.5	40
011	Angostura	A. Pajarito	23	7.6	45
012	El Dulce	A. El Nuez	14.8	7.6	34
013	Los Calabazos	A. Los Marranitos	16.7	7.8	69
014	El Jengibre	A. La Luisa	14.2	7.8	82
015	Pionía-Canastica	A. La Pionía	17.2	7.8	90
016	El Dajao	A. El Dajao	19.5	7.7	76
017	Montazo-Vallecito	Río Guayubín	20.3	8.1	87
018	La Cabirma	A. Naranjito	17.1	7.8	85
019	Los Mangos	A. Grande	27.2	7.8	215
020	La Vereda	A. Guazaral	13.3	7.8	145
021	Los Lirios	A. El Almacén	21.3	7.9	170
022	Palma Herrada	A. Grande	21.8	7.7	183
023	Tres Cruces	Río Partido	20.5	7.9	125
024	El Jamo	A. Los Caños	22.2	7.8	51
025	Chinguelo	A. Sonador	21.8	7.9	91
026	Vuelta Larga	A. Quebrada Grande	16.8	7.7	80
027	Villa Nizao	A. Caco	31.5	7.7	143
028	Majagual	A. Majagual	18.5	7.8	178
029	Cañada Miguel	A. La Alcantarilla	15.2	7.9	159
030	El Junquito	A. Metisaca	15.1	8.1	167
031	Lima-Ingenito	Río Los Gajitos	18.5	8.1	158

Tras el posterior análisis por parte del laboratorio del INDRHI de cada una de las muestras, se recogen los datos presentados en la Tabla 7.

Tabla 7: Datos analizados por el laboratorio

Nº	PARÁMETROS LABORATORIO			
	PH	COND. ELÉC. (micS/cm)	DUREZA TOT. (mg/l)	STD (g/l)
001	7.53	128	43.56	90
002	8.6	294	136.5	182
003	8.14	192	72.07	148
004	8.31	418	127	297
005	8.23	295	132	176
006	8.21	260	88.5	176
007	8.11	254	112	184
008	7.98	73.7	31.88	51
009	7.96	108	51.68	76
010	7.63	90	37	63
011	7.63	98.3	35.5	69
012	7.84	89.3	34	62
013	7.92	146.9	58.5	107
014	8.01	170	74.5	128
015	8	188	80	131
016	7.95	156.5	72.5	110
017	8.12	181.2	73.5	128
018	8.05	172.8	73	124
019	7.85	382	134.5	254
020	8.09	292	137.5	189
021	7.77	331	131.5	211
022	7.56	335	166	205
023	7.92	245	112.9	134
024	7.8	104	41.58	73
025	8.16	186.9	81.38	146
026	8.36	176.4	76	126
027	7.95	288	142	200
028	8.28	388	174	226
029	8.25	338	161.5	208
030	8.44	358	159	235
031	8.45	328	144.5	193

Según se observa en ambas tablas, el pH es ligeramente básico para todas las muestras estudiadas, pero entrando dentro de la normalidad ya que en general se encuentra entre 7 y 9 unidades de pH. En cuanto a la conductividad eléctrica, se comprueba que es generalmente baja, siendo menor de 420 microS/cm en todos los casos. Si se analiza la dureza total no se encuentran parámetros fuera de la normalidad, ya que todos se hallan dentro de un rango 30 – 180 mg/l. Por último se observa que los resultados obtenidos para los sólidos totales disueltos no son elevados, sus valores varían entre 70 y 300 ppm, por lo que no afecta de forma energética a la formación de precipitados.

Valorando todos los datos en conjunto, no se encuentra ningún dato alarmante o anómalo, dado que los parámetros son los que cabría esperar.

4.3. GESTIÓN DE DATOS Y DETERMINACIÓN DE VARIABLES DE AVERÍA

Una vez recopilados todos los datos referentes a los sistemas micro hidroeléctricos, incluyendo las entrevistas con los técnicos locales, se completan las hojas de visita tal y como se muestra de la Tabla 21 a la Tabla 51 en los anexos de este mismo trabajo.

Cabe destacar que en las tablas pertenecientes a sistemas con problemas en las resistencias se ha incluido una propuesta de mejoras, con el objetivo de aprovechar el espacio existente y poder hacer referencia posteriormente en el apartado 4.5 a la hora de formular mejoras.

A partir de dichas hojas de visita y con las filmaciones realizadas en todas las micro centrales, se estudia cada sistema en particular. Debido a que el principal problema es el deterioro y repentino fallo de las resistencias dentro de los calentadores, se clasifican los mismos en diferentes tipos, según su posición y características, con el fin de facilitar las recomendaciones para su gestión y mejora. Los diferentes tipos de disipadores de energía son los siguientes:

- **CALENTADOR TIPO 0:** Disipadores de energía por aire.
- **CALENTADOR TIPO 1:** Calentador colocado en horizontal, con circulación de agua a través del mismo. Tubería de entrada y salida en la parte superior del cilindro. Fuera de la zona de presión.
 - **TIPO 1.1:** Mismo funcionamiento que el “tipo 1” pero con diferente estructura.
- **CALENTADOR TIPO 2:** Calentador colocado en posición vertical, con circulación de agua a través del mismo pero no cubriendo la totalidad, dado que la tubería de salida está en un lateral. La entrada de agua se produce directamente desde la tubería de presión.
 - **TIPO 2.1:** Misma posición que el “tipo 2” pero sin tubería de salida.
- **CALENTADOR TIPO 3:** Calentador colocado en horizontal, sin circulación de agua a través del mismo, con entrada directamente desde la tubería de presión.



Figura 20: Calentador TIPO 0



Figura 21: Calentador TIPO 1



Figura 22: Calentador TIPO 1.1



Figura 23: Calentador TIPO 2



Figura 24: Calentador TIPO 2.1



Figura 25: Calentador TIPO 3

Por lo tanto, centrando la atención en el frecuente problema de deterioro de las resistencias, las variables sometidas a estudio son las siguientes:

1. Presencia de **caliza** en la litología de la cuenca hidrográfica, dado que su composición contiene CaCO_3 y ello podría favorecer la aparición de precipitados haciendo colapsar las resistencias.
2. **Orientación** del calentador, ya que se puede favorecer la aparición de vapores.
3. **Circulación** de agua a través del calentador para enfriar las resistencias.
4. **Ubicación** del calentador en la zona de presión, es decir, colocado sobre la tubería de entrada de caudal a la turbina.

A continuación se recogen en forma de tabla, con el fin de facilitar su exposición, todas las variables anteriormente explicadas para cada sistema. También se incluye la potencia por unidad familiar, según la potencia de la instalación y las familias beneficiarias de la electricidad, con el fin de comparar la energía correspondiente a cada unidad familiar según cada central micro hidroeléctrica.

Tabla 8: Variables sobre el funcionamiento del sistema MHE

NÚM.	CALIZA	PROBLEMA	TIPO CALENT.	ORIENTACIÓN CALENT.	RECIRCULACIÓN	ZONA PRESIÓN	POTENCIA POR UD. FAMILIAR
001	NO		1	Horizontal	SI	NO	0.59
002	NO	Resistencias	2	Vertical	SI	SI	0.28
003	NO		3	Horizontal	NO	SI	0.31
004	NO		1	Horizontal	SI	NO	0.87
005	NO		1	Horizontal	SI	NO	0.68
006	SI	Resistencias	3	Horizontal	NO	SI	0.28
007	SI	Resistencias	2	Vertical	SI	SI	0.27
008	NO		1	Horizontal	SI	NO	0.58
009	NO		3	Horizontal	NO	SI	0.35
010	NO		3	Horizontal	NO	SI	0.24
011	NO		3	Horizontal	NO	SI	0.23
012	NO	Juntas de tubería	3	Horizontal	NO	SI	0.85
013	NO		0	AIRE			0.31
014	NO	Resistencias	1	Horizontal	SI	NO	0.57
015	NO	Resistencias	3	Horizontal	NO	SI	0.34
016	NO	Resistencias	1.1	Horizontal	SI	NO	0.79
017	NO	Capacitores	1	Horizontal	SI	NO	0.92
018	NO		1	Horizontal	SI	NO	0.19
019	NO	Resistencias	3	Horizontal	NO	SI	0.43
020	NO	Tuberías revientan	4	Horizontal	NO	SI	0.54
021	NO	Resistencias	3	Horizontal	NO	SI	0.26
022	SI	Sedimentos	1	Horizontal	SI	NO	0.22
023	SI	Sedimentos tuberías	3 (2 ud)	Horizontal	NO	SI	0.31
024	NO	Resistencias	3	Horizontal	NO	SI	1.22
025	NO	Válvula reguladora de caudal	3	Horizontal	NO	SI	0.71
026	NO		3	Horizontal	NO	SI	0.42
027	SI	Resistencias	3	Horizontal	NO	SI	0.31
028	SI		1	Horizontal	SI	NO	0.49
029	SI	Resistencias	2.1	Vertical	NO	SI	0.23
030	SI		2	Vertical	SI	SI	0.33
031	SI		0	AIRE			0.33

4.4. DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS DE AVERÍA SEGÚN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES

En primer lugar debe tenerse en cuenta que las temperaturas a las que se someten las resistencias son muy elevadas, dado que la regulación de los sistemas micro hidroeléctricos es manual y la demanda de energía varía según el horario. Cuanto menor es dicha demanda, para una misma energía producida, mayor trabajo deben realizar las resistencias, lo cual aumenta considerablemente la temperatura del agua que baña las mismas. En cuencas hidrográficas donde predomina la caliza esto puede suponer un problema, ya que la presencia de carbonato cálcico en el agua junto con las altas temperaturas alcanzadas, podrían favorecer la formación de precipitados entorno a las resistencias y llegar a colapsarlas.

Es por ello que se procede a la realización de una tabla de contingencia según la frecuencia observada de ambas variables, con el fin de establecer una relación entre el problema de las resistencias sometido a estudio y la presencia de caliza en la fuente de abastecimiento al sistema micro hidroeléctrico.

Tabla 9: Tabla de contingencia para las variables "problema resistencias" y "presencia caliza"

		PROBLEMA CON LAS RESISTENCIAS		TOTAL
		SI	NO	
PRESENCIA DE CALIZA EN LA CUENCA	SI	4	4	8
	NO	7	14	21
TOTAL		11	18	29

H_0 (hipótesis de partida) = La presencia de caliza en la cuenca hidrográfica de la fuente de agua que abastece al sistema no influye en el repentino deterioro de las resistencias del calentador.

Conforme a la mencionada Ecuación 2, se calcula el p-value suponiendo la independencia de ambas variables, dadas las frecuencias observadas:

$$p - value = \frac{8! 21! 11! 18!}{29! 4! 4! 7! 14!} = 0.2353$$

A continuación se presentan las nueve combinaciones con los posibles valores que hacen que las frecuencias marginales no se modifiquen, así como sus respectivos p-value.

Tabla 10: Posibles combinaciones de frecuencias para las variables "presencia de caliza" y "problema con las resistencias"

	a	b	c	d	p - value
(I)	0	8	11	10	0.0102
(II)	1	7	10	11	0.0816
(III)	2	6	9	12	0.2379
(IV)	3	5	8	13	0.3294
(V)	4	4	7	14	0.2353
(VI)	5	3	6	15	0.0878
(VII)	6	2	5	16	0.0165
(VIII)	7	1	4	17	0.0014
(IX)	8	0	3	18	3.84E-05

Realizando el sumatorio de los p-value menores o igual al observado se obtiene el siguiente resultado:

$$p - value = 0.0102 + 0.0816 + 0.2353 + 0.0878 + 0.0165 + 0.0014 + 3.84 \cdot 10^{-5} = 0.4328$$

$$p - value > 0.05 \rightarrow \text{Se acepta la } H_0$$

Se ha comprobado la independencia de ambas variables, lo cual indica que el deterioro precoz de las resistencias no depende de la presencia de caliza en la cuenca hidrográfica del sistema MHE.

Continuando con el análisis de las variables propuestas, se estudia la relación entre el problema de las resistencias frente a la posición vertical u horizontal de los calentadores.

Tabla 11: Tabla de contingencia para las variables "problema resistencias" y "orientación calentador"

		PROBLEMA CON LAS RESISTENCIAS		TOTAL
		SI	NO	
ORIENTACIÓN DEL CALENTADOR	VERTICAL	3	1	4
	HORIZONTAL	8	17	25
TOTAL		11	18	29

H_0 (hipótesis de partida) = La posición del calentador que disipa la energía del sistema no influye en el repentino deterioro de sus resistencias.

Se procede a realizar los cálculos oportunos para el p-value de las frecuencias observadas:

$$p - value = \frac{4! 25! 11! 18!}{29! 3! 1! 8! 17!} = 0.1250$$

A continuación se presentan las cinco combinaciones con los posibles valores que hacen que las frecuencias marginales no se modifiquen, así como sus respectivos p-value.

Tabla 12: Posibles combinaciones de frecuencias para las variables "orientación calentador" y "problema resistencias"

	a	b	c	d	p
(I)	0	4	11	14	0.1288
(II)	1	3	10	15	0.3779
(III)	2	2	9	16	0.3543
(IV)	3	1	8	17	0.1250
(V)	4	0	7	18	0.0138

Realizando el sumatorio de los p-value menores o igual al observado se obtiene el siguiente resultado:

$$p - value = 0.125 + 0.0138 = 0.1388$$

$$p - value > 0.05 \rightarrow \text{Se acepta la } H_0$$

Se ha comprobado la independencia de ambas variables, lo cual indica que el deterioro precoz de las resistencias no depende de la orientación del calentador que disipa la energía.

Seguidamente se analiza la influencia de la circulación de agua a través de los calentadores frente al rápido deterioro de las resistencias mediante una distribución Chi-cuadrado ya que se cumplen los requisitos estipulados.

Tabla 13: Distribución Chi-cuadrado para las variables "problema resistencias" y "circulación de agua"

		PROBLEMA CON LAS RESISTENCIAS		TOTAL
		SI	NO	
CIRCULACIÓN DE AGUA POR EL CALENTADOR	SI	4	9	13
	NO	7	9	16
TOTAL		11	18	29

H_0 (hipótesis nula) = La circulación de agua a través del calentador que disipa la energía en exceso no influye en el repentino deterioro de sus resistencias.

H_1 (hipótesis alternativa) = La circulación de agua a través del calentador que disipa la energía en exceso influye en el repentino deterioro de sus resistencias.

Cálculo de las f_t (frecuencias teóricas):

$$f_{t1} \rightarrow \frac{11 \cdot 13}{29} = 4.93$$

$$f_{t2} \rightarrow \frac{18 \cdot 13}{29} = 8.07$$

$$f_{t3} \rightarrow \frac{11 \cdot 16}{29} = 6.07$$

$$f_{t4} \rightarrow \frac{18 \cdot 16}{29} = 9.93$$

$$\chi^2_{calculado} = \sum \frac{(f_n - f_{tn})^2}{f_{tn}} = 0.51$$

$$v \text{ (grados de libertad)} = (n^{\circ} \text{ filas} - 1) \cdot (n^{\circ} \text{ columnas} - 1) = 1$$

Buscando en tablas, con un nivel de confianza de 0.95 (margen de error de 0.05) y 1 grado de libertad:

$$\chi^2_{tablas} = 3.84$$

$$\chi^2_{calculado} < \chi^2_{tablas} \rightarrow \text{Se acepta la } H_0$$

Por último se estudiará si la ubicación del calentador en la zona de presión del sistema MHE tiene relación con el deterioro prematuro de las resistencias.

Tabla 14: Distribución Chi-cuadrado para las variables "problema resistencias" y "ubicación en zona de presión"

		PROBLEMA CON LAS RESISTENCIAS		TOTAL
		SI	NO	
UBICADO EN ZONA DE PRESIÓN	SI	9	10	19
	NO	2	8	10
TOTAL		11	18	29

H_0 (hipótesis nula) = La ubicación en zona de presión del calentador que disipa la energía en exceso no influye en el repentino deterioro de sus resistencias.

H_1 (hipótesis alternativa) = La ubicación en zona de presión del calentador que disipa la energía en exceso influye en el repentino deterioro de sus resistencias.

Cálculo de las f_t (frecuencias teóricas):

$$f_{t1} \rightarrow \frac{11 \cdot 19}{29} = 7.21$$

$$f_{t2} \rightarrow \frac{18 \cdot 19}{29} = 11.79$$

$$f_{t3} \rightarrow \frac{11 \cdot 10}{29} = 3.79$$

$$f_{t4} \rightarrow \frac{18 \cdot 10}{29} = 6.21$$

$$\chi^2_{calculado} = \sum \frac{(f_n - f_{tn})^2}{f_{tn}} = 2.08$$

$$v \text{ (grados de libertad)} = (n^\circ \text{ filas} - 1) \cdot (n^\circ \text{ columnas} - 1) = 1$$

Buscando en tablas, con un nivel de confianza de 0.95 (margen de error de 0.05) y 1 grado de libertad:

$$\chi^2_{tablas} = 3.84$$

$$\chi^2_{calculado} < \chi^2_{tablas} \rightarrow \text{Se acepta la } H_0$$

4.5. RECOMENDACIONES Y MEJORAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS MICRO HIDROELÉCTRICOS

Para una correcta y larga vida útil de las resistencias que componen cada uno de los calentadores de los sistemas MHE, se debe garantizar su completa inmersión en agua mientras el sistema esté trabajando. Además, dado que se alcanzan elevadas temperaturas, es muy importante renovar esta agua continuamente para evitar el fallo de las mismas. Es por ello que se proponen mejoras en cada tipo de calentador para su óptima refrigeración, así como opciones para utilizar la energía producida en exceso.

4.5.1. Soluciones según el tipo de calentador

- **CALENTADOR TIPO 1 / 1.1**

Dado que este calentador ya se encuentra fuera de la zona de presión y con circulación de agua bañando sus resistencias, se propone la siguiente solución para la mejora de la durabilidad de las mismas:

✓ Incorporar un nuevo calentador para que trabaje conjuntamente para conseguir disipar una mayor cantidad de energía sin llegar al fallo de las resistencias. Dicho calentador cuenta con una posición vertical y está ubicado fuera de la zona de presión (ver Figura 26).

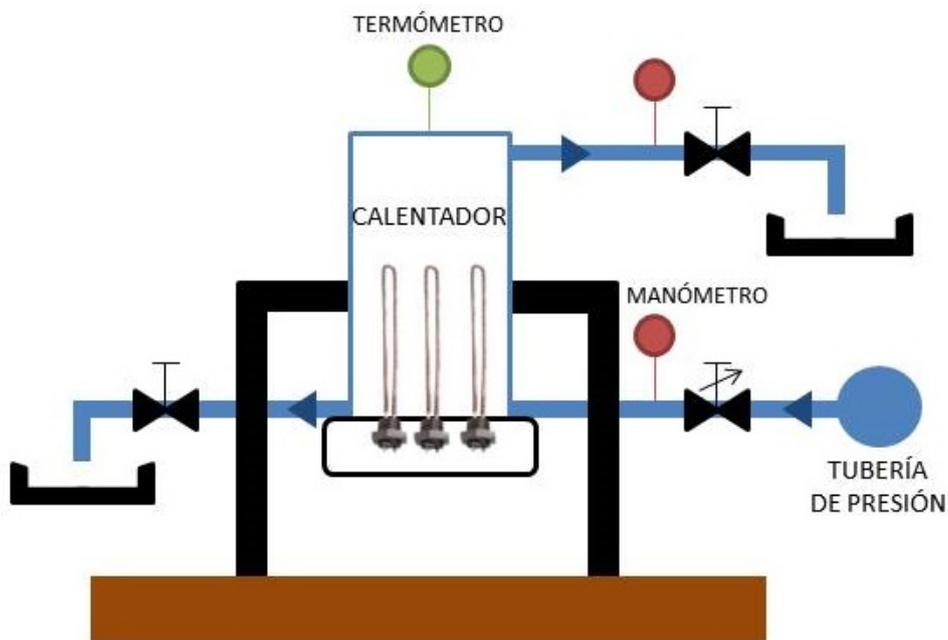


Figura 26: Calentador vertical con entrada y salida de agua por parte superior

Esta medida debe ejecutarse para los siguientes sistemas MHE: (014) El Jengibre y (016) El Dajao.

Es recomendable implementarla también es los siguientes sistemas, dado que no presentan un problema grave de deterioro de resistencias pero sí han debido cambiarlas en alguna ocasión o trabajan de forma muy forzada: (004) Las Avispas, (008) Arroyo Frío, (017) El Montazo – Vallecito y (028) Majagual.

- **CALENTADOR TIPO 2 / 2.1**

Este tipo de calentadores se encuentran en posición vertical, ubicados en la zona de presión, algunos con circulación de agua y otros con una circulación que no garantiza que el agua cubra el total de la superficie de las resistencias. Dadas las circunstancias se proponen diferentes soluciones para paliar el problema estudiado:

✓ La solución más económica se puede llevar a cabo manteniendo el calentador ya presente en el sistema MHE. Esta medida consiste en la incorporación de una tubería de salida en la parte superior del calentador. Para ello se debe inutilizar la resistencia central y hacer pasar el agua por el orificio que ocupaba. Se debe garantizar la estanquidad en las soldaduras, ya que en caso contrario el agua podría inundar los componentes eléctricos. La mencionada tubería de salida debe tener una longitud e inclinación suficiente que dificulte el vaciado de agua en caso de paro de la máquina (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 27 y Figura 28).

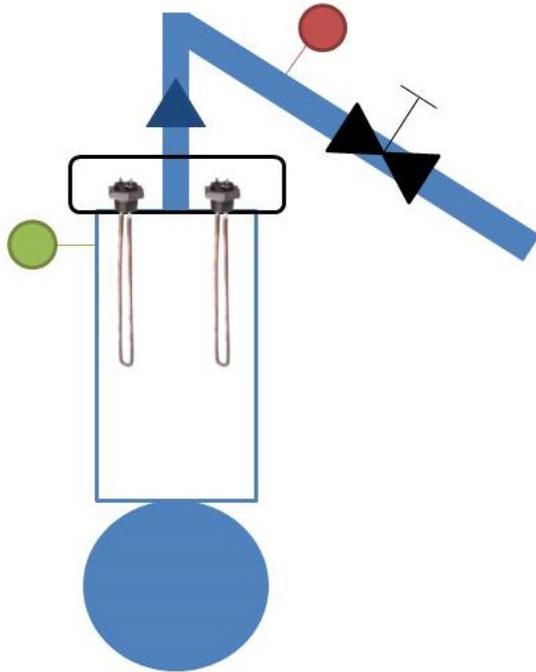


Figura 27: Calentador vertical con salida en la parte central superior.

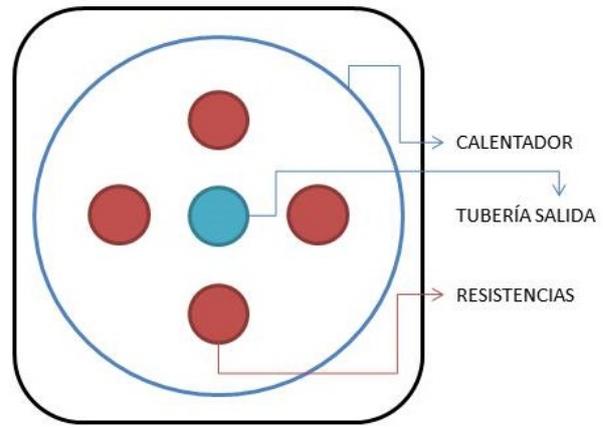


Figura 28: Vista superior de un calentador vertical con tubería de salida central.

Esta medida debe ejecutarse para los siguientes sistemas MHE: (002) El Recodo, (007) Los Naranjales y (029) Cañada Miguel.

Es recomendable implementarla también en los sistemas que tienen calentadores tipo 3 con problemas de resistencias, dado que esto mejoraría notablemente la circulación de agua. Por motivos económicos se recomienda exclusivamente su implementación en sistemas donde los calentadores estén situados en un empalme de tubería independiente mediante dos juntas, ya que en este caso simplemente debe ejecutarse una rotación de la tubería de presión sobre su eje longitudinal para conseguir la nueva posición vertical del calentador. Sería el caso de los siguientes sistemas: (024) El Jamo y (027) Villa Nizao.

✓ La siguiente solución implica modificar la posición del calentador o en su defecto, lo cual sería más ventajoso pero supondría una mayor inversión, añadir un nuevo calentador para disipar toda la energía sobrante. En este caso se debe invertir la posición del calentador, haciendo que la

cabeza de las resistencias quede en la parte inferior del mismo, y la tubería de salida de agua se encuentre en la parte superior. Es de máxima importancia que se garantice la estanquidad, dado que el agua estará sometida al efecto de la gravedad y podría mojar los componentes eléctricos en caso de filtración (ver

✓ Figura 26).

Esta medida es recomendable llevarla a cabo en todos los sistemas con calentadores tipo 2 (ver Tabla 8), siempre y cuando las condiciones económicas de la comunidad o comunidades implicadas puedan costearlo.

- **CALENTADOR TIPO 3**

Por último, este tipo de calentadores se encuentran en posición horizontal, ubicados en la zona de presión y sin circulación de agua. En este caso no se garantiza el completo baño de las resistencias, ya que estando en la zona de presión se pueden generar burbujas, que junto con las elevadas temperaturas alcanzadas por las resistencias, se conviertan en vapor, el cual impide el acceso de agua a la totalidad del calentador. A continuación se van a proponer diferentes soluciones para resolver el deterioro frecuente de resistencias:

✓ La primera opción propuesta consiste en realizar una perforación en la parte superior del cilindro, teniendo en cuenta que debe estar a la mínima distancia de la cabecera de las resistencias para garantizar la correcta circulación de agua. De nuevo es importante mencionar que las soldaduras deben ser resistentes, ya que el calentador se encuentra en la zona de presión y el agua ejerce una fuerza considerable sobre el orificio (ver Figura 29).

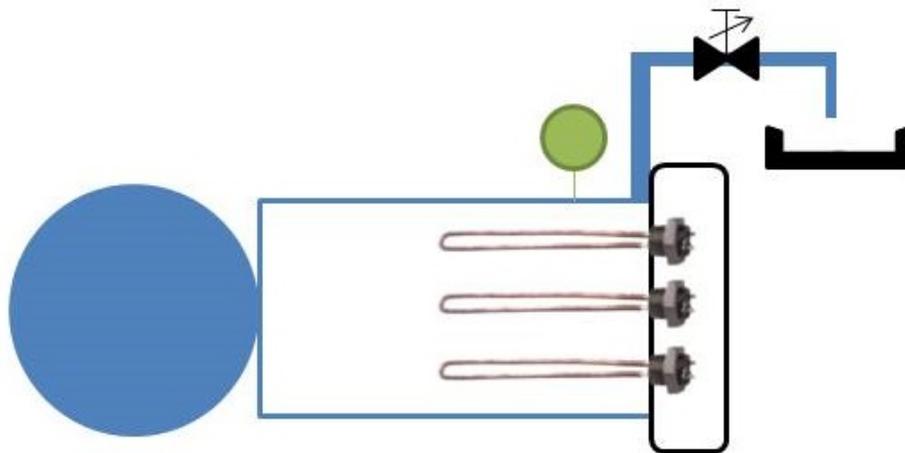


Figura 29: Calentador horizontal con tubería de salida en el extremo superior

Esta medida debe ejecutarse para los siguientes sistemas MHE: (003) La Bocaina, (006) El Limón, (009) Paso de la Perra, (010) Mata de Café, (011) Angostura, (012) El Dulce, (015) La Pionía – Canastica, (019) Los Mangos, (021) Los Lirios, (023) Tres Cruces, (024) El Jamo, (025) Chinguelo, (026) Vuelta Larga y (027) Villa Nizao.

Cabe destacar que esta medida de mejora no garantiza el éxito total en el problema de las resistencias, dado que es posible que el agua no cubra el total de las resistencias de forma continua, pero es una acción sencilla y económica de ejecutar que puede prevenir notablemente el mencionado problema.

✓ La siguiente opción es mucho más recomendable, teniendo en cuenta que la inversión para llevarla a cabo no es elevada, dado que garantiza el éxito en la completa circulación de agua a través del calentador. De la misma forma que se proponía anteriormente, se coloca el calentador en posición vertical con la tubería de salida de agua en la parte superior central (ver Figura 27).

Esta medida debe implementarse para los siguientes sistemas MHE: (024) El Jamo y (027) Villa Nizao

Es recomendable para los siguientes sistemas: (003) La Bocaina, (010) Mata de Café y (026) Vuelta Larga.

✓ En este caso la medida propuesta implica desplazar el calentador para que la entrada de agua no sea directa desde la tubería de presión. Se coloca de forma vertical, con las resistencias introducidas por la parte inferior y la salida de agua por la parte superior. Dependiendo del nivel económico de la comunidad afectada, se recomienda valorar la posibilidad de mantener el calentador inicial y agregar uno nuevo, fuera de la zona de presión, con las condiciones expuestas (ver

✓ Figura 26).

Esta medida es recomendable para los siguientes sistemas MHE: (006) El Limón, (015) La Pionía – Canastica, (019) Los Mangos, (021) Los Lirios, (024) El Jamo y (027) Villa Nizao.

Se puede comprobar que se han propuesto diferentes medidas para un mismo sistema MHE por tal de ampliar las posibilidades de mejora, siempre dependiendo de las condiciones económicas de cada comunidad.

También es necesario controlar a través la temperatura que alcanza el agua que sumerge las resistencias, limitándola a 80°C, con el fin de que no se generen vapores que puedan perjudicar el correcto funcionamiento de los disipadores de energía.

4.5.2. Soluciones para una menor producción de energía

Las medidas anteriormente expuestas deben implementarse en los sistemas MHE especificados, pero también es importante regular la energía producida en función de la demanda. Es por ello que se proponen diferentes opciones para emplear la energía en exceso y no forzar las resistencias, permitiendo así que no se eleve en exceso la temperatura de los calentadores.

- Regular la válvula que controla el caudal de entrada a la turbina en función de la demanda de la población, siempre y cuando sea posible modificarlo varias veces al día. En el caso de (025)

El Chinguelo, se debe revisar y arreglar dicha válvula, ya que debido a la vibración generada no es posible cerrarla parcialmente.

Esta medida busca prevenir fallos en las resistencias, es por ello que se debe implementar en todos los sistemas MHE de fácil acceso, a pesar de que los calentadores funcionen correctamente, ya que no supone ningún coste económico para los beneficiarios de la electricidad.

- Implementar un sistema de regulación automática de caudal según la demanda, garantizando que no habrá exceso de producción en horas valle.

4.5.3. Soluciones para el aprovechamiento de la energía producida en exceso

En muchos de los sistemas micro hidroeléctricos estudiados se genera más energía de la necesaria, debiendo disiparla a través de las resistencias eléctricas, y perdiendo una energía que podría aprovecharse para diferentes usos. Dependiendo de la potencia de la turbina instalada y la demanda media de la comunidad se deberá estudiar la viabilidad para cada uno de los sistemas afectados. A continuación se proponen alternativas para el aprovechamiento de dicha energía y la contribución para un medio de vida local sostenible:

- **Secaderos comunitarios:**

Consiste en la instalación de infraestructuras sencillas a base de madera y plásticos o lonas. Mediante un compresor, activado por la energía remanente del sistema MHE, se introduce aire dentro del recinto, lo cual facilita la etapa de secado.

Como objetivo se busca que el proyecto contribuya a prosperar la economía de la comunidad, a través de productos locales con los que poder comerciar. Podría ser útil para el cacao, maní (cacahuete) o tabaco entre otros.



Figura 30: Ejemplo para la estructura de un secadero

- **Sistema de riego en vivero:**

Dado que existen numerosos viveros comunitarios, los cuales contribuyen al empleo y economía local, se propone emplear la energía excedente en la automatización del riego del mismo.

- **Bomba para impulsar agua:**

Bien puede emplearse para hacer llegar el agua a los cultivos, a un depósito o las propias viviendas donde la infraestructura del sistema de agua corriente no esté desarrollada.

- **Calentador de agua:**

Esta propuesta consiste en instalar un calentador en la propia comunidad, a través del cual se puede conseguir agua caliente para diferentes usos, como por ejemplo lavar la ropa.

Estas son algunas medidas propuestas para conseguir reducir el exceso de energía producida, pudiéndose conectar en las horas con demanda valle y desconectar cuando haya picos de demanda. Se pueden llevar a cabo dependiendo del nivel económico de la comunidad rural usuaria.

5. CONCLUSIONES

Como consecuencia de la realización de este Trabajo de Fin de Grado, se llega a las siguientes conclusiones:

- Los parámetros fisicoquímicos analizados, la presencia de caliza en las cuencas hidrográficas y las variables sometidas a estudio no afectan de manera significativa al deterioro prematuro de las resistencias que disipan la energía en exceso.
- Para garantizar que las resistencias de los calentadores estén completa y continuamente sumergidas en agua deben implementarse medidas directas sobre los disipadores de energía, de acuerdo con las indicaciones recogidas para cada sistema MHE en el apartado 4.5 de la presente memoria. También debe asegurarse la renovación del agua que baña las resistencias de forma regulable para evitar el sobre-calentamiento de las mismas. Por este motivo se vigilará la temperatura con termómetros introducidos en los calentadores, evitando sobrepasar los 80°C.
- Se proponen medidas económicas y rápidas que pueden solucionar el problema con las resistencias de manera efectiva, dado que con una buena circulación de agua a través de los calentadores, se puede garantizar gran parte del éxito para paliar dicho inconveniente.
- En la medida de lo posible, se incluirán reguladores de flujo de entrada automática a las turbinas que permita regular la generación de energía, en concordancia con la demanda del momento.
- Se fomentará la actividad económica local mediante la implantación de iniciativas que favorezcan un medio de vida sostenible y liberen el exceso de energía producida.

Propuesta de continuación del trabajo

- Estudiar detenidamente la viabilidad de la implementación de nuevas iniciativas, dependiendo de las necesidades comunitarias y su financiación.
- Analizar las variables cualitativas sometidas a estudio (problema de resistencias, circulación de agua, orientación y posición de los calentadores) de los sistemas MHE no incluidos en el presente trabajo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- (2012). *IX Censo Nacional de Población y Familia. Informe General. Volumen 1.*
- CEPAL. (17 de abril de 2018). Obtenido de <https://oig.cepal.org/es/paises/21/system>
- Ambiente, G., PPS-SGP-FMAM-PNUD, & IAF. (2016). *Luz de agua*. Santo Domingo.
- Banco Mundial*. (s.f.). Recuperado el 17 de abril de 2018, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD?locations=DO>
- Comission, N. E. (2014). *Perspectiva de la Demanda de Energía de República Dominicana 2010-2030*.
- Countrymeters*. (s.f.). Recuperado el 17 de abril de 2018, de http://countrymeters.info/es/Dominican_Republic
- DIAZ, N. C. (2015). Evaluation of micro hydro rural electrification projects in the Dominican Republic. *Tesis universitaria*.
- Díaz, N. C. (2015). Evaluation of micro hydro rural electrification projects in the Dominican Republic. . Cologne University y Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Forum, W. E. (2010). *The Global Competitiveness Report 2010-2011*.
- Garmin*. (s.f.). Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de <https://buy.garmin.com/es-ES/ES/p/30926>
- Hernández, M. A., Espinosa, L. M., & Abad, J. N. (2012). *Instalaciones eléctricas básicas*. Paraninfo.
- Interconectado, O. C. (2012). *Memoria Anual 2011 del sector eléctrico*.
- Izzo, M., Aucelli, P., Maratea, A., Méndez, R., Pérez, C., Roskopf, C., y otros. (s.f.). *A new climatic map of the Dominican Republic based on the Thorntwaite classification*. .
- Ministerio de Turismo de la República Dominicana*. (s.f.). Recuperado el 17 de abril de 2018, de <http://www.godominicanrepublic.com/es/sobre-rd/>
- Ministerio Medio Ambiente*. (s.f.). Recuperado el 18 de abril de 2018, de <http://ambiente.gob.do/cuencas-hidrograficas/>
- Miranda, I. E. (2009). *Estadística descriptiva y probabilidad*. Universidad de Cádiz.
- Obrevatorio Político Dominicano*. (s.f.). Recuperado el 17 de abril de 2018, de <http://www.opd.org.do/index.php/analisis-partidos-politicos/603-sistema-electoral-y-sistema-de-partidos-en-republica-dominicana-1978-2008>
- PNUD*. (s.f.). Recuperado el 19 de abril de 2018, de <http://www.cl.undp.org/content/chile/es/home/presscenter/pressreleases/2015/03/10/el->

programa-de-peque-os-subsidios-pnud-del-fondo-para-el-medio-ambiente-mundial-invertir-m-s-de-134-millones-de-d-lares-en-al-y-el-caribe-en-los-pr-ximos-cuatro-a-os.html

PPS-DOM. (s.f.). Recuperado el 19 de abril de 2018, de <http://ppsdm.org/informacion/informacion-del-programa/>

República Dominicana clima y vegetación. (s.f.). Recuperado el 18 de abril de 2018, de <https://geografia.laguia2000.com/climatologia/republica-dominicana-clima-y-vegetacion>

(2016). World Small Hydropower Development Report 2016. En A. Sánchez, & M. Izzo.

DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. CAPÍTULO 1: COSTES DE INGENIERÍA	5
2. CAPÍTULO 2: COSTES DE DESPLAZAMIENTO	5
3. CAPÍTULO 3: COSTES DE ANÁLISIS.....	6
4. CAPÍTULO 4: COSTES POR AMORTIZACIÓN.....	6
5. COSTES TOTALES	7

1. CAPÍTULO 1: COSTES DE INGENIERÍA

En esta categoría se determina el coste por el desarrollo del presente trabajo, con un total de 300 horas trabajadas.

Tabla 15: Costes de recursos humanos

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
I	h	Experimentación analítica	30	72	2160
I	h	Búsqueda bibliográfica	30	28	840
I	h	Redacción TFG	30	200	6000
				TOTAL	9000

Para el desarrollo del TFG se debe tener en consideración la amortización del ordenador empleado, tal y como se detalla en la Tabla 18.

2. CAPÍTULO 2: COSTES DE DESPLAZAMIENTO

En este capítulo se detalla el coste por desplazamiento para la toma de las muestras de agua, incluyendo los recursos humanos empleados.

Se han considerado las dietas para dos personas durante los 9 días que duró la recogida de muestras en total.

Tabla 16: Costes de desplazamiento

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
D	h	Chofer del PPS-SGP	4	72	288
D	h	Becario en Ingeniería Química	6.25	72	450
D	l	Gasolina	1.06	250	265
D	día	Dietas	20	18	360
D	factura	Reparaciones en taller automovilístico	70.18	2	140.35
				TOTAL	1503.35

Para el desplazamiento se ha empleado un automóvil, cuyo coste viene determinado en la : Coste de amortización

Tabla 18, dado que está sujeto a amortización.

3. CAPÍTULO 3: COSTES DE ANÁLISIS

En este apartado se determina el coste realización de los análisis fisicoquímicos y determinación de variables de funcionamiento.

Tabla 17: Costes de análisis

Ref.	Ud.	Descripción	Coste unitario	Cantidad	Importe (€)
A	análisis	Análisis laboratorio (INDRHI)	217.54	1	217.54
				TOTAL	217.54

Para el análisis de las muestras de agua in situ se han empleado diferentes instrumentos, tres de los cuales no se han podido contemplar ya que se desconoce su marca o precio, pero el GPS utilizado sí que se ha podido recoger en la Tabla 18.

También se ha empleado una cámara fotográfica para la determinación de las variables de funcionamiento, tal y como se contempla en la Tabla 18.

4. CAPÍTULO 4: COSTES POR AMORTIZACIÓN

Se ha considerado una amortización lineal para los siguientes instrumentos empleados.

Dada la Ecuación 5 se consigue calcular el coste de amortización de cada uno de los elementos utilizados.

$$Coste = \frac{\text{precio unitario}}{\text{tiempo de amortización}} \cdot \text{tiempo de uso}$$

Ecuación 5: Coste de amortización

Tabla 18: Costes del instrumental sujeto a amortización

Ref.	Precio (€)	Descripción	Tiempo de amortización (años)	Cantidad (días)	Importe (€)
AM	25000	Automóvil Toyota Hilux	20	9	31.25
AM	300	Cámara réflex Sony a-70	10	9	0.75
AM	199	GPS Garmin Dakota 20	15	9	0.33
AM	455	Ordenador HP Pavilion	10	75	9.48
				TOTAL	41.81

5. COSTES TOTALES

A continuación se realiza el sumatorio de todos los costes involucrados en el proceso de realización de este TFG, anteriormente detallados.

Tabla 19: Costes totales

Ref.	Capítulo	Descripción	Importe (€)
I	1	Costes de ingeniería	9000
D	2	Costes de desplazamiento	1503.35
A	3	Costes de análisis	217.54
AM	4	Costes por amortización	41.81
TOTAL			10762.7

El presupuesto total de este Trabajo de Fin de Grado asciende a la cantidad de **DIEZ MIL SETECIENTOS SESENTA Y DOS EUROS CON SIETE CÉNTIMOS.**

DOCUMENTO III: ANEXOS

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

1. HOJAS DE DATOS 5

1. HOJAS DE DATOS

Tabla 20: Formulario para recoger los datos necesarios en la visita a los sistemas MHE

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO:	NÚMERO DE CONTROL:
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: HORA TOMA: COORDENADAS TOMA MUESTRA: ALTITUD: DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: NOMBRE DE LA FUENTE: COMUNIDAD: MUNICIPIO: PROVINCIA:</p>	<p>FOTOGRAFÍA</p>	
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: PH: SOLIDOS TOTALES DISUELTOS:</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>PRECIPITACIONES: TIPO DE LITOLÓGÍA:</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: POTENCIA SISTEMA: FAMILIAS SUMINISTRADAS: CAUDAL: TIPO DE TURBINA:</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS:</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p>	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p>	

Tabla 21: Ficha resumen tras la visita a Arroyo Majagua

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Arroyo Majagua	NÚMERO DE CONTROL: 001
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 31/01/2018 HORA TOMA: 15:45h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0311760 2107011 ALTITUD: 514 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Manguera de salida de la turbina dentro de la casa de máquinas NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Majagua COMUNIDAD: Arroyo Majagua MUNICIPIO: Yamasá PROVINCIA: Monte Plata</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 20.9 °C PH: 6.9 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 60 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>PRECIPITACIONES: Bastante frecuencia TIPO DE LITOLOGÍA: Esquistos y Dioritas</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Marzo 2011 POTENCIA SISTEMA: 23 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 39 + 1 negocio CAUDAL: 47 l/s TIPO DE TURBINA: Turgo</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos con formación visual.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Caja de bola (Rodamiento):</u> Se cambió en 2016. Tienen otro recambio para cambiarla próximamente. • <u>Breacker (Interruptor):</u> Tienen el recambio para cambiarlo próximamente. • <u>Copling (Transmisión):</u> Se cambió en 2016. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Todos los meses se engrasa el eje. Ha habido varias fugas en las tuberías que se reparan inmediatamente. No ha habido fallos en el tendido eléctrico.</p> <p>No existe ningún problema destacable.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 22: Ficha resumen tras la visita a El Recodo

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Recodo	NÚMERO DE CONTROL: 002
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 16/02/2018 HORA TOMA: 18:00h DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Las Cañas COMUNIDAD: El Recodo MUNICIPIO: Guayabal PROVINCIA: Azua</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 22.7°C PH: 8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 137 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Traquiandesitas, flysch y depósitos fluviales.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: 2013 POTENCIA SISTEMA: 40 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 120 CAUDAL: 320 l/s TIPO DE TURBINA: Flujo cruzado</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Se cambian constantemente. • Rodete de la turbina: Posiblemente por desgaste del agua. Se cambió hace 2 años. • Copling (Transmisión): Se cambió hace un mes. • Caja de bola (Rodamientos): Se ha cambiado 3 veces. • Relay (Relé): Se cambió hace poco tiempo. • Breaker (interruptor): Se queman con frecuencia. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se visita a diario, se comprueba que todo funciona correctamente y se limpia. Cada 2 días se limpia el desarenador, y si llueve se va a diario. Se engrasa 3 veces por semana. Frecuentemente se comprueba el estado de los soportes de hormigón que elevan las tuberías. También se pasa una soga por dentro de los tubos para eliminar sedimentos. El principal problema son las resistencias, que duran entre 5 y 15 días. Se observa que la máquina está produciendo más del doble de la energía consumida. Se le aconseja bajar el caudal para no forzar tanto las resistencias.</p> <p>Problema de resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Regular el caudal de entrada a la turbina para generar menos energía, acorde a su demanda.</p> <p>Incluir una tubería de salida de agua en la parte superior central del calentador y eliminar la tubería lateral.</p> <p>Debido a la escasa duración de las resistencias, se propone la adición de un nuevo calentador vertical fuera de la zona de presión, donde las resistencias se colocaran abajo y la salida del agua fuera por la parte superior, lo cual garantizará que no quedarán zonas secas o con vapor.</p>	

Tabla 23: Ficha resumen tras la visita a La Bocaina

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: La Bocaina	NÚMERO DE CONTROL: 003
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 01/02/2018 HORA TOMA: 11:30h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q ALTITUD: 1973 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Manteca COMUNIDAD: La Bocaina MUNICIPIO: Rancho Arriba PROVINCIA: San José de Ocoa</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 17 °C PH: 7.9 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 92 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>PRECIPITACIONES: Mucha frecuencia TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas y Tonalita</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Enero 2013 POTENCIA SISTEMA: 10 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 32 CAUDAL: 55 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos con formación en diferentes talleres en Jarabacoa y 1 auxiliar (ayudante).</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Bombillos de la calle:</u> Se están cambiando. • <u>Computadora:</u> Se dañó por culpa de una descarga. • <u>Tarjeta:</u> Es el controlador de voltaje. • <u>Resistencias:</u> Se han cambiado 2/3 veces. Se debía a que el transformador estaba lejos de la casa de máquinas y daba problemas. Fue un fallo de instalación que se solucionó cambiando la ubicación del transformador (bajándolo cerca de la casa de máquinas). 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Cada 2/3 días van a visitar la turbina. Limpian y engrasan las piezas. Controlan los sedimentos abriendo la llave de paso. Limpian los desarenadores de hojas y suciedad 2 o 3 veces al día. El problema de las resistencias se solucionó al cambiar el transformador de lugar.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 24: Ficha resumen tras la visita a Las Avispas

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Las Avispas	NÚMERO DE CONTROL: 004
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 01/02/2018 HORA TOMA: 12:30h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0344509 2064256 ALTITUD: 2094 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Las Avispas COMUNIDAD: Las Avispas MUNICIPIO: San José de Ocoa PROVINCIA: San José de Ocoa</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 16.1 °C PH: 8.1 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 212 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>PRECIPITACIONES: Todas las semanas TIPO DE LITOLÓGÍA: Rocas magmáticas</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Abril 2015 POTENCIA SISTEMA: 26 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 30 CAUDAL: 75.7 l/s TIPO DE TURBINA: Turgo</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anillo caja de bola (Rodamiento): Se cambió hace 15 días. • Copling (Transmisión): Se aflojó 2 veces. Sólo se vuelve a ajustar, no se cambia. • Resistencias: Se cambiaron una vez 3 resistencias. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>El desarenador se limpia mensual (está incómodo para acceder – cerca del Higuito). Cada 8 días se le da mantenimiento a la turbina. Se limpia el calentador, se limpia la grasa y se vuelve a engrasar. Con diferencia es la máquina más limpia visitada.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 25: Ficha resumen tras la visita a El Higuito

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Higuito	NÚMERO DE CONTROL: 005
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 01/02/2018 HORA TOMA: 13:40h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q ALTITUD: 2367 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina dentro de la casa de máquinas NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo El Café COMUNIDAD: El Higuito MUNICIPIO: San José de Ocoa PROVINCIA: San José de Ocoa</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 18.5 °C PH: 8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 145 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>TIPO DE LITOLÓGÍA: Rocas magmáticas</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Febrero 2014 POTENCIA SISTEMA: 25 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 37 CAUDAL: 34.69 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Se quemó. • Goma de la tubería: Se dañó y la cambiaron. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Se hace el mantenimiento 2/3 veces por la semana. Se limpia y se engrasa. Cada 20 días se abre la llave de paso para eliminar los sedimentos.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 26: Ficha resumen tras la visita a El Limón

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Limón	NÚMERO DE CONTROL: 006
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 01/02/2018 HORA TOMA: 16:10h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0343445 2063668 ALTITUD: 2233 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo El Limón COMUNIDAD: El Limón MUNICIPIO: San José de Ocoa PROVINCIA: San José de Ocoa</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 12.1°C PH: 8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 127 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>PRECIPITACIONES: Cada 2 semanas, mucho. TIPO DE LITOLOGÍA: Caliza, margas, areniscas, conglomerados, flysch.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Noviembre 2012 POTENCIA SISTEMA: 22 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 79 CAUDAL: 31.54 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Hace 3 meses explotaron las resistencias. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Se hace el mantenimiento cada 15 días. Se limpia y se engrasa. En época de sequía cambiaron de fuente, empalmando otras tuberías.</p> <p>Problema con las resistencias, las deben cambiar con más frecuencia de lo habitual.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Incluir una tubería de salida en la parte superior del calentador lo más cercana posible a la cabecera de las resistencias. Las soldaduras deben ser bien resistentes ya que la entrada de agua al calentador se encuentra en la zona de presión.</p>	

Tabla 27: Ficha resumen tras la visita a Los Naranjales

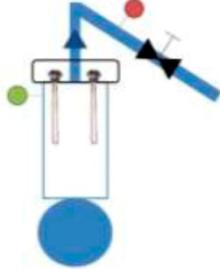
TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Los Naranjales	NÚMERO DE CONTROL: 007
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 01/02/2018 HORA TOMA: 17:45h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0343776 2045157 ALTITUD: 2421 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina dentro de la casa de máquinas NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Blanco COMUNIDAD: Los Naranjales MUNICIPIO: Baní PROVINCIA: Peravia</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 13.6 °C PH: 7.7 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 122 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Caliza, margas, areniscas, conglomerados, flysch.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Agosto 2010 POTENCIA SISTEMA: 18 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 66 CAUDAL: 28.39 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Se dañaban mensualmente. Se cambiaron los calentadores a una posición vertical para favorecer el paso de agua. Ahora duran hasta un año. • Tuberías PVC: Han tenido muchos problemas de fugas. • Junta del braiser: Por la presión que llevaba la tubería. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>En el mantenimiento se engrasa, se destapa la rejilla (tamiz) y se solucionan las averías en la red.</p> <p>Problema con las resistencias. Cambiaron a posición vertical del calentador y mejoró el problema significativamente.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Incluir una tubería de salida del calentador en la parte superior del mismo, eliminando la resistencia central. Para garantizar que no retorne aire en caso de paro, la tubería tendrá una inclinación como la expuesta a continuación:</p> 	

Tabla 28: Ficha resumen tras la visita a Arroyo Frío

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Arroyo Frío	NÚMERO DE CONTROL: 008
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 05/02/2018 HORA TOMA: 9:45h ALTITUD: 3260 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina NOMBRE DE LA FUENTE: Río Arroyo Frío COMUNIDAD: Arroyo Frío MUNICIPIO: La Vega PROVINCIA: Jarabacoa</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 11.1 °C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 33 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, tonalita y depósitos fluviales.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Enero 2015 POTENCIA SISTEMA: 150 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 260 CAUDAL: 315.45 l/s TIPO DE TURBINA: Turgo</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico para turbina, otro para la obra de toma y otro para redes eléctricas.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cajas de bola: Se cambiaron 2 en agosto de 2017. • Transformadores: Se cambiaron. • Líneas: Se cambió una parte. • Tuberías: Se cambiaron 2 curvas de la tubería. Actualmente sigue habiendo una pequeña fuga en una de las curvas. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Se visita a diario la casa de máquinas. En el mantenimiento se engrasa, limpia y comprueba el buen funcionamiento. Los calentadores se limpiaron en noviembre de 2017. En época de lluvias se limpian las hojas y suciedad del desarenador cada 15 días.</p> <p>Ningún problema a destacar, pero se observa que el agua sale muy caliente tras circular por los calentadores, lo cual significa que se está disipando mucha energía.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 29: Ficha resumen tras la visita a Paso de la Perra

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Paso de la Perra	NÚMERO DE CONTROL: 009
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 05/02/2018 HORA TOMA: 10:30h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0307040 2110148 ALTITUD: 2959 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Tubería de salida de la turbina, cruzando el río (20m aprox.) NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Las Auyamas COMUNIDAD: Paso de la Perra MUNICIPIO: La Vega PROVINCIA: Jarabacoa</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 26.6 °C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 50 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas y depósitos fluviales.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Diciembre 2009 POTENCIA SISTEMA: 45 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 128 CAUDAL: 50.47 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico y 1 ayudante. Otro técnico para la obra de toma.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caja de bola: Se cambió hace 2 meses. • Red: Hubo un fallo, ya que se pegaron dos cables. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Cada 3 días se engrasa. Cualquier fallo que se produzca se arregla. El técnico de la obra de toma se encarga de limpiar las hojas del desarenador cuando se ensucia.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 30: Ficha resumen tras la visita a Mata de Café

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Mata de Café	NÚMERO DE CONTROL: 010
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 05/02/2018 HORA TOMA: 11:20h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0310587 2106042 ALTITUD: 3631 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Bonito COMUNIDAD: Mata de café MUNICIPIO: La Vega PROVINCIA: Jarabacoa</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 12.1 °C PH: 7.5 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 40 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>TIPO DE LITOLÓGÍA: Rocas magmáticas, tonalita y depósitos fluviales.</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Diciembre 2013 POTENCIA SISTEMA: 22 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 98 CAUDAL: 31.54 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Caja de bola:</u> Hay que cambiar los retenedores. • <u>Tuberías:</u> Han tenido problemas con las tuberías. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Cada 2 días se visita la máquina y se limpia el filtro. El desarenador se limpia cada 15 días o un mes. Se engrasa mensualmente. Dos o tres veces han limpiado los sedimentos de los calentadores. Éstos no tienen circulación de agua porque no hay salida. Se les dan instrucciones para que hagan un agujero y conecten una manguera para que circule agua y refrigere mejor. Hace un par de años hubo problemas de sequía y tenían que turnar la luz por sectores.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 31: Ficha resumen tras la visita a Angostura

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Angostura	NÚMERO DE CONTROL: 011
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 05/02/2018 HORA TOMA: 12:40h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0311694 2107059 ALTITUD: 3108 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina dentro de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Pajarito COMUNIDAD: Angostura MUNICIPIO: La Vega PROVINCIA: Jarabacoa</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 23 °C PH: 7.6 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 45 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, tonalita y depósitos fluviales.</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Diciembre 2009 POTENCIA SISTEMA: 17 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 72 CAUDAL: 47.31 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico de redes y 2 encargados de la máquina.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Copling:</u> Lo cambiaron hace 6 meses. • <u>Resistencias:</u> Las cambiaron hace una semana. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Cada 8 días se visita la máquina, a no ser que se estropee antes. Se engrasa cada 15 días. Los calentadores no tienen circulación de agua porque no hay salida, aun así están fríos.</p> <p>Ningún problema a destacar. No es frecuente que cambien las resistencias, a pesar de que lo hicieron poco antes de la visita.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 32: Ficha resumen tras la visita a El Dulce

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Dulce	NÚMERO DE CONTROL: 012
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 05/02/2018 HORA TOMA: 14:20h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0317175 2106386 ALTITUD: 3469 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas (en el río). NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo El Nuez COMUNIDAD: El Dulce MUNICIPIO: La Vega PROVINCIA: Jarabacoa</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 14.8 °C PH: 7.6 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 34 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>TIPO DE LITOLÓGÍA: Rocas magmáticas y tonalita.</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Julio 2011 POTENCIA SISTEMA: 45 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 53 CAUDAL: 59.93 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Tornillo de brazo de inicio:</u> Lo han cambiado 2 veces. • <u>Resistencias:</u> Hay 2 resistencias para cambiar. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Todos los días limpian el desarenador. La máquina se visita 2 veces al día o incluso 3 veces si llueve. Se debe regular tantas veces al día porque el caudal no es estable. Han tenido muchos problemas con la junta de tuberías. Una reventó por vandalismo. En una ocasión se filtró un palo que atascó la turbina. Hubo que retirarlo y continuó funcionando. Ahora está parada por falta de caudal.</p> <p>El caudal es inestable.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 33: Ficha resumen tras la visita a Los Calabazos

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Los Calabazos	NÚMERO DE CONTROL: 013
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 05/02/2018 HORA TOMA: 15:30h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0318470 2110014 ALTITUD: 2363 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Los Marranitos COMUNIDAD: Los Calabazos MUNICIPIO: La Vega PROVINCIA: Jarabacoa</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 16.7 °C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 69 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Febrero 2001 POTENCIA SISTEMA: 11 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 35 CAUDAL: 30.4 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breaking: Se cambió. • Turbina: Hubo que cambiarla por la erosión de los sedimentos. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>No se dispone de datos del mantenimiento. Tiene calentadores aéreos en la pared, los cuales disipan la energía.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 34: Ficha resumen tras la visita a El Jengibre

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Jengibre	NÚMERO DE CONTROL: 014
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 06/02/2018 HORA TOMA: 8:15h COORDENADAS TOMA MUESTRA: UTM 19 Q 0238472 2139546 ALTITUD: 1235 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo La Luisa COMUNIDAD: El Jengibre MUNICIPIO: Villa Los Almácigos PROVINCIA: Santiago Rodríguez</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 14.2 °C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 82 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>PRECIPITACIONES: TIPO DE LITOLÓGÍA: Rocas magmáticas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Diciembre 2009 POTENCIA SISTEMA: 17 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 30 CAUDAL: 44.16 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico y 1 ayudante.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Transformadores: Se han quemado varios y ahora están funcionando sólo con uno. · Gobernador: No se queda arriba, por eso cae agua al suelo. · Resistencias: Se deben cambiar con mucha frecuencia. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Cada 5 días van a visitar la máquina. Cada 15 días, o cada vez que llueve, limpian el lodo de los calentadores. Cada 3 días se limpia el desarenador, ya que baja mucha arena por un derrumbe. La última vez que se engrasó fue en diciembre (2 meses atrás). Los calentadores han sido el mayor problema. También ha habido problemas con las tuberías. Hubo que reponer un trozo de cable por vandalismo.</p> <p>Problema con las resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Realizar un mantenimiento más exhaustivo principalmente en cuanto a la limpieza del calentador. Ampliar la longitud de la tubería de entrada al calentador para disminuir la presión de entrada de la misma. Regulación del caudal de entrada a la turbina para controlar el exceso de producción de energía.</p>	

Tabla 35: Ficha resumen tras la visita a La Pionía - Canastica

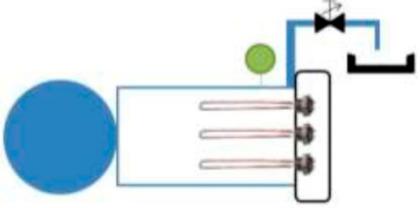
TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: La Pionía - Canastica	NÚMERO DE CONTROL: 015
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 06/02/2018 HORA TOMA: 10:15h ALTITUD: 1332 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina dentro de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo La Pionía COMUNIDAD: La Pionía y La Canastica MUNICIPIO: Villa Los Almácigos PROVINCIA: Santiago Rodríguez</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 17.2 °C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 90 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: 2010 POTENCIA SISTEMA: 11 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 32 CAUDAL: 32 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos, uno en cada comunidad.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Se han tenido que cambiar más de 10 veces. • Breacker: Hubo que cambiarlo. • Transformador: Hubo que cambiarlo. • Bombillos: Se queman con frecuencia. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Todas las semanas van a visitar la máquina. Cada 15 días se engrasa. El desarenador no se limpia con frecuencia, durante la visita estaba tapado y el agua no circulaba bien. Como hay menos familias suministradas de la capacidad que tiene la máquina, sobra mucha energía que tiene que ser disipada en los calentadores. Cuando se cambian las resistencias se aprovecha a limpiar la turbina.</p> <p>Problema con las resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Incluir una tubería de salida en la parte superior del calentador lo más cercana posible a la cabecera de las resistencias. Las soldaduras deben ser bien resistentes ya que la entrada de agua al calentador se encuentra en la zona de presión.</p> 	

Tabla 36: Ficha resumen tras la visita a El Dajao

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Dajao	NÚMERO DE CONTROL: 016
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 06/02/2018 HORA TOMA: 13:15h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 0238472 2139546 ALTITUD: 1367 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo El Dajao COMUNIDAD: El Dajao MUNICIPIO: Villa Los Almácigos PROVINCIA: Santiago Rodríguez</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 19.5 °C PH: 7.7 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 76 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, tonalita, gabros y piroxenitas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Junio 2015 POTENCIA SISTEMA: 50 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 63 CAUDAL: 189.27 l/s TIPO DE TURBINA: Flujo cruzado</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Se han tenido que cambiar unas 45. • Diodo: Se quemó el año pasado. • Cedazo: Hay que arreglarlo, ya que está caído. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Cada 3 días visita la máquina. Como mantenimiento limpia las resistencias, apaga el sistema y engrasa la caja de bola. También vacía las tuberías. El desarenador lo limpia cuando tiene arena acumulada. Ahora están funcionando sólo con la mitad de las resistencias (5). El propio técnico maneja los fallos y cambios de piezas. La compuerta de la presa no funciona correctamente; no se puede cerrar, por lo que se acumula más arena de lo normal.</p> <p>Problema con las resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Realizar un mantenimiento más exhaustivo y frecuente en cuanto a la limpieza del calentador. Regulación del caudal de entrada a la turbina para controlar el exceso de producción de energía. Arreglo de la compuerta en la toma de agua, ya que entra más arena de la deseada.</p>	

Tabla 37: Ficha resumen tras la visita a El Montazo - El Vallecito

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Montazo – El Vallecito	NÚMERO DE CONTROL: 017
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 06/02/2018 HORA TOMA: 16:50h COORDENADAS TOMA MUESTRA: ALTITUD: 942 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Río Guayubín COMUNIDAD: El Montazo y el Vallecito MUNICIPIO: Sabaneta PROVINCIA: Santiago Rodríguez</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 20.3°C PH: 8.1 SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS: 87 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLÓGÍA: Rocas magmáticas, tonalita, gabros y piroxenitas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Octubre 2013 POTENCIA SISTEMA: 132 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 144 CAUDAL: 757.08 l/s TIPO DE TURBINA: Flujo cruzado</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 4 técnicos.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Se dañaron 2 cuando se instaló la máquina. • Redes y aisladores: Se han dañado por la caída de árboles. • Fusibles: Se han cambiado. • Tarjeta: Se ha cambiado una vez. • Capacitores (Condensadores eléctricos): Se han cambiado unos 15. Se mejoró la calidad de la pieza y ahora dura más. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Todos los días visita la máquina y limpieza de la rejilla. Los técnicos se van turnando para realizar el mantenimiento. Cada 15 días engrasan la máquina. El desarenador se limpia cuando llueve mucho.</p> <p>Problema con los condensadores eléctricos (capacitores) aparentemente resuelto.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 38: Ficha resumen tras la visita a La Cabirma

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: La Cabirma	NÚMERO DE CONTROL: 018
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 07/02/2018 HORA TOMA: 8:30h ALTITUD: 942 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Naranjito COMUNIDAD: La Cabirma MUNICIPIO: Sabaneta PROVINCIA: Santiago Rodríguez</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 17.1°C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 85 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, gabros y piroxenitas.</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: 2013 POTENCIA SISTEMA: 10 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 54 CAUDAL: 25.5 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Correa:</u> Se dañó hace 6 meses y se cambió. • <u>Transformador:</u> Se quemó por tormenta eléctrica. • <u>Retenedora de un rodamiento:</u> Está rota y fuga agua, hay que cambiarla. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Cada 3 días se visita la máquina, aunque si llueve se visita a diario. Se engrasa de forma mensual, se limpian los filtros cada 6 días, y el desarenador cada 10 (si llueve, cada 2 o 3 días).</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 39: Ficha resumen tras la visita a Los Mangos

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Los Mangos	NÚMERO DE CONTROL: 019
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 07/02/2018 HORA TOMA: 12:30h DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Grande COMUNIDAD: Los Mangos MUNICIPIO: Altamira PROVINCIA: Puerto Plata</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 27.2°C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 215 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Conglomerados y flysch.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Enero 2013 POTENCIA SISTEMA: 17 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 40 CAUDAL: 50.47 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 persona encargada de mantenimiento, pero no hay técnicos con formación.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tarjeta: Se ha quemado 4 veces. • Computadora: Se puso nueva hace 2 años. • Bobinado: Se ha estropeado varias veces. Es posible que le cayera agua. • Tuberías y redes: Ha habido varios problemas ocasionados por derrumbes cuando el río crece. • Resistencias: Se han cambiado más de 50. Duraban unos 8 días, pero cambiaron a otra marca de más calidad y ahora duran 2 meses. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>El agua tomada como muestra es visiblemente turbia. La máquina se visita 3 veces a la semana, y cada 15 días se engrasa. El desarenador se limpia cada 15 días, a no ser que llueva, que se limpia todos los días. Hubo que subir la obra de toma porque estaba bajita, así como el cedazo. La turbina lleva 5 días sin funcionar, posiblemente esté dañada la tarjeta o la computadora.</p> <p>Problema con las resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Limpiar desarenador con mayor frecuencia para evitar los sólidos en suspensión que proporcionan tanta turbidez y pueden erosionar los álabes de la turbina.</p> <p>Incluir una tubería de salida en la parte superior del calentador lo más cercana posible a la cabecera de las resistencias. Las soldaduras deben ser bien resistentes ya que la entrada de agua al calentador se encuentra en la zona de presión.</p> <p>Limpiar con frecuencia la suciedad de las resistencias mediante el drenaje del calentador.</p>	

Tabla 40: Ficha resumen tras la visita a La Vereda

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: La Vereda	NÚMERO DE CONTROL: 020
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 07/02/2018 HORA TOMA: 15:50h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 320237 2169580 ALTITUD: 1874 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Obra de toma NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Guazaral COMUNIDAD: La Vereda MUNICIPIO: Altamira PROVINCIA: Puerto Plata</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 13.3°C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 145 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, margas, calcarenitas, conglomerados y flysch.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Octubre 2016 POTENCIA SISTEMA: 12.5 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 23 CAUDAL: 12.61 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos para Los Lirios y La Vereda.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tuberías: Ha habido muchos problemas por reventones. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Ahora mismo está parada (hace 4 meses) por la nueva construcción de una carretera, que debe pasar por encima de las tuberías.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 41: Ficha resumen tras la visita a Los Lirios

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Los Lirios	NÚMERO DE CONTROL: 021
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 07/02/2018 HORA TOMA: 16:30h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 317931 2170851 ALTITUD: 1179 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo El Almacén COMUNIDAD: Los Lirios. MUNICIPIO: Altamira PROVINCIA: Puerto Plata</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 21.3°C PH: 7.9 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 170 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, conglomerados, flysch, marcas y calcarenitas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Octubre 2016 POTENCIA SISTEMA: 17 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 66 CAUDAL: 50.47 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistencias: Hay que cambiarlas cada 3 o 4 meses como máximo. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Se visita la máquina cada 2 días para realizar el mantenimiento. Cada 15 días se engrasa y se saca el lodo de los calentadores. El desarenador se limpia cuando se llena de tierra. El filtro y la obra de toma se limpian casi a diario. Existe un problema con el agua, que colapsa la máquina ya que llega con lodo.</p> <p>Problema con las resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Limpiar desarenador con mayor frecuencia para evitar los sólidos en suspensión.</p> <p>Incluir una tubería de salida en la parte superior del calentador lo más cercana posible a la cabecera de las resistencias. Las soldaduras deben ser bien resistentes ya que la entrada de agua al calentador se encuentra en la zona de presión.</p> <p>Limpiar con mayor frecuencia la suciedad de las resistencias mediante el drenaje del calentador.</p>	

Tabla 42: Ficha resumen tras la visita a Palma Herrada

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Palma Herrada	NÚMERO DE CONTROL: 022
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 08/02/2018 HORA TOMA: 8:55h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 317933 2170834 ALTITUD: 209 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Grande COMUNIDAD: Palma Herrada, Los Bueyes. MUNICIPIO: Moca PROVINCIA: Espaillat</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 21.8°C PH: 7.7 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 183 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Margas, aluviones y calizas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Septiembre 2014 POTENCIA SISTEMA: 51 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 228 CAUDAL: 211.35 l/s TIPO DE TURBINA: Turgo</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tuberías: Problemas con los sedimentos, se taponan constantemente. • Correas: Se dañó y hubo que cambiar 3. • Resistencias: Se han dañado 4. • Relay: Se han cambiado 2 veces. • Manguera a las resistencias: Se cambió. • Transformador: Se dañó. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Se visita la máquina cada 15 días, se engrasa, se aprietan los tornillos del relay y se aprieta la correa. También cada 15 días se limpia el desarenador. Se deben limpiar los inyectores con frecuencia, ya que no hay filtro. Los sedimentos afectan a toda la maquinaria.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 43: Ficha resumen tras la visita a Tres Cruces

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Tres Cruces	NÚMERO DE CONTROL: 023
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 08/02/2018 HORA TOMA: 14:00h ALTITUD: 718 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Río Partido COMUNIDAD: Tres Cruces MUNICIPIO: Salcedo PROVINCIA: Hermanas Mirabal</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 20.5°C PH: 7.9 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 125 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Margas, aluviones y calizas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Noviembre 2014 POTENCIA SISTEMA: 50 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 160 CAUDAL: 94.63 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos y 1 ayudante.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tuberías: Problemas con los sedimentos, se taponan constantemente. • Resistencias: Se han quemado 2 veces por tormenta eléctrica. • Tarjeta: Se quemó al inicio de la instalación de la máquina. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se visita cada 1 o 2 días para su revisión. Se engrasa de forma mensual y también se limpian los calentadores (2 de 5 resistencias). Cada 15 días se limpia el desarenador. Dado que el agua forma muchos sedimentos, a veces se limpia el interior de las tuberías haciendo pasar una bola atada a una cuerda.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 44: Ficha resumen tras la visita a El Jamo

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Jamo	NÚMERO DE CONTROL: 024
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 13/02/2018 HORA TOMA: 9:30h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 353949 2160919 ALTITUD: 775 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Los Caños COMUNIDAD: El Jamo MUNICIPIO: San Francisco de Macorís PROVINCIA: Duarte</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 22.2°C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 51 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Flysch, gabros, piroxenitas, gabroanfibolitas, anfibolitas y margas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Diciembre 2012 POTENCIA SISTEMA: 44 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 36 CAUDAL: 50.47 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 2 técnicos.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breaker: Se cambió. • Llave de paso: Se cambió. • Copling: Se cambió. • Regulador de voltaje: Se cambió. • Transformador: Se cambió. • Resistencias: Se han cambiado unas 10 resistencias. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se visita cada 2 días. Se engrasa mensual. Cada 15 días se limpia el desarenador. Cada 3 meses se limpia el lodo de las resistencias.</p> <p>Ligero problema con las resistencias.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Incluir una tubería de salida en la parte superior del calentador lo más cercana posible a la cabecera de las resistencias. Las soldaduras deben ser bien resistentes ya que la entrada de agua al calentador se encuentra en la zona de presión.</p> <p>Limpiar con mayor frecuencia la suciedad de las resistencias mediante el drenaje del calentador.</p>	

Tabla 45: Ficha resumen tras la visita a Chinguelo

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Chinguelo	NÚMERO DE CONTROL: 025
<p><u>LOCALIZACIÓN</u></p> <p>DÍA VISITA: 13/02/2018 HORA TOMA: 11:20h ALTITUD: 277 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Sonador COMUNIDAD: Chinguelo MUNICIPIO: San Francisco de Macorís PROVINCIA: Duarte</p>		
<p><u>PARÁMETROS DEL AGUA</u></p> <p>TEMPERATURA: 21.8°C PH: 7.9 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 91 ppm</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</u></p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Flysch, gabros, piroxenitas, gabroanfibolitas, anfibolitas y margas.</p> <p><u>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</u></p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Mayo 2014 POTENCIA SISTEMA: 44 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 62 CAUDAL: 85.17 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p><u>REVISIÓN</u></p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p><u>REPARACIONES:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Breaker:</u> Se cambió. • <u>Junta dreiser:</u> Se cambió. • <u>Bombillas:</u> Se cambiaron todas, ya que se fundieron por problema de calidad. 	
<p><u>MANTENIMIENTO y Observaciones:</u></p> <p>Cada 2 días se visita la máquina para comprobar su funcionamiento. Si la presión va baja, se comprueban las tuberías, que no estén tapadas. Cada 15 días se limpian las resistencias y el filtro (desarenador). Las resistencias están extremadamente calientes, se debe a que está sobrando mucha energía generada. Se propone realizar un agujero de salida para que el agua circule y se refrigere mejor. A veces se taponan con piedras los tubos antes de la obra de toma. Son tubos de hierro, y el taponamiento ocurre por una reducción del diámetro entre dos tubos consecutivos. No es posible regular el caudal, ya que la válvula que permite regular el caudal antes de entrar a la casa de máquinas se abre completamente por la vibración y entonces se para la máquina por falta de caudal. Sería bueno poner una válvula regulable para evitar que la máquina genere el total de la energía.</p>	<p><u>PROPUESTAS DE MEJORA:</u></p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 46: Ficha resumen tras la visita a Vuelta Larga

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Vuelta Larga	NÚMERO DE CONTROL: 026
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 13/02/2018 HORA TOMA: 16:20h ALTITUD: 120 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Quebrada Grande COMUNIDAD: Vuelta Larga MUNICIPIO: El Factor PROVINCIA: Maria Trinidad Sánchez</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 16.8°C PH: 7.7 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 80 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Flysch, gabroanfíbolitas y anfíbolitas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Enero 2016 POTENCIA SISTEMA: 26 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 62 CAUDAL: 49.99 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breakers: Se cambiaron varios. • Fusibles de la tarjeta del generador: Se cambiaron varios. • Bombillas: Se cambiaron varias. • Transformador: Se cambió uno. • Resistencias: Se cambiaron 2 hace un año aproximadamente. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Cada 3 días se visita la máquina para comprobar su funcionamiento, revisar la presión, los amperes que genera y cuanto consume la comunidad. Se engrasa cada 25/30 días. El desarenador se limpia según las lluvias (cada 15 días salvo que llueva mucho que es semanal). Una de las resistencias está extremadamente caliente, es posible que esté dañada. En general el calentador está a elevada temperatura, se debe a la baja demanda de electricidad sobre la producción.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 47: Ficha resumen tras la visita a Villa Nizao

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Villa Nizao	NÚMERO DE CONTROL: 027
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 15/02/2018 HORA TOMA: 13:10h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 394936 213430 ALTITUD: 512 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Caco – Rancho Antonio COMUNIDAD: Villa Nizao MUNICIPIO: Paraíso PROVINCIA: Barahona</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 31.5°C PH: 7.7 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 143 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Calizas, depósitos fluviales, calizas margosas y rocas volcánicas submarinas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Marzo 2014 POTENCIA SISTEMA: 44 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 140 CAUDAL: 50.47 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Postes: Hubo que rehacer la red por una riada que arrasó el sistema. • Tarjeta: Se han cambiado 3. Posiblemente por culpa de tormenta eléctrica. • Transformador: 3 veces se han cambiado. • Resistencias: Las han cambiado 3 veces. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>Cada 15 días se limpia y se engrasa la máquina. También se limpia el desarenador cada 15 días.</p> <p>Las resistencias son su principal problema, ahora las están reparando en lugar de desecharlas.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Incluir una tubería de salida en la parte superior del calentador lo más cercana posible a la cabecera de las resistencias. Las soldaduras deben ser bien resistentes ya que la entrada de agua al calentador se encuentra en la zona de presión.</p> <p>Limpiar con mayor frecuencia la suciedad de las resistencias mediante el drenaje del calentador.</p>	

Tabla 48: Ficha resumen tras la visita a Majagual

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Majagual	NÚMERO DE CONTROL: 028
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 15/02/2018 HORA TOMA: 17:00h COORDENADAS TOMA MUESTRA: 266695 1995958 ALTITUD: 512 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Majagual COMUNIDAD: Majagual MUNICIPIO: Galván PROVINCIA: Bahoruco</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 18.5°C PH: 7.8 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 178 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLÓGÍA: Margas, calcarenitas, calizas y rocas volcánicas submarinas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: 2013 POTENCIA SISTEMA: 40 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 81 TIPO DE TURBINA: Turgo</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breakers: Se quemaron por la caída de una rama en la línea. • Resistencias: Han cambiado 10. Las primeras se dañaron a los 2 años. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se visita casi a diario. Para realizar la limpieza se detiene el sistema. Se engrasa mensual. El desarenador se limpia también prácticamente a diario. Los calentadores se limpian cada 15 días. No sabían que las resistencias y calentadores había que limpiarlos. Las resistencias podrían llegar a ser un problema.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 49: Ficha resumen tras la visita a Cañada Miguel

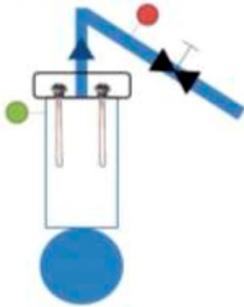
TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Cañada Miguel	NÚMERO DE CONTROL: 029
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 16/02/2018 HORA TOMA: 9:00h ALTITUD: 2310 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo La Alcantarilla COMUNIDAD: Cañada Miguel MUNICIPIO: Hondo Valle PROVINCIA: Elías Piña</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 15.2°C PH: 7.9 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 159 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLÓGÍA: Margas, calcarenitas, calizas, rocas volcánicas submarinas y depósitos fluviales.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Febrero 2016 POTENCIA SISTEMA: 18 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 79 CAUDAL: 41.01 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Breaker: Se cambió hace 4 meses. • Juntas de tubería: Se han cambiado 4 juntas. • Resistencias: Antes duraban 1 mes, ahora duran 2 o 3 meses. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se engrasa y se limpian los calentadores cada 20 días. El filtro del desarenador se limpia cada 15 días. En los alrededores de la casa de máquinas hay un tubo suelto, que está provocando que el terreno se inunde.</p> <p>El principal problema son las resistencias, se queman frecuentemente.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Incluir una tubería de salida del calentador en la parte superior del mismo, eliminando la resistencia central. Para garantizar que no retorne aire en caso de paro, la tubería tendrá una inclinación como la expuesta a continuación:</p> 	

Tabla 50: Ficha resumen tras la visita a El Junquito

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: El Junquito	NÚMERO DE CONTROL: 030
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 16/02/2018 HORA TOMA: 10:00h ALTITUD: 2912 ft DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Arroyo Metisaca COMUNIDAD: El Junquito y La Peña MUNICIPIO: Hondo Valle PROVINCIA: Elías Piña</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 15.1°C PH: 8.1 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 167 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>PRECIPITACIONES: TIPO DE LITOLOGÍA: Margas, calcarenitas, calizas, rocas volcánicas submarinas y depósitos fluviales.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: Febrero 2016 POTENCIA SISTEMA: 10 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 30 CAUDAL: 34.69 l/s TIPO DE TURBINA: Pelton</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico y 1 persona de mantenimiento.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correas: Se han cambiado 6. • Tubería: Explotó una. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se engrasa cada 12 días, y se visita cada 8 días. El desarenador se limpia cada 20 días. Hace un mes limpiaron los calentadores. El técnico sólo asiste si hay algún problema o corte de suministro.</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	

Tabla 51: Ficha resumen tras la visita a Lima - Ingenito

TOMA DE DATOS	NOMBRE DEL PROYECTO: Lima - Ingenito	NÚMERO DE CONTROL: 031
<p>LOCALIZACIÓN</p> <p>DÍA VISITA: 16/02/2018 HORA TOMA: 13:40h DISTANCIA TOMA MUESTRA-TURBINA: Salida de la turbina, fuera de la casa de máquinas. NOMBRE DE LA FUENTE: Río Los Gajitos COMUNIDAD: Ingenito, Lima y Vuelta de los arroyos MUNICIPIO: San Juan de la Maguana PROVINCIA: San Juan</p>		
<p>PARÁMETROS DEL AGUA</p> <p>TEMPERATURA: 18.5°C PH: 8.1 SOLIDOS TOTALES DISUELTOS: 158 ppm</p> <p>CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y CLIMÁTICAS</p> <p>TIPO DE LITOLOGÍA: Rocas magmáticas, flysch y calizas.</p> <p>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS MHE</p> <p>AÑO PUESTA EN MARCHA: 2013 POTENCIA SISTEMA: 40 kW FAMILIAS SUMINISTRADAS: 120 CAUDAL: 320 l/s TIPO DE TURBINA: Flujo cruzado</p>	<p>REVISIÓN</p> <p>NÚMERO DE TÉCNICOS FORMADOS: 1 técnico y 1 persona de mantenimiento.</p> <p>REPARACIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terminador: Se cambió. • Breakers: Se cambiaron. • Cables del regulador: Se cambió. • Correa: Se cambió en diciembre. • Transformador: Se cambió. • Bombillos: Se cambiaron por el uso. 	
<p>MANTENIMIENTO y Observaciones:</p> <p>La máquina se visita a diario y se comprueba que todo funciona correctamente. Cada 3 meses se engrasa. Si llueve se limpia el filtro semanal (desarenador).</p> <p>Ningún problema a destacar.</p>	<p>PROPUESTAS DE MEJORA:</p> <p>Ver apartado 4.5 de la MEMORIA.</p>	