

Anexos

A. DESCRIPCIÓN SOCIOECONÓMICA E INFRAESTRUCTURAL DE HUACRACHIRO	3
A.1. Climatología	3
A.2. Viviendas.....	3
A.2.1 Características y construcción.....	3
A.2.2 Emplazamiento de las viviendas.....	4
A.3. Aspectos sociales	6
A.3.1 Estructura familiar.....	6
A.3.2 Hábitos horarios.....	7
A.3.3 Situación política.....	8
A.3.4 Folclore	9
A.3.5 Religión	9
A.3.6 Ocio y cultura	10
A.4. Sistema económico.....	10
A.5. Asistencia médica	11
A.5.1 Gestión del sistema sanitario	11
A.5.2 Infraestructura.....	12
A.6. Colegios y educación	12
A.6.1 Infraestructura.....	13
A.6.2 Dificultades en la docencia.....	14
A.7. Transporte y comunicación	14
A.7.1 Equipos de comunicación	14
A.7.2 Transporte.....	15
A.8. Actividades productivas.....	16
A.9. Pesca.....	16
A.9.1 Horarios pesqueros	17
A.9.2 Negocio pesquero	18
A.10. Agricultura	18
A.11. Ganadería	20
A.12. Otras actividades productivas	21
A.13. Localización de las centrales térmicas de Loreto.....	23
B. TECNOLOGÍAS APLICADAS	24
B.1. Gasificación.....	24
B.1.1 Tipos de gasificadores.....	25



B.1.2	Equipos de gasificación	26
B.2.	Grupo electrógeno	28
B.3.	Tecnología solar	31
B.3.1	Equipos seleccionados	31
C.	CÁLCULO DE INSTALACIONES SOLARES	37
C.1.	Inclinación de los paneles	37
C.2.	Dimensionado de los equipos	45
C.2.1	Generador fotovoltaico.....	46
C.2.2	Sistema acumulador	48
C.2.3	Regulador de carga e inversor.....	49
D.	DISEÑO DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES	51
E.	ASPECTOS A CONSIDERAR DEL BAGAZO DE CAÑA	56
E.1.	Aspectos ambientales del cultivo energético de la caña de azúcar	56
E.2.	Características del trapiche	57
E.3.	Secado del bagazo	57
E.3.1	Condiciones de los humos calientes	57
E.3.2	Análisis termodinámico y dimensionado del secador	58
E.4.	Resultados del proceso de obtención del bagazo.....	68
F.	SISTEMAS HÍBRIDOS	69
F.1.	Cálculo de los distintos sistemas híbridos	69
F.1.1	Dimensionado del sistema acumulador.....	70
F.1.2	Dimensionado del campo fotovoltaico para cada una de las alternativas	70
F.2.	Comprobación de los inversores mediante el software <i>Sunny Design</i>	78
F.3.	Cálculo del coste normalizado de un sistema	78
G.	GENERACIÓN ENERGÉTICA DEL CAMPO FOTOVOLTAICO	81
G.1.	Cálculo de la radiación horaria sobre una superficie inclinada	81
G.2.	Producción de energía por el generador fotovoltaico.....	84
H.	FINANCIACIÓN	86



A. Descripción socioeconómica e infraestructural de Huacrachiro

A.1. Climatología

La temperatura media anual de Huacrachiro oscila entre los 20 y 32°, se llega a alcanzar una máxima de 40° y una mínima de 16°, pero estos dos extremos se registran pocas veces. El clima es extremadamente caluroso, especialmente entre las 10h de la mañana y 15h de la tarde. El calor se agudiza por el elevado grado de humedad ya que se produce una gran evaporación consecuente a la gigantesca vegetación y grandes superficies de agua, con lo que el grado de humedad se sitúa en un promedio anual diario del 80 %. Los meses de mayor humedad son: Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Octubre, Noviembre y Diciembre. Los de menor humedad son Julio, Agosto, Septiembre.

Existen 2 ciclos lluviosos en la región Loreto:

- Creciente: marzo, abril y mayo.
- Vaciante: junio, julio, agosto y septiembre.

La época creciente representa un clima muy húmedo donde las lluvias son diarias y con mucha intensidad, con lo que el nivel del río aumenta considerablemente inundando gran parte de la superficie. En cambio, la temporada vaciante está caracterizada por la bajada del caudal del río y también por la disminución considerable de las lluvias.

A.2. Viviendas

A.2.1 Características y construcción

En época de creciente la profundidad del río aumenta hasta 8 metros y el pueblo queda parcialmente inundado, por este motivo la mayoría de las casas están elevadas 1 metro por encima la superficie. Las casas tienen una superficie entre 15 y 30 m² y están hechas con tabloncillos de madera en las paredes y el suelo. El techo está formado por hojas de palmera que forman un grueso de 10 cm y se sostienen sobre una encrucijada de troncos de madera;



en la parte superior del techo se le añaden placas metálicas con el fin de evitar filtraciones de agua.

El suelo no tiene valor económico en la localidad, por este motivo la gente construye sus casas según el espacio que necesita y la distribución deseada. Mayormente, las casas constan de una sala común, uno o dos dormitorios y la cocina, localizada en la parte posterior de la casa bajo un porche.

La construcción de las viviendas no precisa de mucho tiempo para los pobladores de la localidad; mediante dos personas y colaboraciones puntuales se construyen sus viviendas en un tiempo aproximado de 15 días. En el pueblo existen dos aserraderos que, con su respectiva moto-sierra de gasolina, cortan los tablones necesarios para su construcción.

A.2.2 Emplazamiento de las viviendas

El emplazamiento de las casas resulta ser el principal problema para los habitantes a la hora de construir una vivienda. Las constantes variaciones del caudal del río producen continuas erosiones en el terreno del pueblo, y esto comporta un cambio en la sinuosidad del canal. Este fenómeno obliga a las personas localizadas en las viviendas más cercanas al río a trasladarse a zonas más interiores, donde el agua no llega. Este es el principal motivo por el que la estructura del pueblo resulta compacta, con la mayoría de casas agrupadas y colindantes las unas con las otras.

Otro aspecto destacable en referencia a los cambios de casas es la facilidad de traslado que éstas tienen ya que la mayoría de materiales son aprovechados para la futura vivienda, no les hace falta obtener nuevas materias primas. Es decir, desmontan la casa y la construyen en otro emplazamiento.

En la siguiente figura se muestra la distribución del pueblo y la compacidad del mismo.



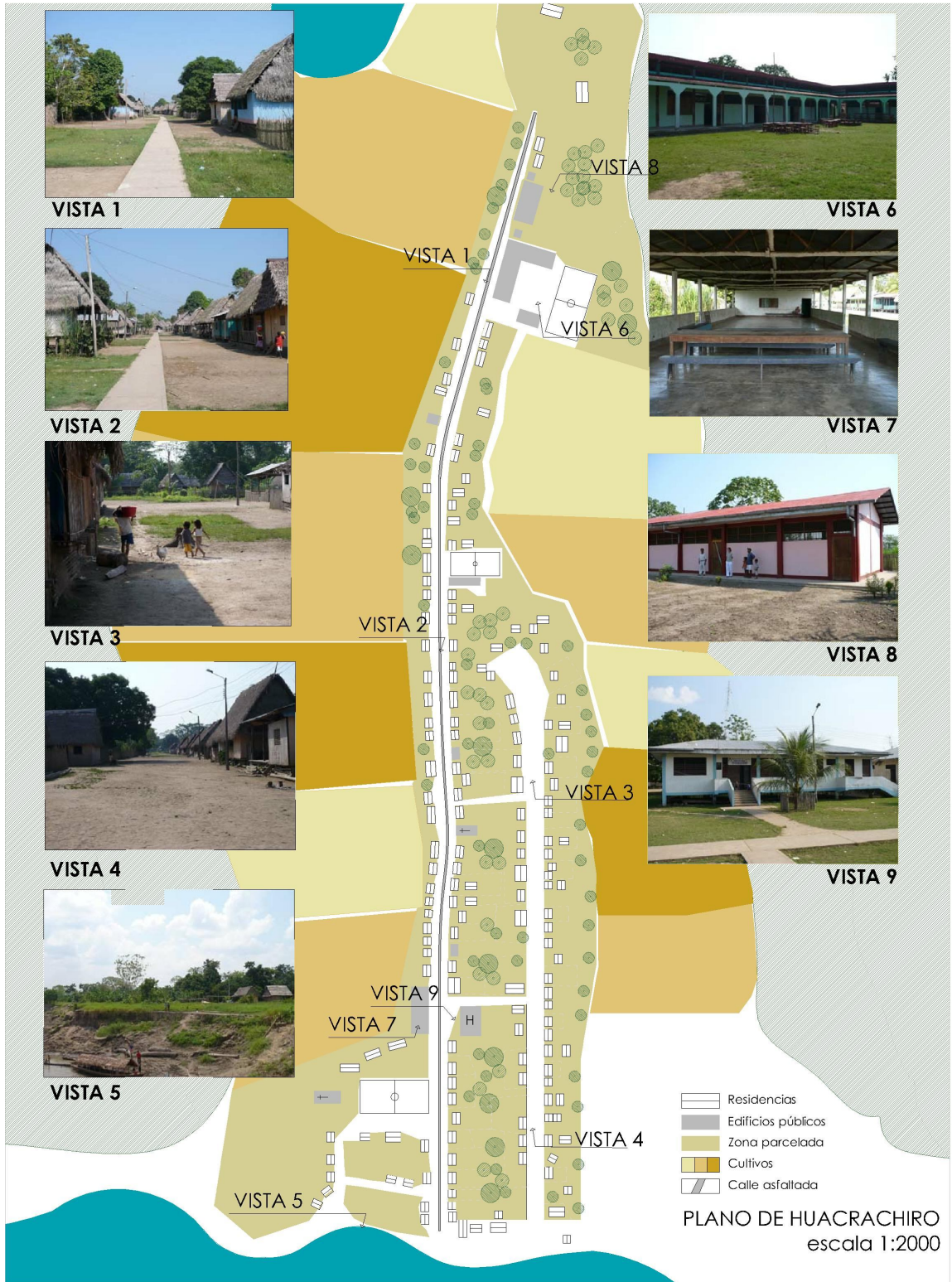


Figura A.1 - Distribución del caserío de Huacrachiro, FUENTE: Artús, A.



A.3. Aspectos sociales

A.3.1 Estructura familiar

La mayoría de las familias de la comunidad están formadas por un adulto varón y su respectiva esposa. Los matrimonios tienen de 2 a 5 hijos y normalmente es a la temprana edad de 16 a 20 años cuando tienen el primer hijo. En una casa acostumbra a vivir una sola familia, aunque abuelos y demás familiares acostumbran a dormir bajo el mismo techo. En definitiva, en una casa pueden convivir de 4 a 7 personas aproximadamente.

En la mayoría de los casos el hombre es el encargado de aportar los recursos económicos necesarios, cuya fuente acostumbra a provenir de la pesca y agricultura. Por su parte las mujeres hacen las tareas domésticas; cuidan a sus hijos, recogen agua del río, preparan las comidas y hacen la compra. En épocas de mayor trabajo, como puede ser la vaciante del río, muchas mujeres apoyan a sus maridos en tareas de pesca, como el salado o secado del pescado, y en la cosecha de los productos agrícolas. En algunas excepciones, las mujeres trabajan en pequeños negocios lecheros, tiendas, etc.

Los niños acuden al colegio a diario, pero, a mayor edad, tienen el deber de recoger agua del río y cuidar de sus hermanos durante las horas extraescolares. En algunos casos, los menores también ayudan a vender comida o golosinas durante la noche, cuando la gente se reúne en la calle.



Figura A.2 -. Tareas de la mujer (izquierda) y ayuda de los niños (derecha) FUENTE: Artús, A.



A.3.2 Hábitos horarios

En toda la zona selvática de Perú, amanece hacia las 5:30 horas. Es en este momento cuando empieza el día para los habitantes de Huacrachiro. Las primeras actividades de sus pobladores es proveerse de aquello que necesitarán durante el día.

Las mujeres con bebés se levantan antes que sus niños para poder ir al río a recoger el agua necesaria durante el día; muchos menores les ayudan en esta tarea ya que hay que cargar muchos litros de agua que utilizaran para lavar ropa, cocinar y beber. Acto seguido preparan el desayuno para toda la familia. Por su parte, los varones empiezan su jornada laboral con el fin de aprovechar las horas en las que el sol no está en su esplendor y el calor es soportable. Preparan las redes y salen a pescar con sus canoas, o bien van a la chacra (terreno cultivado) a sembrar o cosechar. Durante el transcurso de la mañana las mujeres están en casa lavando platos o ropa, y preparando la comida. El hecho de no disponer de suficiente instrumentos culinarios acentúa la lentitud con la que se cocina. Aprovechan para ir a comprar y estar junto a sus hijos.

Hacia las 11:00 de la mañana el calor es sofocante y algunos trabajadores vuelven de pescar y empiezan el proceso de salado del pescado, ya que es una actividad que no precisa de esfuerzo físico.

La hora de comer se sitúa hacia las 12:30-13:00 horas, coincidiendo con el máximo calor. La gente se reúne de nuevo en sus casas para la comida y aprovechan para descansar un par de horas después del almuerzo.

La actividad se retoma hacia las 14:00-15:00 de la tarde, cuando el sol ya no es tan intenso. Algunos pescadores salen a pescar de nuevo alargándose hasta la noche. Otros vuelven al puerto para continuar el salado del pescado.

Hacia las 16:30- 17:00 de la tarde la actividad productiva de los habitantes empieza a decaer y se inician las actividades de ocio hasta el anochecer; se hace deporte, se sale a pasear por el pueblo, la gente se va a limpiar al río, etc.

El sol se desvanece muy rápidamente hacia las 18:00 de la tarde. Es también en esta hora cuando se prepara la cena, y cuando hay más movilidad por las calles del pueblo. Hacia las 18:30-19:00 horas aproximadamente las familias se reúnen para la cena.



Pero la vida social en Huacrachiro no termina después de la cena. Es entonces cuando la población sale al exterior con el fin de encontrarse con los amigos. En este sentido, la gente se concentra en los lugares donde hay luz, música y televisión. Las tiendas abren y la gente vende productos en pequeñas paradas de comida. El tiempo de ocio se alarga hasta las 21:00-22:00, hora en que la gente se va a dormir ya que al día siguiente les espera un duro trabajo.

Los fines de semana la situación cambia sutilmente. La gente se levanta más tarde, aproximadamente hacia las 6:30 horas dependiendo de la hora de acostarse del día anterior, pero las primeras tareas se realizan de la misma manera que durante la semana. A pesar de esto, parte de la población no sale a pescar ni se va a las chacras, sino que se queda en sus casas o aprovecha para hacer tareas domésticas. Los niños no van al colegio con lo que los padres también aprovechan para pasar un rato con sus hijos. Los comercios acostumbran a abrir igualmente.



Figura A.3 - Bar (izquierda). Gente viendo la televisión (derecha) FUENTE: Artús, A.

Donde se nota más diferencia con respecto al horario de los días laborables es en las actividades nocturnas. Los bares y tiendas aprovechan para abrir hasta más tarde y esto lo agradece la gente que puede estar hasta las 23:30- 00:00 horas conversando.

A.3.3 Situación política

La política es, en las comunidades de la selva, un tema de bastante interés entre los ciudadanos. Todo adulto está obligado a votar en las elecciones, tanto estatales, como



departamentales o del distrito; por este motivo la población de las comunidades de la selva está muy enterada de la actualidad política.

En el pueblo existe la figura del agente municipal, que por votación popular será el encargado de gestionar el pueblo. Su figura es muy parecida a la de un alcalde, con la diferencia de que éste no tiene porque pertenecer a ningún partido político. Él es el encargado de convocar reuniones para tomar decisiones con los demás regidores. Éstas se celebran los sábados por la mañana cuando hay algún tema a debatir, como pueden ser las discusiones sobre zonas de pesca y agrícolas con otras comunidades o como solucionar la erosión del terreno del pueblo que hace peligrar, en este momento, el centro de salud.

A pesar del agente municipal, la figura referente para los ribereños de la zona es el alcalde, como ellos lo denominan, del distrito de Puinahua y que reside en la capital Bretaña. En este caso, sí que existen diferentes candidatos para ocupar el puesto de alcalde. Los aspirantes realizan intensas jornadas políticas durante las elecciones con charlas y muchos carteles publicitarios que aún aparecen en las fachadas de las casas de Huacrachiro.

El mandato del alcalde tiene una duración de 4 años y éste designa a la comunidad cuatro regidores de su grupo y un quinto que pertenece a la oposición.

Es el alcalde el que gestiona todos los recursos económicos destinados a la zona según estime conveniente. Por este motivo, los habitantes de los pueblos tienen preferencias por aquel que invierta más recursos en su comunidad.

A.3.4 Folclore

El hecho de ser originalmente inmigrantes de diversas zonas del país repercute en la ausencia de tradiciones de la zona. En Octubre se celebran las fiestas de Huacrachiro donde hay conciertos en directo y diversos actos durante una semana.

A.3.5 Religión

En cuanto a la religión, principalmente es católica o evangelista. La gran mayoría de las persona son creyentes y practicantes, por este motivo existen tres iglesias en la comunidad. Algunos domingos se celebra la misa, pero no es la única actividad religiosa ya que a lo largo de la semana se reúnen a diario a las 19h en las iglesias para cantar canciones con aires religiosos.



Respecto a las bodas, éstas se efectúan en grupo ya que el sacerdote no vive en el pueblo, con lo que su asistencia es esporádica. Después de la boda se celebra una gran comida para los invitados a la ceremonia.

A.3.6 Ocio y cultura

Las dedicaciones preferentes en el tiempo libre de los habitantes de Huacrachiro se basan en el deporte y las relaciones personales. El fútbol es el deporte principal de los varones y lo acostumbran a practicar durante las tardes en los tres campos que hay en la comunidad. La mayoría de las personas sigue este deporte y sus acontecimientos a nivel mundial. El otro deporte preferido de los habitantes es el voleibol y lo practican ambos sexos. Como en el caso del fútbol, es en las tardes cuando se montan las redes para jugar.

Los niños, por su parte, pasan la mayoría del tiempo extraescolar jugando con sus amigos en la calle. Por la noche, tal y como se ha comentado anteriormente, la gente se reúne frente a los bares para charlar, tomar alguna bebida, mirar un DVD o escuchar música en los puntos donde hay luz, a diferencia del centro comunal que es el espacio que debería ofrecer este servicio.

Los pobladores de Huacrachiro no estaban desconectados del resto de Perú a nivel informativo; hasta hace un año tenían un repetidor de señal que les permitía ver la televisión o escuchar la radio, pero la erosión del río se la llevó. Actualmente son los conocidos que residen fuera del pueblo los que informan de los acontecimientos, hecho que dificulta mucho los conocimientos exteriores al pueblo.

A.4. Sistema económico

La mayoría de las familias es productora de pescado y productos agrícolas, con lo que no existe intercambio entre los habitantes del mismo pueblo. Los pocos productos que se comercializan internamente utilizan el sistema monetario. La moneda utilizada es el Nuevo Sol (S/.), oficial del Perú, que equivale a unos 0,25€.

Las personas de Huacrachiro no pagan impuestos estatales, no están acostumbrados y les resulta muy difícil pagar un tributo mensual a la comunidad para mantener ciertos servicios. Consecuentemente, la dinámica creada por los habitantes es la de colaborar con una aportación equitativa para todos cuando se tiene que financiar algún servicio. Actualmente



se están recogiendo 625 S/. para financiar un abogado que dictamine el territorio exacto de la comunidad con el fin de evitar discusiones con comunidades vecinas.

En todo caso, las inversiones realizadas en la zona por medio del alcalde del distrito se financian mediante el reparto de los fondos destinados al departamento de Loreto, el cual reparte los ingresos entre las provincias y éstas a sus respectivos distritos hasta llegar a las comunidades.

Las personas no tienen oportunidad de conseguir préstamos individuales ya que los bancos se niegan a prestar dinero a las familias de la zona por inseguridad de pago. Existe una agrupación de pescadores de Huacrachiro que lleva tres años intentando conseguir la concesión de crédito de 2000 S/. pero el banco no lo autoriza.

En cuanto a los ingresos de las personas se puede establecer una media de 280 S/. mensuales. Los propietarios de comercios, regidores, y personas que se dedican a trabajos alternativos a la pesca y agricultura son los que disponen de mayores ingresos, que puede llegar hasta los 600 S/. En cambio, las personas que viven exclusivamente de la pesca y, en menor medida, de la agricultura pueden obtener una media de 230 S./mes, ya que en época creciente su sueldo ronda los 110 S./mes, pero aumenta hasta 600 S./mes en época vaciante.

A.5. Asistencia médica

A.5.1 Gestión del sistema sanitario

Los habitantes de Huacrachiro tienen a disposición una Posta de Salud donde poder realizar los primeros auxilios. La asistencia médica está gestionada por un enfermero que ofrece asistencia las 24 horas del día, ya que reside en el mismo edificio, y una obstetra que asiste a los partos. La ausencia de médico se palia con la visita cada dos meses para hacer revisiones de cardiología, traumatología, etc; la vacunación de los niños se realiza una vez al año, cuando una brigada de enfermeros visita todas las comunidades del canal de Puinahua. Las principales intervenciones que el enfermero y la obstetra hacen de manera regular son tratamientos contra neumonías, diarreas, gripes y, por otra parte, embarazos simples.



El tema sanitario de las comunidades del Puinahua se gestiona desde Iquitos. Todas las medicinas suministradas tienen un seguimiento desde la capital. En este sentido, cuando se compran medicinas se tiene que rellenar un formulario para justificar su obtención a la administración de Iquitos. Dado que el coste de las medicinas puede ser elevado para los ribereños de Huacrachiro (por ejemplo, cuatro paracetamoles cuesta 1 S./), la mayoría de familias contratan un seguro que cuesta 1S./año y cubre hasta 3S./año en medicinas.

En algunos casos, por la falta de instrumentos médicos y capacitación de los responsables del pueblo, los pacientes deben ser trasladados a las ciudades más cercanas donde resida un médico. En este sentido, Bretaña, la capital del distrito de Puinahua, es la primera opción ya que está a 3 horas en barca de la comunidad. En el caso de que no haya capacidad de operación en Bretaña, el paciente es trasladado a Requena donde hay un hospital y, en último caso, a Iquitos. El encargado de realizar el transporte es el propio enfermero.

A.5.2 Infraestructura

La posta médica consta de un recibidor donde el enfermero tiene su despacho, una sala de partos y un dormitorio con tres camas donde los pacientes se pueden quedar a dormir en caso de necesidad. También hay una pequeña despensa donde guardar las medicinas. El resto de habitaciones corresponden al propio enfermero que, como se ha comentado anteriormente, reside en la misma posta médica.

El equipamiento de la posta de salud es deficitario y la falta de luz dificulta las intervenciones nocturnas ya que, a falta de electricidad, se iluminan mediante velas y queroseno. Esterilizadores, ventiladores, focos para partos y refrigeradores para vacunas son instrumentos de gran necesidad para mejorar la asistencia médica.

A.6. Colegios y educación

El sistema educativo de las comunidades de la selva está regulado desde Iquitos. Se imparten clases para los niños desde los 3 años hasta los 5 años en el parvulario y a los 6 años cambian a la primaria y secundaria hasta los 16 años. Por este motivo se pueden distinguir dos colegios en el mismo pueblo, el parvulario y el de primaria y secundaria. El horario de las escuelas de lunes a viernes es el siguiente:

- Parvulario: 8:00 – 11:00



- Primaria: 7:30 – 12:30
- Secundaria: 13:30 – 18:30

(Actualmente las clases de secundaria acaban a las 17:30 por falta de luz en la última hora)

Las asignaturas impartidas tanto en primaria como en secundaria son:

- Lógica y matemáticas
- Historia y geografía
- Comunicación oral y escrita
- Naturales
- Inglés

Todo material necesario para la docencia es administrado desde Requena. Posibles reformas, mesas y sillas, así como los cuadernos y libros utilizados en clase se suministran desde la capital de provincia.

A.6.1 Infraestructura

El parvulario consta de tres aulas, una para cada edad distinta, hechas de cemento bordeadas por un patio de recreo para los niños. Cada aula está equipada con dos fluorescentes de 40W, ya que a pesar de tener ventanas, la iluminación es insuficiente. Las aulas están preparadas para albergar unos 20 niños.

Para la escuela primaria y secundaria hay un único edificio a compartir, por este motivo se distribuyen los horarios a lo largo del día. El edificio consta de 6 aulas repartidas de manera uniforme a lo largo de todo el edificio, cuya media de alumnos es de 25 a 30. Cada aula también contiene dos fluorescentes de 40W. Además disponen de microscopios que actualmente no pueden utilizar por falta de electricidad. También disponen de un televisor y un DVD para toda la escuela, pero la deficiencia energética dificulta su utilización. Los profesores reclaman ordenadores para los alumnos e impresoras para que ellos mismos dispongan de herramientas complementarias que permitan mejorar la docencia en la comunidad.

La escuela dispone de servicio al cual se suministra agua mediante un depósito que recoge el agua de las lluvias. También dispone de un patio de recreo y un campo de fútbol a su alrededor.



A.6.2 Dificultades en la docencia

La docencia no es un aspecto prioritario para algunos habitantes de la comunidad. En muchos casos los padres consideran más productivo enseñar a sus hijos el oficio pesquero o agricultor antes de invertir tiempo en la enseñanza. Esta mentalidad provoca absentismo de los hijos al colegio y, a largo plazo, el abandono escolar.

La falta de conocimientos por parte de los padres no permite ayudar a sus hijos en los deberes, con lo que los profesores de las asignaturas que comportan mayor dificultad para los niños, como puede ser las matemáticas, encuentran numerosos problemas a la hora de encargar deberes a sus alumnos.

Los profesores de parvulario son nativos de Huacrachiro, en cambio, la mayoría de profesores de secundaria provienen de Requena; residen en Huacrachiro durante la semana y viajan a su ciudad los fines de semana. Éste hecho junto con el bajo control en el tema de la educación por parte de las autoridades, hace que los profesores no se impliquen demasiado en el proceso educativo de sus alumnos. Numerosas veces las clases no se reanudan el lunes como está estipulado ya que los profesores alargan la estancia en su ciudad., con la consecuencia de que los niños pierden muchas horas de clase.

A.7. Transporte y comunicación

A.7.1 Equipos de comunicación

Los habitantes de Huacrachiro están muy ligados a las pocas fuentes de comunicación existentes en la zona. Disponen de una radio localizada en el centro comunal para comunicarse con las otras comunidades del canal de Puinahua alimentada con dos paneles solares conectados a una batería que les permite saber que día y hora, aproximadamente, llegará la lancha (ferry) a su comunidad, o bien intercambiar información con conocidos de otras comunidades. El sistema de radiofonía es gestionado por los propios habitantes de la comunidad mediante turnos que cubren todo el día.

Hace un año disponían de un repetidor de señal que les permitía escuchar la radio y ver la televisión, pero la erosión del río provocó un desprendimiento que estropeó la antena. En breve se instalará un nuevo repetidor que proporcionará unos 30 canales distintos a todo el pueblo.



Otro sistema de comunicación existente en la comunidad es el teléfono. Hay una empresa nacional que se encarga de instalar un servicio telefónico en las comunidades aisladas. Este servicio se instala en una casa de la comunidad, cuyos residentes son los encargados de proporcionarlo al resto de la gente. La venta de las tarjetas telefónicas proporciona importantes ingresos a los encargados del servicio. La instalación consta de un teléfono que recibe señal de una antena parabólica que se alimenta con placas solares.

El funcionamiento del sistema telefónico es el siguiente: la gente puede llamar acudiendo a la casa donde está localizado el teléfono y también puede recibir llamadas. En este caso se avisa a la persona interesada mediante megafonía y ésta debe acudir al teléfono al cabo de diez minutos para recibir de nuevo la llamada.

En toda la zona del canal de Puinahua no existe un servicio de mensajería. La gente acostumbra a llamar por teléfono antes de enviar algún pedido y se lo entrega a alguien de confianza que viaje en barco hacia la misma ciudad destino.

Se puede observar que el teléfono es un instrumento básico para los habitantes de HuacraChiro ya que les facilita el contacto con conocidos residentes en Requena o Iquitos mayoritariamente, o la compra-venta de productos en la capital.

A.7.2 Transporte

El alto grado de aislamiento de la comunidad hace que sólo se pueda acceder a ella mediante la lancha que efectúa la ruta desde Iquitos a Pucallpa por el canal de Puinahua. El trayecto desde Iquitos a la comunidad es de 26 horas aproximadamente. La lancha transporta una gran cantidad de carga embarcada en todos los pueblos que encuentra a su paso además de unos 250 pasajeros que se acomodan en hamacas.

La frecuencia de paso de la embarcación es a diario o cada dos días y normalmente por la noche para ambos sentidos. Aún así, el hecho de que las distintas comunidades utilicen el mismo transporte fluvial para embarcar los productos a vender a la ciudad, provoca la imposibilidad de embarcar la mercancía en caso de falta de espacio o sobrepeso en la propia lancha, con lo que a menudo se incumplen los plazos de entrega.

El viaje a Iquitos desde HuacraChiro cuesta 30 S./persona, con lo que la mayoría de la gente solamente viaja a la capital una vez al año. Sólo los comerciantes, tal y como implica su



trabajo, viajan a menudo a Iquitos, así como los dueños de los comercios. Los principales destinos de la población se focalizan en Requena y, sobretudo, Bretaña. Más frecuentes son las visitas a otras comunidades con las que se puede acceder con pequeños botes motores.

A.8. Actividades productivas

A lo largo de la zona de amortiguamiento de la RNPS predominan las actividades de pesca y agricultura con un 90% de las familias dedicadas a dicha actividad. La ganadería es una actividad que, con excepción de dos familias, es complementaria a la pesca y agricultura. Las actividades comerciales son las que completan la actividad económica de los pobladores de Huacrachiro.

A.9. Pesca

Es evidente que el consumo de pescado en la zona es altísimo (la mayoría de familias consumen pescado dos veces al día), probablemente debido a su bajo coste y a su inmensa oferta. Los habitantes de Huacrachiro tienen un gran mercado económico en este sector. Su actividad pesquera se encuentra estrechamente vinculada al ciclo hidrológico de los ríos. Consecuentemente, es en épocas de vaciante y media vaciante, que corresponden a los meses de junio a noviembre, cuando el esfuerzo realizado tiene una mayor recompensa económica. En la siguiente tabla se muestran las toneladas aproximadas de pescado extraídas por los pescadores de la comunidad a lo largo del año.

	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pescado(tn)	12,1	9,29	8,42	7,16	5,18	7,86	40,1	65,2	55,5	20,1	18,5	15,3

Tabla A.1 - Cantidad de pescado extraído por los pescadores de la comunidad (Tn) [2]

La gran diferencia entre los meses de Julio, agosto y septiembre con el resto del año es que cuando el río está bajo de nivel se pesca en el mismo río y por lo tanto, la oferta es mayor. En cambio, en época creciente el nivel del agua es muy alto y el pescado escasea. Por este motivo, los pescadores emigran a las *cochas* (lagunas) donde hay una mayor densidad de



peces que en el propio río. Allí pasan uno o dos días ya que las grandes cochas se localizan a unas horas en barca.

Para pescar se utilizan canoas de 3 a 11 metros de longitud y de 0,3 a 1,2 metros de anchura, con un promedio de 0,7 metros. La capacidad media de carga es de unos 200 Kg. por canoa y tienen un radio de acción bastante limitado debido a que utilizan el remo como medio de propulsión y en algunos casos pequeños motores. En el pueblo hay unas 50 canoas aproximadamente. Hay muchos artes de pesca disponibles para la pesca de subsistencia con pequeños excedentes para el comercio: Flecha, arpón, anzuelo, trampa, línea de mano (hilo de nylon con varios anzuelos), atarraya o tarrafa (malla de forma circular de 3 a 5 m de diámetro y de 2 a 4 m de altura) y la agallera (con redes de 30 metros).



Figura A.4 -. Canoas típicas (izquierda). Pesca en cochas (derecha). FUENTE: Artús, A.

A.9.1 Horarios pesqueros

El horario de pesca también se adapta a la época del año. En época vaciante se acostumbra a pescar de día ya que el pescado es suficientemente abundante. En cambio, durante la época de lluvias aumenta la pesca por la noche. Se puede estimar el número de pescadores que emigra a las cochas a pescar:

- 10-20 canoas con dos personas
- 3-7 botes con 10 personas

La pesca nocturna es más productiva, pero tiene algunos inconvenientes como la gran cantidad de mosquitos y el coste de las fuentes de iluminación.



A.9.2 Negocio pesquero

Los principales puntos de venta de pescado se encuentran en el puerto, donde se seca el pescado para consumo propio y el que se vende en la misma comunidad. También disponen de un almacén donde guardar los sacos de pescados para enviar a las ciudades de Requena e Iquitos, o vender a comerciantes que van a comprar pescado al pueblo.

El precio de venta fluctúa según la época del año. En época vaciante hay más cantidad con lo que el precio baja hasta los 0,70 S./kg. En cambio en la época creciente los precios suben porque la oferta es menor y el producto tiene un mayor valor económico. El pescado se vende en sacos de 100Kg aproximadamente o bien en cajas de madera que lo aíslan del calor.

Uno de los principales problemas que tiene el sector pesquero de la zona son los altos costes de producción. El pescado debe ser salado después de su captura para poder venderlo a Iquitos y Requena en estado óptimo. Este proceso es del que más se resienten económicamente los pescadores ya que la sal tiene un coste de 25 S./ por cada 120Kg de pescado salado.

Otro gasto importante son las pilas para las linternas ya que cuestan 2,5 S./ Pueden durar un día si se mantienen encendidas a lo largo de toda la noche y unos 5 días si racionan bien su uso y utilizan queroseno como fuente adicional de iluminación. Aún así, el queroseno les supone un gasto de 4 S./semana. Otro gasto importante en el sector es el de los cuchillos; cada uno cuesta 6 S./ pero no los pueden afilar, con lo que deben cambiarlos cada 3 semanas, en épocas de mucha actividad.

La gasolina es un gasto exclusivo de algunas personas ya que la mayoría pescan con remo.

Además de estos gastos directos de producción existen otros gastos como las barcas, redes, etc.

A.10. Agricultura

La agricultura en la región Puinahua se caracteriza por ser de tipo tradicional, con un nivel tecnológico incipiente, que trae como consecuencia que los cultivos presenten bajos rendimientos y productos de baja calidad, que no compiten con la producción de otras



regiones con mejor nivel tecnológico, como es el caso de la agricultura en la costa. No disponen de sistemas de riego, pero tienen una tierra muy fértil debido a las inundaciones de la época creciente. Todos los cultivos de que disponen se adaptan perfectamente a las condiciones climáticas de la zona, con lo cual no precisan de mantenimiento.

La agricultura puede generar unos importantes beneficios para la comunidad por el poco mantenimiento que necesitan sus cultivos. Por este motivo, la superficie cultivada ha aumentado sustancialmente los últimos años. Otro motivo justificante del aumento de producción agrícola es el hecho de que la gente invierte más a largo plazo; mantiene la pesca como actividad diaria que proporciona ingresos a corto plazo y obtiene mayores ingresos cuando cosechan lo que sembraron anteriormente. Actualmente, la mayoría de las familias ya tienen más de una hectárea cultivada.

Los principales productos cultivados son el arroz, el maíz, la yuca y el plátano. Además hay pequeños huertos en los corrales de las casas para el autoconsumo y venta a pequeña escala. En la siguiente tabla se muestran las cantidades cultivadas según cada producto:

Agricultura	Superficie cultivada (Has)	Producción (TN)	Precio
Arroz	18	63	400 S/tn
Maíz	10	30	350 S/tn
Plátano	23	92	3 S/racimo
Yuca	23	92	200 S/tn

Tabla A.2 -. Cantidades y precios de venta de Huacrachiro [2]

La agricultura en Huacrachiro está en proceso de expansión. Fruto de este aumento son las 50 has de arroz y 40 has de maíz que se han contabilizado en 2007. Las familias que trabajan la agricultura disponen desde 0,5 has para las personas de mayor edad, hasta 12 Has para aquellos que se dedican exclusivamente a la agricultura y ganadería.

Tal y como se ha comentado anteriormente, el terreno no tiene propietarios, hecho que facilita la preparación de terrenos para cultivar. Para los cultivos de plátano y yuca los agricultores escogen una buena localización para sus tierras y talan todos los árboles y arbustos para despejar el terreno. Tanto el plátano como la yuca son cultivos que se adaptan perfectamente a todas las condiciones climatológicas de la zona a lo largo del año; son



productos que se sitúan en una zona no inundable de los poblados ya que de esta manera se puede disponer de ellos tanto en la época creciente, como en la vaciante.

El arroz y el maíz son dos cultivos ejemplo de producción estacional, durante los meses de junio hasta septiembre se cultiva el arroz en terrazas a las orillas del Puinahua. Es en esta época cuando la tierra es más fértil debido a su anterior etapa creciente que recubre todo el suelo aportando minerales. En el caso del maíz, el período de cultivo es desde julio hasta octubre, es decir, excluye la época creciente por sus excesivas lluvias tormentosas que dañan el maíz. Estos dos productos proporcionan una cosecha al año que aporta unos ingresos sustanciales.

La venta de los productos agrícolas tiene el mismo procedimiento que la pesca. Comerciantes o la propia gente de la comunidad, se embarcan al ferry hacia Iquitos o Pucallpa, etc.

Uno de los principales problemas que tienen los agricultores es en la venta del arroz, ya que tiene una cascarilla que envuelve la semilla. Quitar la cáscara requiere un esfuerzo importante, ya que se hace manualmente con una masa de mortero. Este rudimentario procedimiento no permite trabajar con grandes cantidades, con lo cual el arroz se debe vender con su correspondiente devaluación. Otro problema parecido surge en el tratamiento del maíz; los agricultores no pueden desgranar las mazorcas, o producir harina con el fin de aumentar el valor del producto final. El hecho de no poder descascarillar el arroz o desgranar el maíz implica que para intentar vender el producto a un mayor precio tengan que acudir a algún molino de la capital, pero el alto coste del transporte y alojamiento repercuten en que pocas veces el viaje sea rentable.

Consecuentemente, se puede afirmar que la obtención de un molino para el trabajo de ambos productos sería una aportación importante para los agricultores de la comunidad.

A.11. Ganadería

La ganadería no es una de las actividades principales de la comunidad. De hecho, sólo existen dos familias que viven exclusivamente de la ganadería y agricultura, ya que disponen de 12 y 8 vacas respectivamente, además de 5 y 7 cerdos, respectivamente. El hecho de necesitar terreno para la pastura de los animales les sitúa alejados al final del pueblo. El



resto de los pobladores sólo tienen ganado como actividad complementaria a la pesca y agricultura. Los principales animales son los cerdos y gallinas que están encerrados en los corrales que rodean algunas casas. Otro animal que acostumbran a cazar para alimentarse o vender son las tortugas.

La principal finalidad de la actividad ganadera es vender los animales a comerciantes de la ciudad ya que raras veces matan al animal para obtener carne. Sólo las gallinas se utilizan como alimento habitual en su dieta. El afán de obtener ingresos a corto plazo hace que los cerdos sean vendidos a los 55-60 kg, peso poco elevado para dicho animal, cuyo precio ronda los 3,5 S./kg. Por este motivo la mayoría de los cerdos son crías.

En la localidad existen 16 familias que fomentan la actividad ganadera mediante cerdos; el número de cerdos por cada vivienda se sitúa entre 1 y 20, siendo el promedio de 6. Dichas familias se localizan en el margen derecho del pueblo y en la zona central ya que es donde disponen de más espacio para tener corrales.

Una treintena de familias tienen gallinas con una media de 6 por familia y son las alimentadas a base de cascarilla de arroz, restos de comida y grano.

A.12. Otras actividades productivas

Como se ha ido introduciendo anteriormente, en el pueblo existen otros negocios a parte del sector agrícola, ganadero y pesquero. Ya se ha comentado en el apartado de comunicaciones el negocio de la telefonía. Otro negocio que da unos ingresos muy elevados a las familias responsables son las tiendas. Existen dos en todo el pueblo que comercializan con todo tipo de productos: Gaseosas, jabón, pasta de dientes, ropa, zapatillas, latas de conserva, pasta, caramelos, café, té, azúcar, patatas, cebollas, ajos, medicinas, tabaco, cerveza son algunos de los productos existentes. En este sentido, el jabón y la pasta de dientes son los más vendidos. La importación de los productos se realiza desde la capital; los dueños de las tiendas llaman a un distribuidor de Iquitos para hacer el pedido y éste es transportado con la lancha hasta la comunidad. Esporádicamente los propietarios viajan a Iquitos para encargar nuevos productos o realizar las gestiones.

Otro negocio que hay en el caserío son los dos aserraderos que cortan los tablones para hacer las casas, o bien se dedican a hacer pequeños muebles. La falta de instrumentos de



qué disponen dificulta su productividad y no se ajusta al talento que podrían desarrollar los carpinteros si contaran con la maquinaria adecuada. Actualmente, a parte de los pequeños utensilios carpinteros, sólo disponen de una sierra eléctrica que se alimenta con gasolina, hecho que dificulta mucho la constancia en el trabajo. Con los pocos recursos que tienen no pueden competir con los carpinteros de la ciudad, ya que a pesar de recibir algunas propuestas de gente procedente de otras comunidades y de la propia capital, éstas no se han llevado a cabo por los altos plazos de ejecución que los carpinteros necesitarían y el coste añadido que esto supondría.

En menor escala existen pequeños comercios de confección y panadería que se realizan en casa. El primero lo gestionan dos familias que disponen de máquina de coser tradicional y lo gestionan las respectivas amas de casa. El segundo lo lleva a cabo una familia que dispone de un horno de leña tradicional, pero su constancia está limitada por la falta de harina durante ciertas épocas del año.

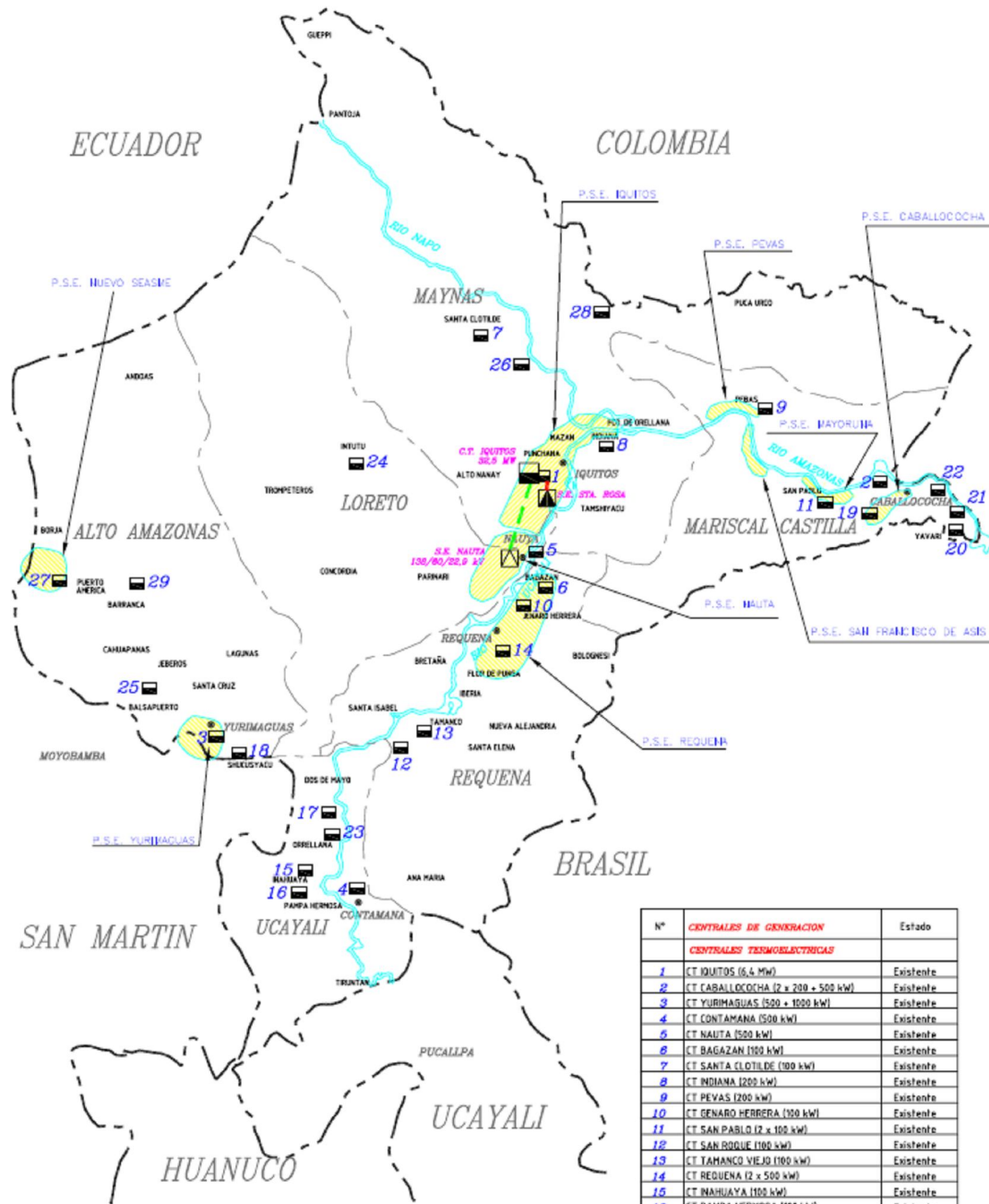
Por último, existen pequeños y grandes comerciales que viajan por los pueblos de la zona comprando y vendiendo piezas de ropa, pescado (de 500Kg a 1000Kg), plátanos, harina, etc.



Figura A.5 -. Comercio (Izquierda). Taller (Derecha). FUENTE: Artús, A.



A.13. Localización de las centrales térmicas de Loreto



MAPA No. 15

LEYENDA			
DESCRIPCION	EXISTENTE	PROYECTADO	EN EJECUCION
L.T. 220 kV	—————	—————	—————
L.T. 138 kV	—————	—————	—————
L.T. 60 kV	—————	—————	—————
L.T. 33 kV	—————	—————	—————
SUBESTACION	■	■	■
CENTRAL HIDRAULICA	■	■	■
CENTRAL TERMICA	■	■	■

N°	CENTRALES DE GENERACION	Estado
CENTRALES TERMICOELECTRICAS		
1	CT IQUITOS (6,4 MW)	Existente
2	CT CABALLOCOCHA (2 x 200 + 500 kW)	Existente
3	CT YURIMAGUAS (500 + 1000 kW)	Existente
4	CT CONTAMANA (500 kW)	Existente
6	CT NAUTA (500 kW)	Existente
8	CT BAGAZAN (100 kW)	Existente
7	CT SANTA CLOTILDE (100 kW)	Existente
8	CT INDIANA (200 kW)	Existente
9	CT PEVAS (200 kW)	Existente
10	CT BENARO HERRERA (100 kW)	Existente
11	CT SAN PABLO (2 x 100 kW)	Existente
12	CT SAN ROQUE (100 kW)	Existente
13	CT TAMANCO VIEJO (100 kW)	Existente
14	CT REQUENA (2 x 500 kW)	Existente
15	CT NAHUAYA (100 kW)	Existente
16	CT PAMPA HERMOSA (100 kW)	Existente
17	CT TIERRA BLANCA (100 kW)	Existente
18	CT SHUCUSHYACU (100 kW)	Existente
19	CT CHIMBOTE (50 kW)	Existente
20	CT ISLANDIA (100 kW)	Existente
21	CT PETROPOLIS (50 kW)	Existente
22	CT SANTA ROSA (50 kW)	Existente
23	CT ORELLANA (200 kW)	Existente
24	CT LIBERTAD (50 kW)	Existente
25	CT SAN GABRIEL VARADERO (50 kW)	Existente
26	CT SAN LUIS TACSIA CURARAY (100 kW)	Existente
27	CT SARAMIRZA (200 kW)	Existente
28	CT SAN ANTONIO DEL ESTRECHO (200 kW)	Existente
29	CT ULLPAYACU (100 kW)	Existente



B. Tecnologías aplicadas

B.1. Gasificación

La tecnología de la gasificación se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial, con lo que no se puede considerar una tecnología desconocida, aunque sí poco divulgada. No obstante, en países del Este como India, Turquía y China la gasificación ha sido implementada en diversas áreas rurales sin acceso a la electricidad con resultados muy satisfactorios. En el caso que nos ocupa, Perú, no existen una gran cantidad de sistemas de gasificación ya que están en proceso experimental.

En el proceso de gasificación se convierte, mediante oxidación parcial a temperatura elevada, una material inicial, normalmente sólido, en un combustible gaseoso llamado gas de síntesis. Su principal característica es el que se efectúa en ausencia de un 20%-30% del oxígeno estequiométrico para la reacción completa de combustión y se lleva a cabo dentro de un reactor en el que se distinguen cuatro etapas:

- **Secado:** Se trata del primer tratamiento que sufre el material al entrar en el reactor y su principal objetivo es el de eliminar el contenido de agua del sólido. Este proceso se efectúa a una temperatura de 200 – 400 °C.
- **Pirólisis:** Tras el secado y calentamiento se produce la descomposición térmica de la materia. Este proceso ocurre a unos 400 - 600 °C y es donde se desprenden los sólidos más volátiles formando una fracción gaseosa rica en H₂ y una gran cantidad de carbón y alquitranes que no han sido quemados por la ausencia de oxígeno, llamados char.
- **Combustión:** Los gases originados se queman, consumiéndose la mayor parte del oxígeno alimentado al gasificador. Las reacciones son exotérmicas, y desprenden el calor necesario para producir las reacciones de gasificación.
- **Gasificación:** Una vez consumido todo el oxígeno, se producen las reacciones a 600-1100 °C entre los gases de combustión y el char, generando CO y H₂. Las reacciones de gasificación tienen lugar como consecuencia de que se alimenta únicamente entre 1/3 y 1/5 del oxígeno teórico requerido para la combustión total.



B.1.1 Tipos de gasificadores

Existen diversos tipos de gasificadores clasificados según la localización de las entradas de sólidos y aire. Dado que la mayoría de fabricantes de equipos de gasificación con generador sólo los fabrican con reactores fijos, en este proyecto solamente se evaluarán los siguientes dos tipos.

- **Lecho fijo corriente descendente (Downdraft):** Este tipo de gasificador se caracteriza por entregar el gas por la parte baja del reactor y porque la admisión de aire se efectúa por la parte media del mismo. En referencia a la entrada de la materia orgánica, ésta se alimenta por la parte superior, experimentando sucesivamente las etapas de secado, pirólisis y gasificación, Figura B.1. El principal inconveniente de ésta tecnología es el alto contenido de cenizas y humedad del gas producido. Por este motivo se precisan sólidos de tamaño uniforme y con bajo contenido de humedad. En cambio, los niveles de alquitrán son menores que en otros modelos, hecho que facilita la aplicación en motores de combustión interna. Por otra parte, también se debe destacar que estos equipos se deben encender unos 30 minutos antes de empezar a funcionar.

- **Lecho fijo corriente ascendente (Updraft):** En este tipo de gasificador el sólido se introduce por la parte superior igualmente, pero el aire lo hace por debajo del reactor circulando, así, a contracorriente, Figura B.1. El gas resultante es entregado por la parte superior del gasificador a unas temperaturas relativamente bajas ya que el calor del propio gas es utilizado para el proceso de secado del combustible, aumentando sustancialmente el rendimiento del proceso. Una ventaja de este sistema es que permite altos porcentajes de humedad. No obstante, existe una gran cantidad de alquitrán en el gas de salida, con lo que no es óptimo para utilizar en motores.



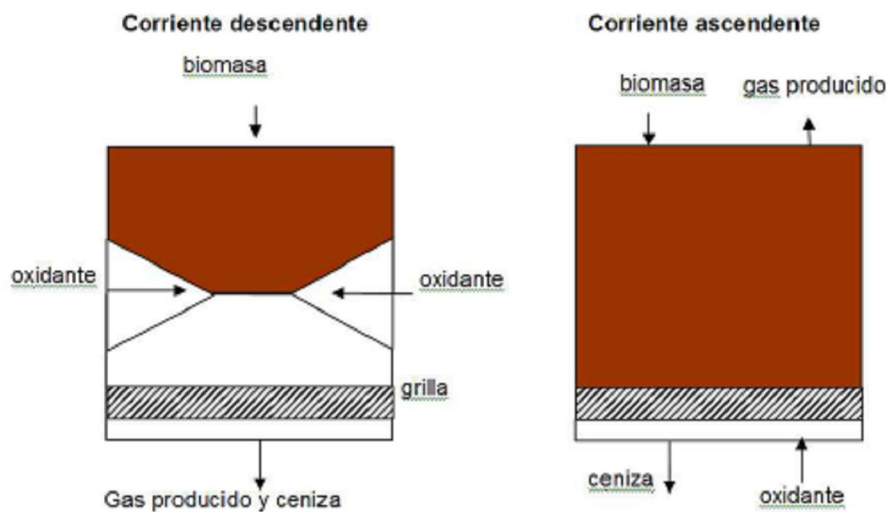


Figura B.1 -. Esquema de los tipos de gasificadores. [6]

B.1.2 Equipos de gasificación

Como se ha introducido en el apartado anterior, los dos tipos de gasificadores tienen aplicaciones bien distintas. Mientras el *Downdraft* puede funcionar con motores ya que produce un gas libre de alquitranes, el *Updraft* tiene aplicaciones energéticas bien distintas; por consiguiente se ha escogido un bloque gasificador que incluye un reactor de flujo descendente.

El gas sale de este reactor a una temperatura de 600 °C aproximadamente y con un alto contenido de impurezas, cenizas y alquitrán, que se deben separar. Cada fabricante tiene su propia manera de efectuar dicha separación, pero generalmente esta se efectúa en la secuencia explicada a continuación (ver Figura B.2.).

El primer paso será el de extraer parte de las partículas en suspensión mediante un ciclón y seguidamente el paso por diversos estropajos. Para enfriar el gas hasta la temperatura ambiente para su aplicación en el motor se utilizan refrigeradores con agua, y para mover el gas a través de los distintos sistemas se utiliza una bomba de succión, motivo principal del autoconsumo eléctrico que necesitan estos sistemas. Por último, existe una llama al final del proceso que se encarga de evaluar la calidad del gas, o en caso de emergencia quemarlo todo.



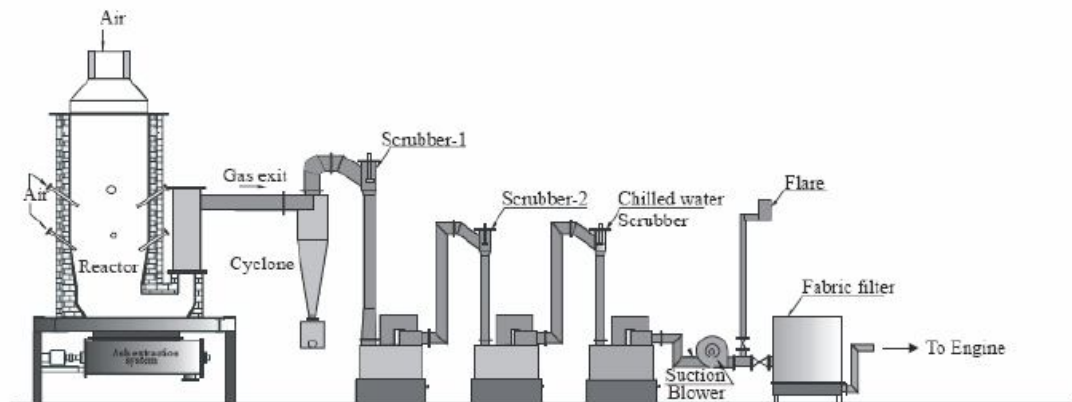


Figura B.2 -. Esquema de bloques de un gasificador [6]

La tecnología de gasificación no dispone de un mercado muy amplio a nivel mundial, si bien es cierto que en países como China, India y Turquía estos sistemas están siendo utilizados en diversas aplicaciones proporcionando una gran cantidad de energía. En el ámbito de la electrificación rural de estos países, estos sistemas han proporcionado electricidad de manera exitosa a una gran cantidad de comunidades rurales. Por este motivo, la mayoría de empresas relacionadas a pequeña escala se localizan en los Estados citados anteriormente. En cambio, en la Europa Occidental hay un déficit importante en cuanto a la obtención de pequeños sistemas de gasificación, ya que la mayoría de las aplicaciones de este continente requieren grandes potencias.

Por consiguiente, se han consultado diversos fabricantes de sistemas con gasificador y motor de diversos países, y se han escogido los equipos de la empresa *ANKUR SCIENTIFIC* por delante de otros fabricantes, debido a su larga experiencia en este ámbito y a su coste relativamente bajo de 1300 € / kWe. Existen una gran cantidad de sistemas de dicha empresa en diversas localidades como las islas de Gosaba (India) o Sri Lanka.

Cabe mencionar que los generadores conectados al propio gasificador son trifásicos y tienen una eficiencia eléctrica del 20%. No obstante el encendido es manual. Seguidamente se detallan las potencias de los gasificadores de la empresa en cuestión.



MODELO	POTENCIA kW	AUTOCONSUMO kWe	PRECIO €
GAS-9	9	1	10782
GAS-11	11	1	13178
GAS-22	22	2	26356
GAS-32	32	3	38336
GAS-40	40	5	47920
GAS-70	70	8	83860

Tabla B.1 -. Potencias de los equipos de *ANKUR*.

B.2. Grupo electrógeno

Puesto que se trata de un tipo de maquinaria de amplia divulgación, para la elección del equipo a utilizar se ha optado por fabricantes con puntos de venta en Perú. En este sentido, se ha optado por la marca *SDMO* ya que ofrece productos de calidad a precios asequibles. Otro criterio utilizado es la potencia de los grupos electrógenos que ofrecen los distintos fabricantes, que para este proyecto es de 21 kW aproximadamente.

El generador debe funcionar con combustible diesel ya que resulta más económico. Lógicamente, dado que la red eléctrica de la comunidad es trifásica, éste debe cumplir con dicho requerimiento y ser adaptable a la tensión y frecuencia del país. Seguidamente se adjunta la ficha técnica del modelo elegido R25UC cuyo precio es de 10.000 €





R25UC

RENTAL POWER

MODEL	R25UC
Prime Power @ 60Hz	21kW / 26 kVA
Stand by Power @ 60Hz	23 kW / 29 kVA



Generator Ratings

Voltage	HZ	Phase	Power Factor	Prime Power Amps	Prime Ratings kW/kVA	Stand by Ratings kW/kVA
480/277 - 440/254	60	3	0.8	31	21 / 26	23 / 29
220/127 - 240/139	60	3	0.8	69	21 / 26	23 / 29
208/120	60	3	0.8	73	21 / 26	23 / 29
120/240	60	1	1	62	15 / 15	17 / 17



SDMO
ENGINE DATA

Manufacturer / Model	MITSUBISHI S4Q2.Y262SD , 4-cycle,
Cylinder Arrangement	4 X L
Displacement	152.6 C.I (2.50L)
Bore and Stroke	3.5in (88mm) X 4.1in (103mm)
Compression ratio	22 : 1
Rated RPM	1800 Rpm
Piston Speed	20.3ft./s (6.18m/s)
Max. stand by Power at rated RPM	38BHP (28.71KW)
Frequency regulation, steady state	+/-2.5%
BMEP	101psi (6.94bar)
Governor : type	Mechanical

Fuel System

110% (Stand By power)	2.1gal/hr (8.1L/h)
100% (of the Prime Power)	2.0gal/hr (7.4L/h)
75% (of the Prime Power)	1.5gal/hr (5.6L)
50% (of the Prime Power)	1.1gal/hr (4.1L/h)
Fuel Tank Capacity	61 Gallons (230 L)

Oil System

Total oil capacity w/filters	1.7gal (6.5L)
Oil Pressure low idle	14.5psi (1bar)
Oil Pressure rated RPM	72.5psi (5bar)
Oil consumption 100% load	0.02gal/hr (0.08L/h)
Oil capacity	1.5gal (5.5L)

Coolant System

Radiator & engine capacity	2.1gal (8.1L)
Max water temperature	232°F (111°C)
Outlet water temperature	199°F (93°C)
Fan power	1.2 kW
Fan air flow	2119cfm (1.0m3/s)
Available restriction on air flow	0.4in. WG (10mm CE)
Thermostat	169-194°F (76-90 °C)

ALTERNATOR DATA

Manufacturer / Model	LEROY SOMER LSA422S5
Phase	3
Power factor (Cos Phi)	0.8
Altitude	< 1000 m
Overspeed	2250 rpm
Pole	4
Exciter type	AREP
Insulation : class/temperature rise	H / H
Voltage regulator	R438
Motor starting capability PF=0.6 rotor blocked, 35% voltage dip	65 kVA
Total harmonics (TGH/THC)	< 4%
Wave form : NEMA = TIF – TGH/THC	< 5%
Wave form : CEI = FHT – TGH/THC	< 2%
Bearing : number	1
Coupling	Direct
Voltage regulation 0 to 100% load	+/- 1%
Recovery time (20% Volt dip) ms	500 ms



B.3. Tecnología solar

La tecnología solar fotovoltaica está ampliamente divulgada a nivel mundial. Su aplicación incluye unos sistemas que, a pesar de sus bajos rendimientos, tienen una alta fiabilidad. Además, esta tecnología resulta ideal para aplicaciones rurales debido a su autonomía y bajos costes de mantenimiento, así como su nula aportación de contaminantes. No obstante, los principales problemas de los sistemas solares fotovoltaicos son el alto precio y la corta vida útil de algunos de sus componentes

En el dimensionado de una instalación solar intervienen dos factores determinantes; la inclinación de los paneles, que determina la radiación que se obtendrá, y los equipos seleccionados, que influyen directamente en el coste de la instalación.

B.3.1 Equipos seleccionados

La tecnología solar fotovoltaica se basa en diversos componentes que tienen la finalidad de ofrecer un servicio eléctrico al consumidor. La mayoría de sistemas fotovoltaicos se basan en un grupo de paneles, un grupo de baterías, reguladores de carga e inversores. Los dos primeros componentes son indispensables en todos los sistemas solares ya que se encargan de producir y almacenar la energía respectivamente. En cambio, tanto los reguladores de carga como los inversores son equipos de los que, según para qué aplicación, se puede prescindir de ellos. A continuación se detallarán los equipos elegidos para este proyecto.

Módulos fotovoltaicos: Los paneles fotovoltaicos son los encargados de transformar la energía proveniente del Sol en energía eléctrica. Cada panel tiene unas características asociadas que se evalúan en condiciones estándar, radiación de 1000 W/m² y 25 °C de temperatura, y se pueden resumir en: Intensidades, voltajes y potencia.

A la hora de elegir los paneles solares para una aplicación concreta, se debe seleccionar el fabricante de éstos y la potencia de los mismos. Existe una gran cantidad de fabricantes de módulos solares y la gran mayoría de ellos ofrecen unas prestaciones muy similares. Por consiguiente, para la elección del fabricante se ha tenido en cuenta la proximidad de éste a la comunidad consumidora, su experiencia en la implementación de sistemas en la zona y su proximidad a la localidad del proyectista para facilitar la obtención de los equipos.



Dado que no existen empresas fabricantes de paneles solares localizadas en Iquitos, se ha escogido la empresa *Isofotón S.A.* por ser una de las empresas líderes en el mercado solar, porque el trato con la misma empresa es más accesible si son de origen Español y por tener experiencia en proyectos de electrificación rural con otras entidades de la propia capital Iquitos.

Seguidamente se incluyen las características de todos los modelos de paneles de la empresa *Isofotón*, con sus respectivos precios de mercado.

PANELES

Modelo	Voltaje (V)	Dimensiones (mm)			Area (m ²)	Peso Kg	Características eléctricas (1000 W/m ² ; 25°C célula; AM 1,5)						
		x	y	z			Pn (W _p)	I _{max} (A)	V _{max} (V)	I _{sc} (A)	V _{oc} (V)	TONC (°C)	PRECIO
I-75/12	12	1224	545	39,5	0,667	9	75	4,34	17,3	4,67	21,6	47	248 €
I-150/12	12	1310	969	39,5	1,269	17	150	8,61	17,4	9,81	21,6	47	495 €
I-150/24	24	1224	1047	39,5	1,282	15	150	4,35	34,6	4,7	43,2	47	495 €
I-165/12	12	1310	969	39,5	1,269	17	165	9,48	17,4	10,14	21,6	47	545 €
I-200/32	32	1590	1047	39,5	1,665	22	200	4,35	46,08	4,7	57,6	47	660 €
I-94/12	12	1206	652	39,5	0,786	10	94	5,88	19,8	6,54	21,6	47	310 €
I-94/24	24	1206	652	39,5	0,786	10	94	2,94	39,6	3,27	21,6	47	310 €
I-100/12	12	1310	652	39,5	0,854	11	100	5,74	17,4	6,54	21,6	47	330 €
I-100/24	24	1310	652	39,5	0,854	11	100	2,87	34,8	3,27	21,6	47	330 €
I-110/12	12	1310	652	39,5	0,854	11	110	6,32	17,4	6,76	21,6	47	363 €
I-110/24	24	1310	652	39,5	0,854	11	110	3,16	34,8	3,38	21,6	47	363 €

Tabla B.2 - Características de los paneles *Isofotón*

Baterías: Las baterías son unos elementos indispensables en los sistemas solares fotovoltaicos ya que se encargan de almacenar la energía cuando ésta no es consumida. Este caso se da habitualmente en las instalaciones aisladas a red ya que la mayoría de electrodomésticos se utilizan en horario nocturno. En el caso de comunidades en países en desarrollo este efecto se acentúa ya que las curvas de demanda son mucho más pronunciadas en horario nocturno, tal y como se ha visto en el apartado 6.

A parte del voltaje (V), las principales características a tener en cuenta para dimensionar un subsistema acumulador en un sistema fotovoltaico son las siguientes:

- Capacidad: Es una medida del poder de la batería para almacenar o suministrar energía eléctrica y se expresa en amperios-hora (Ah).



- Profundidad de descarga (DOD): Es el porcentaje de energía extraída de la batería. Normalmente, a mayor DOD disminuye el número de ciclos de la batería, es decir, su vida útil.

Para aplicaciones fotovoltaicas predominan dos tipos de baterías, las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y las de plomo-ácido (Pb-a). Las primeras presentan ventajas respecto a las de Pb-a como son la posibilidad de descargarse profundamente o permanecer largos períodos en baja carga sin deterioro, así como una menor autodescarga y un menor mantenimiento. Su principal problema es su altísimo coste, motivo por el cual no se utilizan en aplicaciones convencionales. Aún así, las baterías de Pb-a tienen un funcionamiento suficientemente bueno para aplicaciones fotovoltaicas aunque se necesita un mayor mantenimiento.

Las baterías de Pb-a pueden ser abiertas o selladas. Las primeras ofrecen un ciclado más profundo que las segundas, aunque precisan un poco más de mantenimiento al tener que rellenarlas con agua destilada cada 3 años aproximadamente. A pesar de precisar un mayor mantenimiento, para este proyecto se han considerado que las baterías idóneas para la aplicación son las abiertas de Pb-a por su coste relativamente bajo, su alta profundidad de descarga y su larga vida útil. En concreto, se han elegido baterías estacionarias abiertas tubulares (OpZs) por ser las más utilizadas en proyectos de electrificación rural, por tener una DOD del 80 % y una vida útil de 8 a 10 años.

Dado que la empresa *Isofotón* proporciona los módulos solares, se ha elegido el mismo fabricante para proporcionar las baterías de la marca *Energys-Hawker*. Seguidamente se adjuntan los modelos disponibles para la aplicación.



BATERÍA

Modelo	Tensión (V)	Capacidad a 25 °C (100h (1,85V)	Dimensiones			Peso (Kg)	PRECIO (€)
			Largo	Ancho	Altura		
12.AT.75	12	75	272	205	380	34,8	329 €
12.AT.139	12	139	272	205	380	44,4	356 €
12.AT.209	12	209	380	205	380	63,6	466 €
6.AT.279	6	279	272	205	380	43,3	326 €
6.AT.368	6	368	380	205	380	57	393 €
6.AT.418	6	418	380	205	380	62,2	427 €
2.AT.295	2	295	103	206	389	18,6	105 €
2.AT.361	2	361	124	206	389	22	128 €
2.AT.433	2	243	145	206	389	25	146 €
2.AT.519	2	519	124	206	505	30	159 €
2.AT.627	2	627	145	206	505	35	175 €
2.AT.731	2	731	166	206	505	39,5	196 €
2.AT.900	2	900	145	206	684	48	231 €
2.AT.1200	2	1200	191	210	684	63	314 €
2.AT.1500	2	1500	233	210	684	78	369 €
2.AT.1799	2	1799	275	210	684	92	412 €
2.AT.2300	2	2300	275	210	684	115	483 €
2.AT.3000	2	3000	399	214	813	162	696 €
2.AT.3753	2	3753	487	212	813	202	823 €
2.AT.4505	2	4505	576	212	813	239	988 €

Tabla B.3 -. Características de las baterías *Energys-Hawker*

Regulador: La principal misión de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico autónomo con baterías es realizar un proceso óptimo de carga de la batería, permitiendo la carga completa pero evitando la sobrecarga y la sobredescarga. Además debe vigilar el estado de carga en todo momento con el fin de maximizar la vida útil de las baterías. Un regulador funciona habitualmente por control de tensión, directamente relacionada con el estado de carga, medida en los terminales de la batería. Las principales características de operación de los reguladores de carga son el voltaje (V) y la intensidad (I). A continuación se detallan dichos parámetros para los reguladores de *Isofotón* que, siguiendo el mismo criterio que con los paneles y baterías, es el fabricante elegido.



REGULADORES

Modelo	Vnominal		Imax de generación	Imax de consumo	Sobrecarga admisible	Autoconsumo (mA)	Corte alta Vmax	Corte flotación V flot	Corte baja V min	PRECIO €
	V ₁	V ₂								
Isoler 10/D10	12	24	10	10	1,25	40	14,8	14	11,1	40,6 €
Isoler 10/D20	12	24	20	20	1,25	40	14,8	14	11,1	67,7 €
Isoler 10/D30	12	24	30	30	1,25	40	14,8	14	11,1	80,5 €

Tabla B.4 -. Características de los reguladores de *Isofotón*

Inversor: Tanto el generador fotovoltaico como las baterías producen corriente continua, al contrario de la mayoría de cargas que funcionan en corriente alterna. También se encargan de adaptar la señal a la frecuencia de funcionamiento de 60 Hz y su valor eficaz de 230 V para el caso del Perú. Los inversores trabajan con dos rangos de tensiones, una para el lado en continua de 12, 24, 48 V y otra para la corriente de consumo de 230 V.

Para dimensionar una instalación autónoma se han utilizado inversores de baja potencia de la empresa *Isofotón* por el hecho de que acoplar los sistemas de un mismo fabricante evita problemas de instalación. Sus características se detallan a continuación.

INVERSORES INSTALACIONES AUTÓNOMAS

Modelo	Vn entrada	Rango V entrada (V)		Potencia salida	Vn salida (V)		Variación V salida	Frec. (Hz)	Rendimiento carga	Distorsión armónica	Autoconsumo (W)	PRECIO
		Inf.	Sup.		Sal 1	Sal 2						
Isoverter 250/12	12	10	16	250	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	1,2	283 €
Isoverter 250/24	24	20	36	250	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	1,2	289 €
Isoverter 600/12	12	10	16	600	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	2	619 €
Isoverter 600/24	24	20	36	600	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	2	619 €
Isoverter 1500/12	12	10,8	16	1500	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	3	1.001 €
Isoverter 1500/24	24	21	32	1500	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	3	912 €
Isoverter 1500/48	48	40	62	1500	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	3	1.164 €
Isoverter 2000/12	12	10	16	2000	230	120	<= 5%	50	0,9	<=3%	3	1.863 €
Isoverter 3000/24	24	21	32	3000	230	120	<= 5%	50	0,92	<= 2%	4	1.499 €
Isoverter 3000/48	48	40	62	3000	230	120	<= 5%	50	0,92	<= 2%	4	1.863 €

Tabla B.5 -. Características de los inversores de *Isofotón*



En cambio, para el dimensionado de la microrred se han utilizado los inversores de SMA *Sunny boy*.

INVERSORES MICRORRED ELÉCTRICA

Modelo	Onda salida	Rango V entrada (V) Vinf	Vsup	Potencia entrada	Potencia salida	Vn salida (V)	Frec. (Hz)	I máx CC	Distorsión armónica	Precio
Sunny Boy 1100	seno	139	400	1210	1100	220	60	10	<=4%	952 €
Sunny Boy 1700	seno	139	400	1850	1700	220	60	12,6	<=4%	1.233 €
Sunny Boy 2500	seno	224	600	2700	2500	220	60	12	<=4%	1.624 €
Sunny Boy 3000	seno	268	600	3200	3000	220	60	15	<=4%	1.765 €

Tabla B.6 -. Características inversores *Sunny Boy*, SMA

Por su parte, los inversores bidireccionales Sunny Island utilizados para la gestión de la microrred tienen las siguientes características:

Datos Técnicos		SI 3324	SI 4248
Parámetros de salida			
Tensión nominal CA (ajustable)	U_{CA}	230 V (202 - 253 V)	230 V (202 - 253 V)
Frecuencia de red (ajustable)	f	50 Hz (45 - 55 Hz)	50 Hz (45 - 55 Hz)
Potencia constante de la CA a 25 °C / 45 °C	P_{nom}	3300 / 2300 W	4200 / 3400 W
Potencia constante de la CA a 25 °C durante 30 / 5 / 1 min	$P_{30} / 5 / 1$	4200 / 4600 / 5000 W	5400 / 6200 / 7000 W
Corriente nominal CA	$I_{CA, nom}$	14,5 A	18 A
Corriente máx. (valor punta) durante 100 ms		100 A	100 A
Coefficiente de distorsión no lineal de la tensión CA	K_{VCA}	< 3 %	< 3 %
Factor de potencia	$\cos \varphi$	-1 a +1	-1 a +1
Parámetros de entrada			
Tensión de entrada	$U_{CA, ext}$	230 V (172,5 - 250 V)	230 V (172,5 - 250 V)
Frecuencia de entrada	f_{ext}	50 Hz (40 - 60 Hz)	50 Hz (40 - 60 Hz)
Máx. corriente de entrada de CA	$I_{CA, ext}$	56 A (2 - 56 A)	56 A (2 - 56 A)
Máx. potencia de entrada	$P_{CA, ext}$	12,8 kW	12,8 kW
Datos de la batería			
Tensión de la batería (rango)	U_{Bat}	24 V (21 - 32 V)	48 V (41 - 63 V)
Corriente de carga máx. de la batería	$I_{Bat, max}$	140 A	100 A
Corriente de carga constante	$I_{Bat, nom}$	104 A	80 A
Capacidad de la batería	C_{Bat}	100 - 6000 Ah	100 - 6000 Ah
Regulación de carga		IU ₀ U con carga completa y de compensación automática	IU ₀ U con carga completa y de compensación automática
Coefficiente de rendimiento/consumo de potencia			
Máx. coeficiente de rendimiento (tip.)	η	94,5 %	95 %
Consumo propio (sin carga/standby)		22 W (< 4 W)	22 W (< 4 W)
Clase de protección según DIN EN 60529		IP30	IP30
Protección de los equipos		Cortocircuito, sobrecarga, sobretensión	Cortocircuito, sobrecarga, sobretensión
Interfaces		2 LEDs, 4 botones, display de 2 líneas, 1 relé para la desconexión de carga, 1 relé para el control de generadores diesel RS485/RS232 con separación galvánica (opc.)	2 LEDs, 4 botones, display de 2 líneas, 1 relé para la desconexión de carga, 1 relé para el control de generadores diesel RS485/RS232 con separación galvánica (opc.)
Parámetros mecánicos			
Ancho / altura / profundidad		390 / 590 / 245 mm	390 / 590 / 245 mm
Peso		39 kg	39 kg
Condiciones ambientales			
Temperatura ambiental		de -25 °C a +50 °C	de -25 °C a +50 °C
Garantía (UE)		2 años	2 años
Accesorios			
Sensor de temperatura de la batería ext.		incluido opcional	incluido opcional
Gestión de generadores "GenMan"			



C. Cálculo de instalaciones solares

C.1. Inclinación de los paneles

En el apartado 8.2 se ha estudiado la viabilidad del recurso solar como fuente energética a partir de los datos de radiación solar total sobre una superficie horizontal dentro la atmósfera terrestre, que corresponde a una inclinación de 0° . No obstante, a una radiación asociada a una inclinación de 0° no se le aprovecha al máximo su potencial. Además, los paneles deben tener una inclinación mínima para que el agua procedente de las lluvias pueda descender y evitar, así, su acumulación sobre la superficie del mismo. Por consiguiente, se ha calculado la inclinación que deben tener los módulos solares en la localidad de HuacraChiro suponiendo que su orientación acimutal es hacia el Norte, donde se sitúa el ecuador [12][13].

Mediante las coordenadas, longitud (L) y latitud (Φ), de la localidad de HuacraChiro y la declinación (δ) para los días representativos de cada mes se puede calcular el ángulo solar del amanecer (ω_s):

$$\omega_s = \arccos(-\operatorname{tg}\delta \cdot \operatorname{tg}\phi) \quad (\text{Ec. C.1})$$

La energía que proviene del Sol antes de atravesar la superficie terrestre se denomina radiación extraterrestre diaria (B_0^d) y es muy superior a la que se encuentra sobre la tierra.

$$B_0^d = \frac{24}{\pi} B_0 \varepsilon_0 (\cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \operatorname{sen} \omega_s + \omega_s \cdot \operatorname{sen} \delta \cdot \operatorname{sen} \phi) \quad (\text{Ec. C.2})$$

Donde B_0 es la irradiancia que alcanza la tierra y tiene un valor constante de $1368,7 \text{ W/m}^2$. Dado que ε_0 es un factor corrector asociado a la geometría elíptica de la tierra, este valor tiene efecto para evaluaciones diarias, pero resulta igual a 1 para estimaciones mensuales.

El índice de claridad (k_t) representa la transparencia de la atmósfera y se calcula mediante la siguiente expresión:



$$k_t = \frac{G_d(0)}{B_0^d(0)} \quad (\text{Ec. C.3})$$

La energía que proviene del Sol se presenta sobre la superficie terrestre de dos maneras diferentes, cuya suma en el plano horizontal resulta la radiación global ($G_d(0)$).

- *Radiación directa (B)*: La que llega a la tierra directamente en línea con el Sol.
- *Radiación difusa (D)*: Originada por los efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera.

Se deben calcular ambas componentes ya que su incidencia no es igual en planos inclinados. Para su estimación es necesario el índice de claridad difuso calculado previamente mediante la expresión:

$$k_d = 1 - 1,13 \cdot k_t \quad (\text{Ec. C.4})$$

La radiación difusa se calcula a partir de:

$$D_d(0) = k_d \cdot G_d(0) \quad (\text{Ec. C.5})$$

Teniendo en cuenta que la radiación global incidente sobre una superficie horizontal es la suma entre la componente directa ($B(0)$) y difusa ($D(0)$), se puede calcular la primera componente:

$$B_d(0) = G_d(0) - D_d(0) \quad (\text{Ec. C.6})$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados del proceso descrito anteriormente para cada mes del año.



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$G_d(0)$	4,44	4,45	4,24	4,28	4,33	4,20	4,66	4,88	5,09	4,90	4,70	4,68
δ (°)	-20,70	-12,30	-1,80	9,70	18,80	23,00	21,30	13,70	3,09	-8,45	-18,10	-22,80
ω_s (°)	92,07	91,19	90,17	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	90,81	91,79	92,30
B_0^d	10,28	10,49	10,44	9,99	9,34	8,97	9,13	9,73	10,30	10,51	10,37	10,20
K_T	0,43	0,42	0,41	0,43	0,46	0,47	0,51	0,50	0,49	0,47	0,45	0,46
$D_d(0)$	0,51	0,52	0,54	0,52	0,48	0,47	0,42	0,43	0,44	0,47	0,49	0,48
$B_d(0)$	2,27	2,32	2,29	2,21	2,06	1,98	1,97	2,12	2,25	2,32	2,29	2,25

Tabla C.1 -. Cálculo de la irradiación directa y difusa (kWh/m²·día)

Una vez calculadas la componente directa y difusa sobre el plano horizontal, se procede a calcular la radiación incidente para distintas inclinaciones con el fin de encontrar la óptima para el caso estudiado.

Si $\Phi < 0$, hemisferio Sur, los ángulos para el cálculo de ω'_s se suman tal y como se aprecia en la ecuación (Ec. C.7), en caso contrario dichos ángulos se restarían.

$$\omega'_s = \arccos(-\operatorname{tg} \delta \cdot \operatorname{tg}(\phi + \beta)) \quad (\text{Ec. C.7})$$

$$\omega_{ss} = \operatorname{MIN}[\omega_s; \omega'_s] \quad (\text{Ec. C.8})$$

El factor Rb indica la relación entre irradiancia directa incidente sobre el plano inclinado y sobre la superficie horizontal.

$$Rb = \frac{\omega_{ss} \cdot \sin \delta \cdot \sin(\varphi + \beta) + \cos \delta \cdot \cos(\varphi + \beta) \cdot \sin \omega_{ss}}{\omega_s \cdot \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \omega_s} \quad (\text{Ec. C.9})$$

La radiación global sobre una superficie inclinada en la superficie terrestre se puede calcular como la suma de tres componentes: la componente directa, la componente difusa y la componente de albedo o reflejada. La irradiancia de albedo representa la cantidad de



radiación que se refleja en el suelo y, por lo tanto, depende de la irradiancia horizontal y de un coeficiente de reflectividad (ρ) que en este estudio se ha considerado 0,3 al estar el suelo cubierto de hierba húmeda.

$$G(\beta) = B_d(0) \cdot Rb + D_d(0) \cdot \frac{1 + \cos \beta}{2} + \rho \cdot G_d(0) \cdot \frac{1 - \cos \beta}{2} \quad (\text{Ec. C.10})$$

Probando este procedimiento para distintos ángulos β se han obtenido las respectivas radiaciones, tal y como se aprecia en las siguientes tablas.

$\beta=0^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	92,07	91,19	90,17	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	90,81	91,79	92,30
$\omega_{ss}(^\circ)$	92,07	91,19	90,17	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	90,81	91,79	92,30
Rb	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
G(β)	4,44	4,45	4,24	4,28	4,33	4,20	4,66	4,88	5,09	4,90	4,70	4,68

$\beta=5^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	90,17	90,10	90,01	89,92	89,85	89,81	89,82	89,89	89,98	90,07	90,15	90,19
$\omega_{ss}(^\circ)$	90,17	90,10	90,01	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	90,07	90,15	90,19
Rb	0,95	0,98	1,00	1,03	1,05	1,07	1,06	1,04	1,01	0,98	0,96	0,95
G(β)	4,34	4,40	4,24	4,34	4,45	4,34	4,82	4,99	5,12	4,86	4,60	4,55

$\beta=10^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	88,28	89,01	89,86	90,78	91,55	91,94	91,78	91,11	90,25	89,32	88,51	88,08
$\omega_{ss}(^\circ)$	88,28	89,01	89,86	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	89,32	88,51	88,08
Rb	0,90	0,94	0,99	1,05	1,10	1,12	1,11	1,07	1,02	0,96	0,92	0,89



G(β)	4,22	4,32	4,22	4,37	4,55	4,47	4,96	5,07	5,13	4,79	4,49	4,41
$\beta=15^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	86,36	87,90	89,70	91,65	93,28	94,10	93,76	92,35	90,52	88,57	86,85	85,94
$\omega_{ss}(^\circ)$	86,36	87,90	89,70	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	88,57	86,85	85,94
Rb	0,85	0,90	0,98	1,06	1,13	1,17	1,16	1,09	1,01	0,93	0,86	0,83
G(β)	4,09	4,23	4,18	4,39	4,62	4,57	5,07	5,13	5,11	4,71	4,36	4,25
$\beta=20^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	84,37	86,76	89,53	92,54	95,07	96,33	95,81	93,63	90,80	87,79	85,13	83,74
$\omega_{ss}(^\circ)$	84,37	86,76	89,53	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	87,79	85,13	83,74
Rb	0,78	0,86	0,96	1,07	1,16	1,21	1,19	1,11	1,00	0,89	0,81	0,76
G(β)	3,94	4,12	4,12	4,39	4,68	4,65	5,16	5,16	5,07	4,60	4,21	4,08
$\beta=25^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	82,29	85,56	89,36	93,48	96,94	98,67	97,96	94,97	91,10	86,98	83,33	81,42
$\omega_{ss}(^\circ)$	82,29	85,56	89,36	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	86,98	83,33	81,42
Rb	0,71	0,81	0,93	1,06	1,18	1,24	1,22	1,11	0,98	0,85	0,74	0,69
G(β)	3,78	3,99	4,05	4,37	4,71	4,70	5,22	5,16	5,01	4,47	4,04	3,89
$\beta=30^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s' (^\circ)$	80,06	84,28	89,18	94,48	98,95	101,18	100,26	96,39	91,41	86,11	81,41	78,93



$\omega_{ss}(\circ)$	80,06	84,28	89,18	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	86,11	81,41	78,93
Rb	0,64	0,75	0,89	1,05	1,19	1,26	1,23	1,11	0,96	0,80	0,68	0,62
G(β)	3,60	3,85	3,96	4,32	4,71	4,74	5,25	5,14	4,92	4,33	3,86	3,69

$\beta=35^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s'(\circ)$	77,63	82,90	88,98	95,56	101,13	103,92	102,77	97,94	91,75	85,17	79,32	76,21
$\omega_{ss}(\circ)$	77,63	82,90	88,98	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	85,17	79,32	76,21
Rb	0,57	0,69	0,85	1,03	1,19	1,28	1,24	1,10	0,92	0,74	0,60	0,54
G(β)	3,42	3,70	3,85	4,26	4,70	4,75	5,26	5,10	4,81	4,16	3,67	3,48

$\beta=40^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$\omega_s'(\circ)$	74,92	81,37	88,76	96,76	103,56	106,99	105,57	99,66	92,13	84,13	76,99	73,18
$\omega_{ss}(\circ)$	74,92	81,37	88,76	89,07	88,14	87,68	87,87	88,67	89,70	84,13	76,99	73,18
Rb	0,49	0,62	0,80	1,00	1,19	1,28	1,24	1,08	0,88	0,68	0,53	0,46
G(β)	3,22	3,53	3,72	4,18	4,66	4,73	5,24	5,03	4,67	3,98	3,46	3,26

Tabla C.2 -. Cálculo de radiación según la inclinación de los paneles (kWh/m²-día)

Una vez calculadas la radiación solar para las distintas inclinaciones se debe elegir cuál es la óptima para el caserío de Huacrachiro. En el caso de disponer de diferentes consumos para los respectivos meses del año se utiliza el “*método de las áreas*”, modelo que es ampliamente utilizado para aplicaciones fotovoltaicas. En el caso que nos ocupa, el consumo estimado es constante a lo largo del año, con lo que para elegir la inclinación adecuada se ha seleccionado la mínima radiación de entre todos los meses para cada inclinación (ver Tabla C.3). A partir de estos valores, se puede elegir la inclinación óptima a correspondiente al máximo valor de radiación, que para el particular caso que nos ocupa ha resultado de 5 °.



Inclinaciones	G(β) (kWh/m ² día)
0°	4,20
5°	4,24
10°	4,22
15°	4,09
20°	3,94
25°	3,78
30°	3,60
35°	3,42
40°	3,22

Tabla C.3 -. Radiaciones mínimas anuales según inclinación

Por consiguiente, para la inclinación elegida, también se puede determinar el mes donde la radiación será más baja mediante la Tabla C.2 y que en este caso corresponde al mes de marzo.

Una vez ejecutado todo el proceso de obtención de la radiación solar y la inclinación óptima, se ha comparado con un software desarrollado por el *Centro de Apoyo a la Decisión de la Energía Limpia Retscreen Internacional*, cuyos resultados han sido idénticos a los desarrollados con anterioridad, Figura C.1.



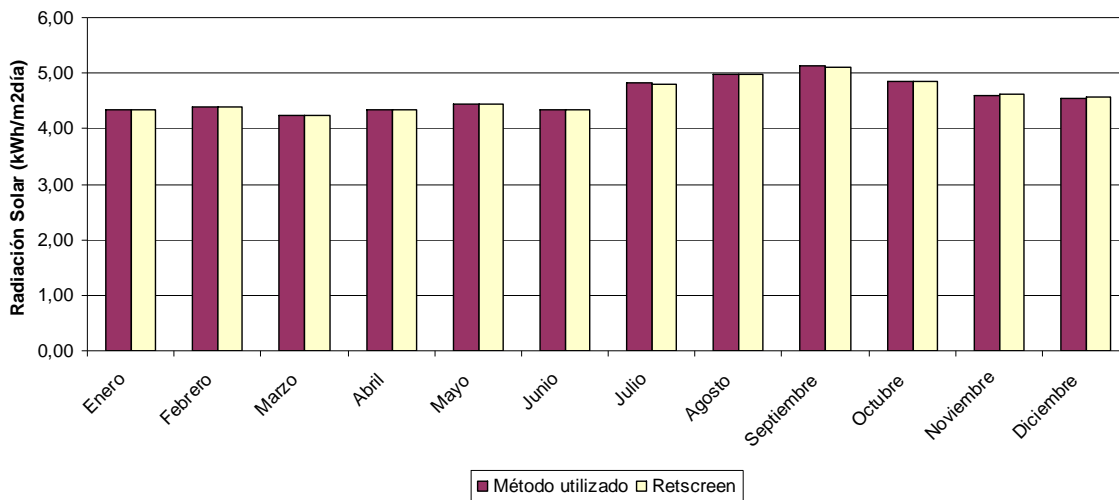


Figura C.1 - Comparación de los distintos métodos de cálculo

La cara frontal de los paneles fotovoltaicos consta de un simple cristal liso que, además, tiene un cierto grado de suciedad. Lisura y suciedad suponen pérdidas significativas en la captación de la radiación que incide sobre los módulos con ángulos distintos a la perpendicular [15]. En el procedimiento, α representa el ángulo de orientación respecto al Sur y β , β_{opt} representan la inclinación de los paneles elegida y óptima respectivamente, que en este caso coinciden.

$$G(\alpha, \beta) = G(180, \beta_{opt}) \cdot FI \tag{Ec. C.11}$$

$$FI = g_1(\beta - \beta_{opt})^2 + g_2(\beta - \beta_{opt}) + g_3 \tag{Ec. C.12}$$

$$\begin{aligned} g_1 &= g_{11}|\alpha|^2 + g_{12}|\alpha| + g_{13} \\ g_2 &= g_{21}|\alpha|^2 + g_{22}|\alpha| + g_{23} \\ g_3 &= g_{31}|\alpha|^2 + g_{32}|\alpha| + g_{33} \end{aligned} \tag{Ec. C.13}$$



	$i=1$	$i=2$	$i=2$
g_{1i}	8E-9	3,8E-7	-1,21E-4
g_{2i}	-4,27E-7	8,2E-6	2,89E-4
g_{3i}	-2.5E-5	-1,034E-4	0,9314

Tabla C.4 -. Coeficientes g_{ji}

Si siguiendo este procedimiento se ha podido estimar las pérdidas correspondientes a la inclinación elegida de 5° respecto a la horizontal (ver Tabla C.5)

$\beta=5^\circ$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
$G(\alpha, \beta)$	4,04	4,09	3,94	4,03	4,14	4,04	4,49	4,64	4,77	4,52	4,28	4,24

Tabla C.5 -. Radiación efectiva para superficies inclinadas 5° (kWh / m^2 -día)

C.2. Dimensionado de los equipos

Existen diversos métodos de cálculo para instalaciones fotovoltaicas y, también diversos softwares para el dimensionado autónomo de instalaciones.

Uno de los objetivos del proyecto es realizar un estudio detallado de todas las opciones disponibles para la electrificación de Huacrachiro (p.e. sistemas solares individuales o microrredes eléctricas). Por consiguiente, se ha desestimado la opción de utilizar programas informáticos para el diseño de la instalación por no ofrecer la posibilidad de cambiar ciertos parámetros según la conveniencia del usuario, y se ha optado por sistemas analíticos encontrados en la bibliografía actual.

El dimensionado de la instalación solar fotovoltaica se ha basado en el método del mes peor, porque la demanda se ha considerado constante a lo largo de todo el año (ver apartado 6). Por lo tanto, si se dimensiona pensando en el mes más desfavorable en cuanto a radiación solar, se asegura cubrir la demanda para dicho período.



C.2.1 Generador fotovoltaico

Como todo sistema energético, las instalaciones solares tienen importantes pérdidas a tener en cuenta, que dictaminarán el denominado *Performance Ratio* (PR) o rendimiento del sistema. Este parámetro es de difícil estimación ya que la eficiencia de un sistema es influenciada por muchos factores que a priori sólo se pueden predecir y no asegurar. Para el caso particular de la comunidad de Huacrachiro, se han considerado los siguientes parámetros¹ a tener en cuenta [14][28].

- Pérdidas por diferencia entre la potencia nominal del panel asegurada por el fabricante y la real de 2%.
- Las pérdidas por *Mismatch* se originan por la conexión de módulos con corrientes generadas distintas a la nominal. Se puede dar estos casos por suciedad, sombreado, etc. Su valor ronda el 2%.
- Tanto en el cableado en DC como la red de distribución tienen asociadas pérdidas por caídas de tensión. En este caso se han considerado un total de 4%.
- Dado que la temperatura puede aumentar sustancialmente en la zona de la Selva del Perú, se ha estimado unas pérdidas del 4% por un posible aumento de la temperatura 10° por encima de la óptima de los módulos fotovoltaicos.
- Tal y como se ha comentado, el inversor tiene un rendimiento entre un 85% y 94%. Para este proyecto se ha escogido un rendimiento intermedio entre estos dos valores.

¹ Los valores introducidos en cada punto son para el diseño de los sistemas híbridos, para el diseño de las instalaciones individuales se pueden apreciar las correspondientes en las mismas tablas.



- Durante el seguimiento del punto de máxima potencia (MPP) del inversor, se pueden producir pérdidas en caso de desviaciones en referencia a dicho punto del orden del 6%.
- Evidentemente, los paneles pueden tener sombras en algunas horas y en ciertas partes de su superficie. Aunque durante la instalación del sistema ya se tienen en cuenta posibles sombreados, se han considerado unas pérdidas mínimas del 4%.

El PR se define como el producto de todos los rendimientos asociados a los conceptos anteriores:

$$PR = \prod_i (1 - L_i) \quad (\text{Ec. C.14})$$

Una vez detallado el rendimiento del sistema, se puede proceder al cálculo de la potencia necesaria [13]

$$Demanda_{final} = \frac{Demanda(kWh)}{PR} \quad (\text{Ec. C.15})$$

$$Potencia_{instalación} = \frac{FS \cdot Demanda_{final}}{Gdm(\beta)} \quad (\text{Ec. C.16})$$

Donde FS se refiere a un factor de seguridad de 1,2 que tiene en cuenta la degradación de los módulos a lo largo de su vida útil, a posibles pérdidas originadas durante la instalación del sistema y a defectos de los elementos de protección.

Una vez calculado la potencia necesaria a instalar se procede a calcular los paneles en serie, en paralelo y totales:



$$N_{ps} = \frac{V_N}{V_{N \text{ panel}}} \quad (\text{Ec. C.17})$$

$$N_{pp} = \frac{Pot_{\text{instalación}}}{P_N \cdot N_{ps}} \quad (\text{Ec. C.18})$$

$$N_{tot} = N_{ps} \cdot N_{pp} \quad (\text{Ec. C.19})$$

Donde V_N se refiere al voltaje nominal de la instalación y de los paneles. Por su parte, P_N se refiere a la potencia nominal de los paneles.

Dado que para una potencia de instalación determinada existen numerosas maneras configurar un campo fotovoltaico a partir de paneles con distintas potencias nominales, en este sistema se ha tratado de escoger la más adecuada según el precio global de cada una de dichas configuraciones.

C.2.2 Sistema acumulador

Una vez calculado el generador fotovoltaico, el siguiente paso es calcular el sistema de acumulación. Para dicho sistema se ha considerado unas pérdidas del 20% por carga/descarga de las propias baterías, inversor y cables. A partir de ahí se puede estimar la capacidad necesaria del acumulador:

$$C_{\text{necesaria}} = \frac{Demanda(Wh)}{Re nd \cdot V_N} \cdot N_{AD} \quad (\text{Ec. C.20})$$

$$C_{\text{no min al}} = \frac{C_{\text{necesaria}}}{DOD} \quad (\text{Ec. C.21})$$

N_{AD} se refiere a los días de autonomía del sistema acumulador y DOD a la profundidad de descarga de las baterías que viene determinado por el fabricante. Para este proceso también se ha elegido el componente final de acuerdo con el precio mínimo.



C.2.3 Regulador de carga e inversor

El regulador de carga depende exclusivamente de la intensidad máxima (I_{Pmax}) que suministre el generador fotovoltaico, con lo que para su dimensionado se utilizará la siguiente expresión:

$$I_{\max} = 1,2 \cdot N_{pp} \cdot I_{P_{\max}} \quad (\text{Ec. C.22})$$

Por su parte, el inversor depende de la máxima potencia simultánea estimada a lo largo de un día y del voltaje de entrada. Por consiguiente, se ha optado por elegir aquél que tenga una diferencia de capacidad menor de potencia con la máxima demandada en el caso de los sistemas autónomos.

En aplicaciones de sistemas híbridos el generador fotovoltaico está configurado por numerosos paneles distribuidos mediante *strings* o cadenas. El número de paneles por *string* ha sido determinado a partir del número de módulos conectados en serie estimado mediante la ecuación (Ec. B.17). Para saber la potencia del inversor correspondiente para cada una de las hileras de paneles se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$Pot.String = N_{ps} \cdot V_{P_{\max}} \cdot I_{P_{\max}} \quad (\text{Ec. C.23})$$

No está de más el comprobar dicho valor mediante las siguientes expresiones [28]:

$$N_{\max} = \frac{V_{Inv.Superior}}{V_{Módulos,MPP}(-10^{\circ})} \quad (\text{Ec. C.24})$$

$$N_{\min} = \frac{V_{Inv.Inferior}}{V_{Módulos,MPP}(70^{\circ})} \quad (\text{Ec. C.25})$$

Donde las tensiones máximas y mínimas de los paneles fotovoltaicos se calculan mediante las expresiones siguientes [28]:

$$V(-10^{\circ}) = V(25^{\circ}) + (-35K) \cdot (-2,22mV / K) \quad (\text{Ec. C.26})$$

$$V(70^{\circ}) = V(25^{\circ}) + (45K) \cdot (-2,22mV / K) \quad (\text{Ec. C.27})$$



El valor del incremento de tensión en función de la temperatura es para el caso concreto de los módulos de la empresa *Isofotón*.

Por su parte, el número de strings para cada inversor se calculará como:

$$Nstring = \frac{I_{\max .Inv}}{I_{\max .String}} \quad (\text{Ec. C.28})$$



D. DISEÑO DE LOS SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS INDIVIDUALES

DIMENSIONADO VIVIENDAS

SUPERFICIE MÁX	0,100	m ²
INCLINACIÓN (°)	5	
MES PEOR	Marzo	
días	31	
Gdm (β)	3,946	kWh/día·m ²
Demanda energía final	0,52746	kWh/día·casa
Factor seguridad	1,2	

Tensión del sistema (V)	12
-------------------------	----

Performance ratio (PR)		
Potencia paneles	2	%
Mismatch	1	%
Cables	1	%
Temperatura	4	%
Inversor	10	%
MPP	6	%
Sombreado	4	%

Rendimiento sistema (PR) **0,75**

PLACAS

Potencia Instalar 0,160 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pnom instalacion (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	1	3	3	225	2,001	744,75 €
I-150/12	1	2	2	300	2,539	990,00 €
I-150/24	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido
I-165/12	1	1	1	165	1,269	544,50 €
I-200/32	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido
I-94/12	1	2	2	188	1,573	620,40 €
I-94/24	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido
I-100/12	1	2	2	200	1,708	660,00 €
I-100/24	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido
I-110/12	1	2	2	220	1,708	726,00 €
I-110/24	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO	544,50 €
MODELO	I-165/12
AREA (m ²)	1,269
Nº PANELES EN SERIE	1
PANELES EN PARALELO	1
Nº PANELES TOTALES	1
Isc MÓDULO (A)	10,14
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
Imax MÓDULO (A)	9,48
Pnom instalación (W)	165

BATERIAS

Cnecesaria (Ah) 123,44
 Profundidad de descarga 0,7
 Cnominal (Ah) 176,34

Días de autonomía (N _d)	3
Rendimiento baterías	0,8

MODELO	Nbs	Nbp	Nbtotal	Area (m ²)	Precio (€)	Capacidad	Diferencia capacidad
12.AT.75	1	3	3	0,17	987,18	225,00	48,66
12.AT.139	1	2	2	0,11	711,38	278,00	101,66
12.AT.209	1	1	1	0,08	466,45	209,00	32,66
6.AT.279	2	1	2	0,11	652,52	279,00	102,66
6.AT.368	2	1	2	0,16	786,58	368,00	191,66
6.AT.418	2	1	2	0,16	854,12	418,00	241,66
2.AT.295	6	1	6	0,13	629,76	295,00	118,66
2.AT.361	6	1	6	0,15	766,74	361,00	184,66

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO MÍN	466,45 €
MODELO	12.AT.209
DIF.MIN	32,6607
AREA (m ²)	0,0779
Nº BAT SER	1
Nº BAT PAR	1
Nº BAT TOT	1
CAPACIDAD	209
VOLTAJE	12

REGULADOR DE CARGA

Imax regulador (A) 11,376

MODELO	I nominal	Nº reg.paral	PRECIO (€)
Isoler 10/D10	10	2	81,2
Isoler 10/D20	20	1	67,66
Isoler 10/D30	30	1	80,45

PRECIO MÍN 67,66 €
 MODELO Isoler 10/D20
 NÚMERO 1

INVERSOR

Requerimientos sistema	
Forma de onda	sinusoidal
Voltaje DC	12
Voltaje AC	230
Potencia máxima (W)	95

MODELO	POT	DIF.POT	Vin	Ninv	PRECIO
Isoverter 250/12	250	155	12	1	282,52
Isoverter 250/24	250	155	24	No válido	No válido
Isoverter 600/12	600	505	12	1	618,7
Isoverter 600/24	600	505	24	No válido	No válido
Isoverter 1500/12	1500	1405	12	1	1000,66
Isoverter 1500/24	1500	1405	24	No válido	No válido
Isoverter 1500/48	1500	1405	48	No válido	No válido

EQUIPO SELECCIONADO

	NÚMERO	MODELO	PRECIO
PANELES	1	I-165/12	544,50 €
BATERÍAS	1	12.AT.209	466,45 €
REGULADOR	1	Isoler 10/D20	67,66 €
INVERSOR	1	Isoverter 250/12	282,52 €



DIMENSIONADO HOSPITAL

SUPERFICIE MÁX	0,100	m ²	Tensión del sistema (V)	48
INCLINACIÓN (°)	5			
MES PEOR	Marzo			
días	31			
Gdm (β)	3,946	kWh/día·m ²		
Demanda energía final	9,57436	kWh/día·casa		
Factor seguridad	1,2			

Performance ratio (PR)		
Potencia paneles	2	%
Mismatch	1	%
Cables	1	%
Temperatura	4	%
Inversor	10	%
MPP	6	%
Sombreado	4	%
Rendimiento sistema (PR)	0,75	

PLACAS

Potencia Instalar 2,912 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pnom instalacion (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	4	10	40	3000	26,683	9.930,00 €
I-150/12	4	5	20	3000	25,388	9.900,00 €
I-150/24	2	10	20	3000	25,631	9.900,00 €
I-165/12	4	5	20	3300	25,388	10.890,00 €
I-200/32	1	15	15	3000	24,971	9.900,00 €
I-94/12	4	8	32	3008	25,162	9.926,40 €
I-94/24	2	16	32	3008	25,162	9.926,40 €
I-100/12	4	8	32	3200	27,332	10.560,00 €
I-100/24	2	15	30	3000	25,624	9.900,00 €
I-110/12	4	7	28	3080	23,915	10.164,00 €
I-110/24	2	14	28	3080	23,915	10.164,00 €

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO	9.900,00 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	25,388
Nº PANELES EN SERIE	4
PANELES EN PARALELO	5
Nº PANELES TOTALES	20
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pnom instalación (W)	3000

BATERIAS

Cnecesaria (Ah) 746,88
 Profundidad de descarga 0,7
 Cnominal (Ah) 1066,96

Días de autonomía (N _d)	4
Rendimiento baterías	0,8

MODELO	Nbs	Nbp	Nbtotal	Area (m ²)	Precio (€)	Capacidad	Diferencia capacidad
12.AT.75	4	15	60	3,35	19743,60	1125,00	58,04
12.AT.139	4	8	32	1,78	11382,08	1112,00	45,04
12.AT.209	4	6	24	1,87	11194,80	1254,00	187,04
6.AT.279	8	4	32	1,78	10440,32	1116,00	49,04
6.AT.368	8	3	24	1,87	9438,96	1104,00	37,04
6.AT.418	8	3	24	1,87	10249,44	1254,00	187,04
2.AT.295	24	4	96	2,04	10076,16	1180,00	113,04
2.AT.361	24	3	72	1,84	9200,88	1083,00	16,04
2.AT.433	24	5	120	3,58	17553,60	1215,00	148,04
2.AT.519	24	3	72	1,84	11432,88	1557,00	490,04
2.AT.627	24	2	48	1,43	8405,28	1254,00	187,04
2.AT.731	24	2	48	1,64	9422,88	1462,00	395,04
2.AT.900	24	2	48	1,43	11067,36	1800,00	733,04
2.AT.1200	24	1	24	0,96	7530,48	1200,00	133,04
2.AT.1500	24	1	24	1,17	8861,76	1500,00	433,04
2.AT.1799	24	1	24	1,39	9892,80	1799,00	732,04
2.AT.2300	24	1	24	1,39	11602,32	2300,00	1233,04

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO MÍN	7.530,48 €
MODELO	2.AT.1200
DIF.MIN	133,0357
AREA (m ²)	0,9626
Nº BAT SER	24
Nº BAT PAR	1
Nº BAT TOT	24
CAPACIDAD	1200
VOLTAJE	48

REGULADOR DE CARGA

I_{max} regulador (A) 51,66

MODELO	I nominal	Nº reg.paral	PRECIO (€)	PRECIO MÍN	MODELO	NÚMERO
Isoler 10/D10	10	6	243,6	160,90 €	Isoler 10/D30	2
Isoler 10/D20	20	3	202,98			
Isoler 10/D30	30	2	160,9			

INVERSOR

Requerimientos sistema	
Forma de onda	sinusoidal
Voltaje DC	48
Voltaje AC	230
Potencia máxima (W)	655

MODELO	POT	DIF.POT	Vin	Ninv	PRECIO
Isoverter 250/12	250	-405	12	No válido	No válido
Isoverter 250/24	250	-405	24	No válido	No válido
Isoverter 600/12	600	-55	12	No válido	No válido
Isoverter 600/24	600	-55	24	No válido	No válido
Isoverter 1500/12	1500	845	12	No válido	No válido
Isoverter 1500/24	1500	845	24	No válido	No válido
Isoverter 1500/48	1500	845	48	1	1000,66

EQUIPO SELECCIONADO

	NÚMERO	MODELO	PRECIO
PANELES	20	I-150/12	9.900,00 €
BATERÍAS	24	2.AT.1200	7.530,48 €
REGULADOR	2	Isoler 10/D30	160,90 €
INVERSOR	1	Isoverter 1500/48	1.000,66 €



DIMENSIONADO CENTRO COMUNAL

SUPERFICIE MÁX	0,100	m ²
INCLINACIÓN (°)	5	
MES PEOR	Marzo	
días	31	
Gdm (β)	3,946	kWh/día·m ²
Demanda energía final	1,28192	kWh/día·casa
Factor seguridad	1,2	

Tensión del sistema (V)	24
-------------------------	----

Performance ratio (PR)		
Potencia paneles	2	%
Mismatch	1	%
Cables	1	%
Temperatura	4	%
Inversor	10	%
MPP	6	%
Sombreado	4	%
Rendimiento sistema (PR)	0,75	

PLACAS

Potencia Instalar 0,390 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pnom instalacion (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	2	3	6	450	4,002	1.489,50 €
I-150/12	2	2	4	600	5,078	1.980,00 €
I-150/24	1	3	3	450	3,845	1.485,00 €
I-165/12	2	2	4	660	5,078	2.178,00 €
I-200/32	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido
I-94/12	2	3	6	564	4,718	1.861,20 €
I-94/24	1	5	5	470	3,932	1.551,00 €
I-100/12	2	2	4	400	3,416	1.320,00 €
I-100/24	1	4	4	400	3,416	1.320,00 €
I-110/12	2	2	4	440	3,416	1.452,00 €
I-110/24	1	4	4	440	3,416	1.452,00 €

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO	1.320,00 €
MODELO	I-100/12
AREA (m ²)	3,416
Nº PANELES EN SERIE	2
PANELES EN PARALELO	2
Nº PANELES TOTALES	4
Isc MÓDULO (A)	6,54
V _m MÓDULO (V)	12
V _{oc} MÓDULO (V)	21,6
Imax MÓDULO (A)	5,74
Pnom instalación (W)	400

BATERIAS

Cnecesaria (Ah) 100,00
 Profundidad de descarga 0,7
 Cnominal (Ah) 142,86

Días de autonomía (N _d)	2
Rendimiento baterías	0,8

MODELO	Nbs	Nbp	Nbtotal	Area (m ²)	Precio (€)	Capacidad	Diferencia capacidad
12.AT.75	2	2	4	0,22	1316,24	150,00	7,14
12.AT.139	2	2	4	0,22	1422,76	278,00	135,14
12.AT.209	2	1	2	0,16	932,90	209,00	66,14
6.AT.279	4	1	4	0,22	1305,04	279,00	136,14
6.AT.368	4	1	4	0,31	1573,16	368,00	225,14
6.AT.418	4	1	4	0,31	1708,24	418,00	275,14
2.AT.295	12	1	12	0,25	1259,52	295,00	152,14
2.AT.361	12	1	12	0,31	1533,48	361,00	218,14
2.AT.433	12	1	12	0,36	1755,36	243,00	100,14
2.AT.519	12	1	12	0,31	1905,48	519,00	376,14
2.AT.627	12	1	12	0,36	2101,32	627,00	484,14
2.AT.731	12	1	12	0,41	2355,72	731,00	588,14

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO MÍN	932,90 €
MODELO	12.AT.209
DIF.MIN	66,1429
AREA (m ²)	0,1558
Nº BAT SER	2
Nº BAT PAR	1
Nº BAT TOT	2
CAPACIDAD	209
VOLTAJE	24

REGULADOR DE CARGA

Imax regulador (A) 13,776

MODELO	I nominal	Nº reg.paral	PRECIO (€)
Isoler 10/D10	10	2	81,2
Isoler 10/D20	20	1	67,66
Isoler 10/D30	30	1	80,45

PRECIO MÍN 67,66 €
 MODELO Isoler 10/D20
 NÚMERO 1

INVERSOR

Requerimientos sistema	
Forma de onda	sinusoidal
Voltaje DC	24
Voltaje AC	230
Potencia máxima (W)	250

MODELO	POT	DIF.POT	Vin	Ninv	PRECIO
Isoverter 250/12	250	0	12	No válido	No válido
Isoverter 250/24	250	0	24	1	288,52
Isoverter 600/12	600	350	12	No válido	No válido
Isoverter 600/24	600	350	24	1	618,7
Isoverter 1500/12	1500	1250	12	No válido	No válido
Isoverter 1500/24	1500	1250	24	1	1000,66
Isoverter 1500/48	1500	1250	48	No válido	No válido

EQUIPO SELECCIONADO

	NÚMERO	MODELO	PRECIO
PANELES	4	I-100/12	1.320,00 €
BATERÍAS	2	12.AT.209	932,90 €
REGULADOR	1	Isoler 10/D20	67,66 €
INVERSOR	1	Isoverter 250/24	288,52 €



DIMENSIONADO ESCUELA

SUPERFICIE MÁX	0,100	m ²	Tensión del sistema (V)	48
INCLINACIÓN (°)	5			
MES PEOR	Marzo			
días	31			
Gdm (β)	3,946	kWh/día·m ²		
Demanda energía final	7,98531	kWh/día·casa		
Factor seguridad	1,2			

Performance ratio (PR)		
Potencia paneles	2	%
Mismatch	1	%
Cables	1	%
Temperatura	4	%
Inversor	10	%
MPP	6	%
Sombreado	4	%
Rendimiento sistema (PR)	0,75	

PLACAS

Potencia Instalar 2,429 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pnom instalacion (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	4	9	36	2700	24,015	8.937,00 €
I-150/12	4	5	20	3000	25,388	9.900,00 €
I-150/24	2	9	18	2700	23,068	8.910,00 €
I-165/12	4	4	16	2640	20,310	8.712,00 €
I-200/32	1	13	13	2600	21,641	8.580,00 €
I-94/12	4	7	28	2632	22,017	8.685,60 €
I-94/24	2	13	26	2444	20,444	8.065,20 €
I-100/12	4	7	28	2800	23,915	9.240,00 €
I-100/24	2	13	26	2600	22,207	8.580,00 €
I-110/12	4	6	24	2640	20,499	8.712,00 €
I-110/24	2	12	24	2640	20,499	8.712,00 €

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO	8.065,20 €
MODELO	I-94/24
AREA (m ²)	20,444
Nº PANELES EN SERIE	2
PANELES EN PARALELO	13
Nº PANELES TOTALES	26
Isc MÓDULO (A)	3,27
V _N MÓDULO (V)	24
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
Imax MÓDULO (A)	2,94
Pnom instalación (W)	2444

BATERIAS

Cnecesaria (Ah) 467,19
 Profundidad de descarga 0,7
 Cnominal (Ah) 667,41

Días de autonomía (N _d)	3
Rendimiento baterías	0,8

MODELO	Nbs	Nbp	Nbtotal	Area (m ²)	Precio (€)	Capacidad	Diferencia capacidad
12.AT.75	4	9	36	2,01	11846,16	675,00	7,59
12.AT.139	4	5	20	1,12	7113,80	695,00	27,59
12.AT.209	4	4	16	1,25	7463,20	836,00	168,59
6.AT.279	8	3	24	1,34	7830,24	837,00	169,59
6.AT.368	8	2	16	1,25	6292,64	736,00	68,59
6.AT.418	8	2	16	1,25	6832,96	836,00	168,59
2.AT.295	24	3	72	1,53	7557,12	885,00	217,59
2.AT.361	24	2	48	1,23	6133,92	722,00	54,59
2.AT.433	24	3	72	2,15	10532,16	729,00	61,59
2.AT.519	24	2	48	1,23	7621,92	1038,00	370,59
2.AT.627	24	2	48	1,43	8405,28	1254,00	586,59
2.AT.731	24	1	24	0,82	4711,44	731,00	63,59

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO MÍN	4.711,44 €
MODELO	2.AT.731
DIF. MIN	63,5893
AREA (m ²)	0,8207
Nº BAT SER	24
Nº BAT PAR	1
Nº BAT TOT	24
CAPACIDAD	731
VOLTAJE	48

REGULADOR DE CARGA

Imax regulador (A) 45,864

MODELO	I nominal	Nº reg.paral	PRECIO (€)
Isoler 10/D10	10	5	203
Isoler 10/D20	20	3	202,98
Isoler 10/D30	30	2	160,9

PRECIO MÍN 160,90 €
 MODELO Isoler 10/D30
 NÚMERO 2

INVERSOR

Requerimientos sistema	
Forma de onda	sinusoidal
Voltaje DC	48
Voltaje AC	230
Potencia máxima (W)	660

MODELO	POT	DIF.POT	Vin	NinV	PRECIO
Isoverter 250/12	250	-410	12	No válido	No válido
Isoverter 250/24	250	-410	24	No válido	No válido
Isoverter 600/12	600	-60	12	No válido	No válido
Isoverter 600/24	600	-60	24	No válido	No válido
Isoverter 1500/12	1500	840	12	No válido	No válido
Isoverter 1500/24	1500	840	24	No válido	No válido
Isoverter 1500/48	1500	840	48	1	1000,66

EQUIPO SELECCIONADO

	NÚMERO	MODELO	PRECIO
PANELES	26	I-94/24	8.065,20 €
BATERÍAS	24	2.AT.731	4.711,44 €
REGULADOR	2	Isoler 10/D30	160,90 €
INVERSOR	1	Isoverter 1500/48	1.000,66 €



DIMENSIONADO PARVULARIO

SUPERFICIE MÁX	0,100	m ²
INCLINACIÓN (°)	5	
MES PEOR	Marzo	
días	31	
Gdm (β)	3,946	kWh/día·m ²
Demanda energía final	1,10833	kWh/día·casa
Factor seguridad	1,2	

Tensión del sistema (V)	24
-------------------------	----

Performance ratio (PR)		
Potencia paneles	2	%
Mismatch	1	%
Cables	1	%
Temperatura	4	%
Inversor	10	%
MPP	6	%
Sombreado	4	%

Rendimiento sistema (PR) **0,75**

PLACAS

Potencia Instalar 0,337 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pnom instalacion (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	2	3	6	450	4,002	1.489,50 €
I-150/12	2	2	4	600	5,078	1.980,00 €
I-150/24	1	3	3	450	3,845	1.485,00 €
I-165/12	2	2	4	660	5,078	2.178,00 €
I-200/32	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido	No válido
I-94/12	2	2	4	376	3,145	1.240,80 €
I-94/24	1	4	4	376	3,145	1.240,80 €
I-100/12	2	2	4	400	3,416	1.320,00 €
I-100/24	1	4	4	400	3,416	1.320,00 €
I-110/12	2	2	4	440	3,416	1.452,00 €
I-110/24	1	4	4	440	3,416	1.452,00 €

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO	1.240,80 €
MODELO	I-94/12
AREA (m ²)	3,145
Nº PANELES EN SERIE	2
PANELES EN PARALEL	2
Nº PANELES TOTALES	4
Isc MÓDULO (A)	6,54
V _n MÓDULO (V)	12
V _{oc} MÓDULO (V)	21,6
Imax MÓDULO (A)	5,88
Pnom instalación (W)	376

BATERIAS

Cnecesaria (Ah)	129,69
Profundidad de descarga	0,7
Cnominal (Ah)	185,27

Días de autonomía (N _d)	3
Rendimiento baterías	0,8

MODELO	Nbs	Nbp	Nbtotal	Area (m ²)	Precio (€)	Capacidad	Diferencia capacidad
12.AT.75	2	3	6	0,33	1974,36	225,00	39,73
12.AT.139	2	2	4	0,22	1422,76	278,00	92,73
12.AT.209	2	1	2	0,16	932,90	209,00	23,73
6.AT.279	4	1	4	0,22	1305,04	279,00	93,73
6.AT.368	4	1	4	0,31	1573,16	368,00	182,73
6.AT.418	4	1	4	0,31	1708,24	418,00	232,73
2.AT.295	12	1	12	0,25	1259,52	295,00	109,73
2.AT.361	12	1	12	0,31	1533,48	361,00	175,73
2.AT.433	12	1	12	0,36	1755,36	243,00	57,73
2.AT.519	12	1	12	0,31	1905,48	519,00	333,73
2.AT.627	12	1	12	0,36	2101,32	627,00	441,73
2.AT.731	12	1	12	0,41	2355,72	731,00	545,73
2.AT.900	12	1	12	0,36	2766,84	900,00	714,73
2.AT.1200	12	1	12	0,48	3765,24	1200,00	1014,73
2.AT.1500	12	1	12	0,59	4430,88	1500,00	1314,73
2.AT.1799	12	1	12	0,69	4946,40	1799,00	1613,73
2.AT.2300	12	1	12	0,69	5801,16	2300,00	2114,73

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio	
PRECIO MÍN	932,90 €
MODELO	12.AT.209
DIF.MIN	23,7321
AREA (m ²)	0,1558
Nº BAT SER	2
Nº BAT PAR	1
Nº BAT TOT	2
CAPACIDAD	209
VOLTAJE	24

REGULADOR DE CARGA

Imax regulador (A) 14,112

MODELO	I nominal	Nº reg.paral	PRECIO (€)
Isoler 10/D10	10	2	81,2
Isoler 10/D20	20	1	67,66
Isoler 10/D30	30	1	80,45

PRECIO MÍN 67,66 €
 MODELO Isoler 10/D20
 NÚMERO 1

INVERSOR

Requerimientos sistema	
Forma de onda	sinusoidal
Voltaje DC	24
Voltaje AC	230
Potencia máxima (W)	330

MODELO	POT	DIF.POT	Vin	Ninv	PRECIO
Isoverter 250/12	250	-80	12	No válido	No válido
Isoverter 250/24	250	-80	24	1	288,52
Isoverter 600/12	600	270	12	No válido	No válido
Isoverter 600/24	600	270	24	1	618,7
Isoverter 1500/12	1500	1170	12	No válido	No válido
Isoverter 1500/24	1500	1170	24	1	1000,66
Isoverter 1500/48	1500	1170	48	No válido	No válido

EQUIPO SELECCIONADO

	NÚMERO	MODELO	PRECIO
PANELES	4	I-94/12	1.240,80 €
BATERÍAS	2	12.AT.209	932,90 €
REGULADOR	1	Isoler 10/D20	67,66 €
INVERSOR	1	Isoverter 250/24	288,52 €



E. Aspectos a considerar del bagazo de caña

E.1. Aspectos ambientales del cultivo energético de la caña de azúcar

La caña de azúcar, *Saccharum*, es un producto cultivado desde hace cientos de años, ya que el azúcar constituye uno de los alimentos básicos de la dieta humana. El cultivo de esta variedad de gramínea requiere de unas condiciones climáticas muy especiales, que sólo se dan en ciertas regiones tropicales y subtropicales.

Temperatura

La caña de azúcar no soporta temperaturas inferiores a 16 °C. Para la fase de germinación, el rango de temperaturas óptimas es de 26-33 °C, en cambio, en la fase de crecimiento se encuentra su punto óptimo entorno a los 30-33 °C [3]. En ambos procesos los puntos críticos se encuentran en las temperaturas inferiores, ya que éstas no pueden ser menores que 20 °C y 16 °C respectivamente, pues en dicho caso su evolución sería seriamente afectada.

Radiación solar

La caña de azúcar tiene la propiedad de ser una de las plantas con mayor rendimiento fotosintético. Por este motivo es importante mantener una radiación solar elevada y constante a lo largo del año.

Pluviometría

Esta especie vegetal precisa de abundante agua para su crecimiento, ya que su cuerpo está formado por un 75 % de agua. Por este motivo las lluvias tropicales le resultan muy favorables, siendo las precipitaciones óptimas entre 1000 y 2000 mm³ anuales. En cuanto a la humedad, humedades relativas extremadamente altas pueden ser perjudiciales para la productividad de la plantación. El punto óptimo se sitúa entre un 75 %- 85 % de humedad.



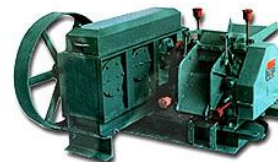
Crecimiento

El proceso de crecimiento de la caña de azúcar tiene una duración de 12 meses aproximadamente, aunque se puede alargar y así obtener una mayor cantidad. Además la caña crece en un promedio de 2,3 cm/día [3].

E.2. Características del trapiche

Se ha escogido un trapiche de la empresa India *Tynitech* que tiene las siguientes características:

- Potencia: 1 HP
 - Capacidad molienda: 150 kg/h
 - Accionado por un motor
- Peso: 260 kgs



E.3. Secado del bagazo

E.3.1 Condiciones de los humos calientes

Dado que los humos del generador salen a una temperatura de 400 °C se calculará la cantidad de aire que se debe mezclar para rebajarla hasta una temperatura global (T_M) de 245 °C.

El caudal de humos de salientes del generador del bloque gasificador (Q_{humos}) es de 0,02 m³/s. Con estos datos se puede calcular la cantidad de aire necesaria para mezclar (Q_{aire}) a una temperatura (T_{aire}) de 27°C y humedad absoluta de 0,016 (kg vapor/kg aire seco) y la resultante humedad de la mezcla (W_M):

$$T_M = \frac{T_{humos} \cdot Q_{humos} + T_{aire} \cdot Q_{aire}}{Q_{humos} + Q_{aire}} \quad (\text{Ec. E.1})$$

De esta ecuación obtenemos: $Q_{aire} = 1,88 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$



$$W_M = \frac{W_{humos} \cdot Q_{humos} + W_{aire} \cdot Q_{aire}}{Q_{humos} + Q_{aire}} \quad (\text{Ec. E.2})$$

De esta ecuación obtenemos: $W_M=0,11$ kg vapor/kg aire seco

Si sumamos el caudal de humos con el de aire calculado anteriormente obtenemos:

$$Q_M = Q_{aire} + Q_{humos} = 0,04 \frac{m^3}{s} \quad (\text{Ec. E.3})$$

E.3.2 Análisis termodinámico y dimensionado del secador

Para el estudio termodinámico del proceso de secado se ha utilizado un método de cálculo que calcula las principales variables termodinámicas para todos los secadores directos en los cuatro sitios más significativos de un secador [31]:

1-2: Entrada de humos del exterior

3: Interior de la cámara de secado

4: Paredes del secador en contacto con el exterior

5: Salida humos secador

(Las unidades de este algoritmo son las del sistema americano)

$E_1 = 592,1$ ft	$F_s = 0,5$	$E_c = 0,9$
$T_1 = 473$ °F	$M_1 = 0,11$ lb vap/lb as	$L_p = 0,02$
$T_5 = 158$ °F	$M_4 = 0,016$ lb vap/lb as	$L_k = 0,03$
$Pr = 39,4$ lb/h	$E_a = 0,7$	$T_4 = 77$ °F
$P_m = 0,15$	$E_b = 0,8$	$T_f = 77$ °F
$Ra=0$	$H_d = 1$	$E_x = 30$ s

La presión del sistema es corregida por la elevación:



$$P_x = 1,0018 \cdot e^N - \frac{3,6}{E_i + 2000} \quad N = -3,73832 \cdot 10^{-5} E_i \quad (\text{Ec. E.4})$$

$$P_i = 14,696 P_x$$

Flujos de sólidos y líquidos:

$$E_i = E_a + (1 - E_a)E_b + (1 - E_a)(1 - E_b)E_c$$

$$Wp = Pr \cdot Pm$$

$$Sp = Pr - Wp$$

$$Ds = \frac{Sp}{E_i}$$

$$Fd = \frac{Ds}{E_i} \quad (\text{Ec. E.5})$$

$$Pl = \frac{Ds - Sp}{1 - Pm}$$

$$Wf = Fd - Ds$$

$$Ev = Fd - Pr - Pl$$

Temperatura estimada del producto saliente:

$$T_w = 164 - \frac{16900}{T_2}$$

$$Tq = T_5 \cdot \left(\frac{134,4}{T_w} - 0,834 \right) + 2,4T_w - 192 \quad (\text{Ec. E.6})$$

$$Tp = Tq - \frac{(Tq - T_w)Pm}{0,06}$$

$$\text{Si } Pm > 0,06 \quad Tp = T_w$$

Calor específico, entalpías y humedades del aire:

$$j = \text{int} \left(\frac{T_i}{100} \right) + 1$$

$$C_i = \frac{K_j + (K_{j+1} - K_j) [T_i - \text{int}(T_i / 100) \cdot 100]}{T_i}$$

$$W_i = 1061,8 + 0,433 \cdot T_i + 0,000041 \cdot T_i^2 \quad (\text{Ec. E.7})$$

$$H_1 = C_1 T_1 + M_1 W_1$$

$$H_4 = C_4 T_4 + M_4 W_4$$



Tamaño estimado del recinto de secado:

$$Lt = Lp + Lk$$

$$F_5 = \frac{1500Ev(1 + Lt)}{T_1 - T_5}$$

$$Vf = 0,785 \cdot \left(Hd + \left| \frac{\tan Ra}{6} \right| \right) \quad (\text{Ec. E.8})$$

$$De = \left(\frac{F_5 Ex}{60Vf} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$Dm = De$$

Flujos estimados de aire:

$$A_5 = \frac{F_5}{18}$$

$$A_1 = \frac{A_5}{1 + Lt} \quad (\text{Ec. E.9})$$

$$A_4 = A_2 Lt$$

A partir de este punto se debe iterar con los balances de masa y energía hasta que converja H_5 .



$$A_r = 0,785 Dm^2 \left(1 + \frac{1}{\cos Ra} + 4Hd\right)$$

$$H_t = \frac{T_5 + 570}{7042}$$

$$Q_t = H_t A_r (T_5 - T_1)$$

$$Q_t = 2000 Ev$$

$$H_l = \frac{Q_t (Dm / De)^{1/3}}{Q_t}$$

$$Z_h = \frac{60 A_2 H_2}{1 + H_l} + 60 A_4 H_4$$

$$Z_b = Sp \cdot Cs \cdot Tp + Wp(Tp - 32) - Ds \cdot Cs \cdot Tf - Wf(Tf - 32) - Ds \cdot Hc$$

$$Zm = \frac{M_1 + LtM_4}{1 + L_t}$$

$$M_5 = \frac{(Z_h - Z_b) / (60 A_5 - C_5 T_5)}{W_5}$$

$$M_3 = (1 + Lt)M_5 - L_t M_4$$

$$H_5 = C_5 T_5 + M_5 W_5$$

(Ec. E.10)

Con estos valores se pueden volver a calcular los flujos de aire:

$$A_5 = \frac{Ev}{60(M_5 - Zm)}$$

$$A_1 = \frac{A_5}{1 + Lt}$$

$$A_3 = A_1$$

$$A_4 = A_2 Lt$$

(Ec. E.11)

Flujos volumétricos:

$$V_i = \frac{10,73(T_i + 460)}{Pt} \left(\frac{1}{Ma} + \frac{M_i}{Mv} \right)$$

$$F_i = A_i V_i$$

$$D_y = \frac{1 + M_5}{V_5}$$

(Ec. E.12)



Dimensiones secador

$$Vu = \frac{Ex \cdot F_5}{60} + \text{Volumen producto}$$

$$Dm = \left(\frac{Vu}{Vf} \right)^{\frac{1}{3}}$$

(Ec. E.13)

Índice de parámetros:

Ai = Flujo de aire, lb/min

Ar = Area del recinto del secador, ft²

Ci = Calor específica del aire seco, Btu/(lb·°F)

Ds = Caudal de sólidos secos, lb/h

Dm = Diámetro del recinto del secador, ft

De = Diámetro estimado del recinto del secador, ft

Dy = Densidad del aire-vapor a la salida de gases, lb/ft³

Ea, Eb, Ec = Eficiencias del colector, %

Et = Eficiencia neta colector, %

Ei = Elevación de la planta sobre el nivel del mar, ft

Ev = Evaporación en el secador, lb/h

Ex = Tiempo de exposición del aire en el recinto, s

Fi = Flujo de aire volumétrico, ft³/min

Fd = Sólidos de entrada, lb/h

Fs = Contenido sólidos entrada, %

Hi = Entalpía del aire, Btu/lb



H_c = Calor de cristalización, Btu/lb

H_d = Ratio diámetro-altura del secador

H_l = Porcentaje de pérdidas de calor en la entrada del aire, %

H_t = Pérdidas por transferencia de calor, Btu/(h·°F·ft²)

K_j = Entalpia del aire seco, Btu/lb

L_k = Pérdidas dentro el secador, % de A1

L_p = Flujo de aire auxiliar dentro el secador, % de A1

L_t = Pérdidas total por flujos de aire auxiliares, % A1

M_i = Humedad absoluta del aire, (lb/lb)

M_a = Peso molecular aire

M_v = peso molecular agua

P_r = Cantidad de sólido saliente, lb/h

P_m = Humedad sólido saliente, %

P_t = Presión, lb/in²

P_x = Corrección de la presión por elevación

Q_l = Pérdida de calor, Btu/h

Q_t = Carga de calor, Btu/h

R_a = Ángulo externo del recinto del secador, grados

S_p = Flujo de sólidos en el producto final, lb/h

T_i = Temperatura del aire, °F

T_w = Temperatura del aire, bulbo humido, °F



T_f = Temperatura del sólido entrante, °F

T_p = Temperatura del producto final, °F

V_i = Volumen húmedo, (ft³ de aire seco y vapor)/ lb aire seco

V_f = Factor de volumen del recinto del secador

V_u = Volumen del secador, ft³

W_f = Flujo de agua en el sólido entrante, lb/h

W_p = Flujo de agua en el producto, lb/h

A continuación se exponen los resultados del método de cálculo:



DATOS DE ENTRADA

EI	592,1	ft	Volumen Material	0,6	m3/h
T1	473	°F		21,189	ft3/h
T5	158	°F	Hd	1	
Pr	98,1	lb/h	Ra	0	
Pm	0,15	15%			
Fs	0,5	50%			
Ex	40	s			
M1	0,11	lb/lb			
M4	0,016	lb/lb			
Ea	0,7				
Eb	0,8				
Ec	0,9				
Lp	0,05				
Lk	0,08				
T4	77	°F			
Tf	77	°F			

Presión del sistema

Px	0,98
N	-0,02
Pt	14,38

Flujos sólidos y líquidos

Et	0,99
Wp	14,72
Sp	83,40
Ds	83,91
Fd	167,82
PI	0,59
Wf	83,91
Ev	69,10

Temperatura estimada del producto

Tw	128,271
Tp	128,271

Calor, entalpia y humedad específica del aire

C1	0,53
W1	1275,78
H1	389,56
C4	0,24
W4	1095,38
H4	36,01
C5	0,24
W5	1131,24

Tamaño estimado del recinto

Lt	0,130
F5	371,826
Vf	0,785
De	6,810
Dm	6,810

Valor estimado del flujo de aire

A5	20,657
A2	18,281
A4	2,376

Balance de masa y calor aire de salida

Ar	218,41
Ht	0,10
Ql	-7112,45
Qt	138200,70
HI	-0,05
Zh	455601,07
Zb	16117,59
Zm	0,10
M5	0,32
M3	0,36
H5	403,70
A5'	5,14
A2'	4,55
A1	4,55
A3	4,55
A4'	0,59
V5	24,19
F5'	124,30
Dy	0,05
Vu	104,05
Dm'	5,10



Las siguientes iteraciones corresponden a los valores mínimos que debería tener el secador en el caso de necesitar secar la cantidad mínima de bagazo.

	ITER 1	ITER 2	ITER 3	ITER 4	ITER 5
Ar	108,58	109,65	109,65	109,65	109,65
Ht	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ql	-3535,96	-3570,85	-3570,66	-3570,66	-3570,66
Qt	111026,41	111026,41	111026,41	111026,41	111026,41
HI	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Zh	87687,47	89980,99	89968,84	89968,91	89968,91
Zb	12948,40	12948,40	12948,40	12948,40	12948,40
Zm	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
M5	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
M3	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
H5	401,61	401,64	401,64	401,64	401,64
A5''	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16
A2''	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68
A1'	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68
A3'	3,68	3,68	3,68	3,68	3,68
A4''	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
V5'	24,15	24,15	24,15	24,15	24,15
F5''	100,49	100,48	100,48	100,48	100,48
Dy'	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Vu'	88,18	88,17	88,17	88,17	88,17
Dm'	4,83	4,82	4,82	4,82	4,82

Tabla E.1 -. Valores correspondientes a la mínima cantidad a secar



Las siguientes iteraciones corresponden a los valores máximos que debería tener el secador en el caso de necesitar secar la cantidad máxima de bagazo.

	ITER 1	ITER 2	ITER 3	ITER 4	ITER 5
Ar	122,45	125,74	125,53	125,54	125,54
Ht	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ql	-3987,40	-4094,68	-4087,72	-4088,15	-4088,13
Qt	138200,70	138200,70	138200,70	138200,70	138200,70
HI	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Zh	110707,33	118204,13	117714,69	117744,94	117743,06
Zb	16117,59	16117,59	16117,59	16117,59	16117,59
Zm	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
M5	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
M3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
H5	387,80	388,78	388,72	388,72	388,72
A5"	5,48	5,46	5,46	5,46	5,46
A2"	4,85	4,83	4,83	4,83	4,83
A1'	4,85	4,83	4,83	4,83	4,83
A3'	4,85	4,83	4,83	4,83	4,83
A4"	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
V5'	23,83	23,86	23,85	23,85	23,85
F5"	130,64	130,22	130,25	130,25	130,25
Dy'	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Vu'	108,28	108,00	108,02	108,02	108,02
Dm'	5,17	5,16	5,16	5,16	5,16

Tabla E.2 - Valores correspondientes a la máxima cantidad a secar



E.4. Resultados del proceso de obtención del bagazo

Horas	CONSUMO DE BAGAZO (kg/día)			CONSUMO DE CAÑA DE AZÚCAR MENSUAL (kg/mes)		
	GAS-9	GAS-11	GAS-22	GAS-9	GAS-11	GAS-22
4	58,5	71,5	143,0	8636	10555	21110
5	73,1	89,4	178,8	10795	13193	26387
6	-	107,3	-	-	15832	-

Horas	MOLIENDA DE CAÑA DE AZÚCAR (kg/día)			HORAS DE TRAPICHE (horas/día)		
	GAS-9	GAS-11	GAS-22	GAS-9	GAS-11	GAS-22
4	278,6	340,5	681,0	1,9	2,3	4,5
5	348,2	425,6	851,2	2,3	2,8	5,7
6	-	510,7	-	-	3,4	-

Horas	ENERGÍA CONSUMIDA POR EL TRAPICHE (kWh/día)			SUPERFICIE DE CULTIVO (Has)		
	GAS-9	GAS-11	GAS-22	GAS-9	GAS-11	GAS-22
4	1,4	1,7	3,3	1,3	1,6	3,2
5	1,7	2,1	4,2	1,6	2,0	4,0
6	-	2,5	-	-	2,4	-



F. Sistemas híbridos

F.1. Cálculo de los distintos sistemas híbridos

CONSUMOS

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CONSUMO kWh/día	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81	105,81

CONSUMOS CON TRAPICHE

CASO 1 Consumo trapiche 0,956 kWh/día

GAS-9		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4 horas		106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77
CONSUMO kWh/día		106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77	106,77

CASO 2 Consumo trapiche 1,195 kWh/día

GAS-9		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5 horas		107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01
CONSUMO kWh/día		107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01	107,01

CASO 3 Consumo trapiche 1,169 kWh/día

GAS-11		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4 horas		106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98
CONSUMO kWh/día		106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98	106,98

CASO 4 Consumo trapiche 1,461 kWh/día

GAS-11		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5 horas		107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27
CONSUMO kWh/día		107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27	107,27

CASO 5 Consumo trapiche 1,753 kWh/día

GAS-11		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
6 horas		107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56
CONSUMO kWh/día		107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56	107,56

CASO 6 Consumo trapiche 2,337 kWh/día

GAS-22		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4 horas		108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15
CONSUMO kWh/día		108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15	108,15

CASO 7 Consumo trapiche 2,922 kWh/día

GAS-22		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5 horas		108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73
CONSUMO kWh/día		108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73	108,73



F.1.1 Dimensionado del sistema acumulador

BATERIAS

Voltaje banco de baterías(V)	24	Cnecesaria (Ah)	5510,9
Días de autonomía (N _d)	1	Cnominal (Ah)	6888,7
Profundidad de descarga	0,8		
Nº hileras adecuadas	4		

MODELO	Nbs	Nbp	Nbttotal	Area(m ²)	Precio	Capacidad (Ah)	Precio
12.AT.75	2	92	184	10,3	60.547 €	6900	No hileras deseadas
12.AT.139	2	50	100	5,6	35.569 €	6950	No hileras deseadas
12.AT.209	2	33	66	5,1	30.786 €	6897	No hileras deseadas
6.AT.279	4	25	100	5,6	32.626 €	6975	No hileras deseadas
6.AT.368	4	19	76	5,9	29.890 €	6992	No hileras deseadas
6.AT.418	4	17	68	5,3	29.040 €	7106	No hileras deseadas
2.AT.295	12	24	288	6,1	30.228 €	7080	No hileras deseadas
2.AT.361	12	20	240	6,1	30.670 €	7220	No hileras deseadas
2.AT.433	12	29	348	10,4	50.905 €	7047	No hileras deseadas
2.AT.519	12	14	168	4,3	26.677 €	7266	No hileras deseadas
2.AT.627	12	11	132	3,9	23.115 €	6897	No hileras deseadas
2.AT.731	12	10	120	4,1	23.557 €	7310	No hileras deseadas
2.AT.900	12	8	96	2,9	22.135 €	7200	No hileras deseadas
2.AT.1200	12	6	72	2,9	22.591 €	7200	No hileras deseadas
2.AT.1500	12	5	60	2,9	22.154 €	7500	No hileras deseadas
2.AT.1800	12	4	48	2,8	19.786 €	7200	19786
2.AT.2300	12	3	36	2,1	17.403 €	6900	No hileras deseadas
2.AT.3000	12	3	36	3,1	25.038 €	9000	No hileras deseadas
2.AT.3753	12	2	24	2,5	19.746 €	7506	No hileras deseadas
2.AT.4505	12	2	24	2,9	23.701 €	9010	No hileras deseadas

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Precio

PRECIO MÍN	19.786 €
MODELO	2.AT.1800
DIFERENCIA DE CAPACIDAD (Ah)	311,3
AREA (m ²)	2,7720
Nº BATERÍAS SERIE	12
Nº BATERÍAS PARALELO	4
Nº BATERÍAS TOTAL	48
CAPACIDAD (Ah)	7200
VOLTAJE (V)	24
ENERGÍA ALMACENADA (kWh)	172,8

F.1.2 Dimensionado del campo fotovoltaico para cada una de las alternativas

A continuación se exponen todos los cálculos realizados para el dimensionado del generador solar para cada una de las alternativas existentes, siguiendo el modelo descrito en el apartado C.2.



GAS-9, 4HORAS DE FUNCIONAMIENTO

**30 % BIOMASA
70 % SOLAR**

ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8

PANELES NECESARIOS

SUPERFICIE MÁXIMA(m ²)	18,9
INCLINACIÓN (°)	5
MES PEOR	Marzo
días	31
Gdm (β)	3,946 kWh/día·m ²
Demanda energía final	115,6 kWh/día
Factor seguridad	1,2

Performance ratio (PR)	
Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %
Rendimiento sistema (PR) 0,65	

Tensión del sistema (V)	236
-------------------------	-----

Potencia Instalar 35,1 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	19	25	475	35625	316,863	Demasiados Strings
I-150/12	19	13	247	37050	313,539	124.118 €
I-150/24	9	27	243	36450	311,411	Demasiados Strings
I-165/12	19	12	228	37620	289,421	126.027 €
I-200/32	7	26	182	36400	302,981	Demasiados Strings

CRITERIOS DE SELECCIÓN:

Precio y número de Strings

PRECIO	124.118 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	313,539
Nº PANELES EN SERIE	19
Nº PANELES EN PARALELO	13
Nº PANELES TOTALES	247
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
V _{max} MÓDULO (V)	17,4
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pot. instalación (Wp)	37050

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	13
POTENCIA POR STRING	2,846 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 2500
Potencia inversor	2,7
Diferencia de potencia	-0,146 kW
Precio total	21117 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

Número de módulos en serie			
V(-10)	V(70)	N max	N min
21,68	17,3	28	13

COSTE TOTAL	
INVERSORES	21.117 €
PANELES	124.118 €
GASIFICADOR	10.782 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	16.126 €
TOTAL (€)	217.828 €



GAS-9, 5 HORAS DE FUNCIONAMIENTO**37 % BIOMASA****63 % SOLAR****ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0	67,0

PANELES NECESARIOS

SUPERFICIE MÁXIMA(m ²)	17,0
INCLINACIÓN (°)	5
MES PEOR	Marzo
días	31
Gdm (β)	3,946 kWh/día·m ²
Demanda energía final	103,6 kWh/día
Factor seguridad	1,2

Performance ratio (PR)	
Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %
Rendimiento sistema (PR)	0,65

Tensión del sistema (V)	224
-------------------------	-----

Potencia Instalar 31,5 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	18	24	432	32400	288,179	Demasiados Strings
I-150/12	18	12	216	32400	274,188	108.540 €
I-150/24	9	24	216	32400	276,810	Demasiados Strings
I-165/12	18	11	198	32670	251,339	109.445 €
I-200/32	7	23	161	32200	268,022	Demasiados Strings

CRITERIOS DE SELECCIÓN:**Precio y número de Strings**

PRECIO	108.540 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	274,188
Nº PANELES EN SERIE	18
Nº PANELES EN PARALELO	12
Nº PANELES TOTALES	216
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
V _{max} MÓDULO (V)	17,4
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pot. instalación (Wp)	32400

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	12
POTENCIA POR STRING	2,697 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 2500
Potencia inversor	2,7
Diferencia de potencia	0,003 kW
Precio total	19492 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

Número de módulos en serie			
V(-10)	V(70)	N max	N min
21,68	17,3	28	13

COSTE TOTAL

INVERSORES	19.492 €
PANELES	108.540 €
GASIFICADOR	10.782 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	14.328 €
TOTAL (€)	198.828 €



GAS-11, 4 HORAS DE FUNCIONAMIENTO

**37 % BIOMASA
63 % SOLAR**

ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67

PANELES NECESARIOS

SUPERFICIE MÁXIMA(m ²)	17,0
INCLINACIÓN (°)	5
MES PEOR	Marzo
días	31
Gdm (β)	3,946 kWh/día·m ²
Demanda energía final	103,6 kWh/día
Factor seguridad	1,2

Performance ratio (PR)	
Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %
Rendimiento sistema (PR) 0,65	

Tensión del sistema (V)	224
-------------------------	-----

Potencia Instalar 31,5 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	18	24	432	32400	288,179	Demasiados Strings
I-150/12	18	12	216	32400	274,188	108.540 €
I-150/24	9	24	216	32400	276,810	Demasiados Strings
I-165/12	18	11	198	32670	251,339	109.445 €
I-200/32	7	23	161	32200	268,022	Demasiados Strings

CRITERIOS DE SELECCIÓN:

Precio y número de Strings

PRECIO	108.540 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	274,188
Nº PANELES EN SERIE	18
Nº PANELES EN PARALELO	12
Nº PANELES TOTALES	216
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
V _{max} MÓDULO (V)	17,4
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pot. instalación (Wp)	32400

32,4

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	12
POTENCIA POR STRING	2,697 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 2500
Potencia inversor	2,7
Diferencia de potencia	0,003 kW
Precio total	19492 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

Número de módulos en serie			
V(-10)	V(70)	N max	N min
21,68	17,3	28	13

COSTE TOTAL

INVERSORES	19.492 €
PANELES	108.540 €
GASIFICADOR	13.178 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	14.328 €
TOTAL (€)	201.224 €



GAS 11, 5 HORAS DE FUNCIONAMIENTO**47 % BIOMASA****53 % SOLAR****ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

PANELES NECESARIOS

SUPERFICIE MÁXIMA(m ²)	14,5
INCLINACIÓN (°)	5
MES PEOR	Marzo
días	31
Gdm (β)	3,946 kWh/día·m ²
Demanda energía final	88,5 kWh/día
Factor seguridad	1,2

Performance ratio (PR)	
Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %
Rendimiento sistema (PR)	0,65

Tensión del sistema (V)	224
-------------------------	-----

Potencia Instalar 26,9 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	18	20	360	27000	240,149	Demasiados Strings
I-150/12	18	10	180	27000	228,490	90.450 €
I-150/24	9	20	180	27000	230,675	Demasiados Strings
I-165/12	18	10	180	29700	228,490	99.495 €
I-200/32	7	20	140	28000	233,062	Demasiados Strings

CRITERIOS DE SELECCIÓN: Precio y número de Strings

PRECIO	90.450 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	228,490
Nº PANELES EN SERIE	18
Nº PANELES EN PARALELO	10
Nº PANELES TOTALES	180
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
V _{max} MÓDULO (V)	17,4
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pot. instalación (Wp)	27000

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	10
POTENCIA POR STRING	2,697 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 2500
Potencia inversor	2,7
Diferencia de potencia	0,003 kW
Precio total	16244 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

Número de módulos en serie			
V(-10)	V(70)	N max	N min
21,68	17,3	28	13

COSTE TOTAL

INVERSORES	16.244 €
PANELES	90.450 €
GASIFICADOR	10.782 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	12.240 €
TOTAL (€)	175.401 €



GAS 11, 6 HORAS DE FUNCIONAMIENTO**56 % BIOMASA****44 % SOLAR****ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48

PANELES NECESARIOS

SUPERFICIE MÁXIMA(m ²)	12,1
INCLINACIÓN (°)	5
MES PEOR	Marzo
días	31
Gdm (β)	3,946 kWh/día·m ²
Demanda energía final	73,5 kWh/día
Factor seguridad	1,2

Performance ratio (PR)	
Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %

Rendimiento sistema (PR) 0,65

Tensión del sistema (V)	268
-------------------------	-----

Potencia Instalar 22,4 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	22	14	308	23100	205,461	Demasiados Strings
I-150/12	22	7	154	23100	195,486	77.385 €
I-150/24	11	14	154	23100	197,355	Demasiados Strings
I-165/12	22	7	154	25410	195,486	85.124 €
I-200/32	8	14	112	22400	186,450	Demasiados Strings

CRITERIOS DE SELECCIÓN:**Precio y número de Strings**

PRECIO	77.385 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	195,486
Nº PANELES EN SERIE	22
Nº PANELES EN PARALELO	7
Nº PANELES TOTALES	154
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
V _{max} MÓDULO (V)	17,4
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pot. instalación (Wp)	23100

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	7
POTENCIA POR STRING	3,296 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 3000
Potencia inversor	3,2
Diferencia de potencia	-0,096 kW
Precio total	12354 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

COSTE TOTAL	
INVERSORES	12.354 €
PANELES	77.385 €
GASIFICADOR	10.782 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	10.732 €
TOTAL (€)	156.938 €

Número de módulos en serie			
V(-10)	V(70)	N max	N min
21,68	17,3	28	15



GAS 22, 4 HORAS DE FUNCIONAMIENTO**74 % BIOMASA****26 % SOLAR****ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28

PANELES NECESARIOSSUPERFICIE MÁXIMA(m²) 7,1

INCLINACIÓN (°) 5

MES PEOR Marzo
días 31Gdm (β) 3,946 kWh/día·m²

Demanda energía final 43,5 kWh/día

Factor seguridad 1,2

Performance ratio (PR)

Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %

Rendimiento sistema (PR) 0,65

Tensión del sistema (V) 224

Potencia Instalar 13,2 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	18	10	180	13500	120,074	54.000 €
I-150/12	18	5	90	13500	114,245	45.225 €
I-150/24	9	10	90	13500	115,338	45.225 €
I-165/12	18	5	90	14850	114,245	49.748 €
I-200/32	7	10	70	14000	116,531	46.900 €

CRITERIOS DE SELECCIÓN: Precio y número de Strings

PRECIO	45.225 €
MODELO	I-150/12
AREA (m ²)	114,245
Nº PANELES EN SERIE	18
Nº PANELES EN PARALELO	5
Nº PANELES TOTALES	90
Isc MÓDULO (A)	9,81
V _N MÓDULO (V)	12
V _{OC} MÓDULO (V)	21,6
V _{max} MÓDULO (V)	17,4
I _{max} MÓDULO (A)	8,61
Pot. instalación (Wp)	13500

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	5
POTENCIA POR STRING	2,697 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 2500
Potencia inversor	2,7
Diferencia de potencia	0,003 kW
Precio total	8824 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

Número de módulos en serie

V(-10)	V(70)	N max	N min
21,68	17,3	28	13

COSTE TOTAL

INVERSORES	8.824 €
PANELES	45.225 €
GASIFICADOR	10.782 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	7.020 €
TOTAL (€)	117.537 €



GAS 22, 5 HORAS DE FUNCIONAMIENTO

**92 % BIOMASA
8 % SOLAR**

ENERGÍA A CUBRIR CON GASIFICACIÓN:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. GASIFICACIÓN (kWh)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

ENERGÍA A CUBRIR CON SOLAR:

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ENER. SOLAR (kWh)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

PANELES NECESARIOS

SUPERFICIE MÁXIMA(m ²)	2,2
INCLINACIÓN (°)	5
MES PEOR	Marzo
días	31
Gdm (β)	3,946 kWh/día·m ²
Demanda energía final	13,5 kWh/día
Factor seguridad	1,2

Performance ratio (PR)	
Potencia paneles	2 %
Mismatch	2 %
Cables	4 %
Temperatura	4 %
Inversor	10 %
MPP	6 %
Sombreado	4 %
Inversor bid	10 %
Rendimiento sistema (PR) 0,65	

Tensión del sistema (V)	212
-------------------------	-----

Potencia Instalar 4,1 kW

MODELO	Nps	Npp	Ntotal	Pot. instalación (Wp)	Area colectores (m ²)	Precio
I-75/12	17	4	68	5100	45,361	20.400 €
I-150/12	17	2	34	5100	43,159	17.085 €
I-150/24	8	4	32	4800	41,009	16.080 €
I-165/12	17	2	34	5610	43,159	18.794 €
I-200/32	6	4	24	4800	39,954	16.080 €

CRITERIOS DE SELECCIÓN:

Precio y número de Strings

PRECIO	16.080 €
MODELO	I-150/24
AREA (m ²)	41,009
Nº PANELES EN SERIE	8
Nº PANELES EN PARALELO	4
Nº PANELES TOTALES	32
Isc MÓDULO (A)	4,7
V _N MÓDULO (V)	24
V _{OC} MÓDULO (V)	43,2
V _{max} MÓDULO (V)	34,6
I _{max} MÓDULO (A)	4,35
Pot. instalación (Wp)	4800

INVERSORES

NÚMERO DE INVERSORES	4
POTENCIA POR STRING	1,204 kW
ELECCIÓN INVERSOR	Sunny Boy 1100
Potencia inversor	1,21
Diferencia de potencia	0,006 kW
Precio total	3808 €

COMPROBACIÓN INVERSORES

Número de módulos en serie			
V(-10)	V(70)	N max	N min
43,28	34,5	9	4

COSTE TOTAL	
INVERSORES	3.808 €
PANELES	16.080 €
GASIFICADOR	10.782 €
BATERÍAS	19.786 €
GENERADOR DIESEL	10.000 €
INVERSORES SI 3324	15.900 €
ESTRUCTURA	3.656 €
TOTAL (€)	80.012 €




F.2. Comprobación de los inversores mediante el software *Sunny Design*

Tipo de inversor

Selección de categoría

Sunny Boy SB 2500



Sunny Boy SB 2500
Potencia máxima CC: 2,7 kW
Potencia máxima CA: 2,5 kW

Configuración del sistema

Potencia nominal del generador FV	32,40 kW
Superficie del generador FV	276,0 m ²
Número de inversores	12
Potencia máxima de CC del inversor	32,40 kW
Potencia máxima de CA del inversor	30,00 kW
Tensión de red [V]	230

Lista de comprobación FV/inversor

Compatible con PV/inversor

Número total de módulos	216
Relación de potencia nominal	100 % ✔
Potencia del String (entrada)	2,70 kW
Proporción de potencia (entrada)	100 %
Tensión MPP String en 15 °C	326 V ✔
Tensión MPP String en 50 °C	275 V ✔
Tensión MPP String en 70 °C	247 V ✔
Tensión MPP mínima, tensión de red ajustada: 230 V	224 V
Tensión en vacío String -10 °C	439 V ✔
Tensión de CC máxima permitida inversor	600 V
Corriente máxima del generador FV	8,7 A ✔
Corriente continua máx. permitida	9,8 A
Número de Strings (inversor: 3 entradas)	1
Número de módulos por String min=17; max=24	18

F.3. Cálculo del coste normalizado de un sistema

Para el cálculo del coste normalizado (COE) se ha utilizado el método desarrollado por NREL en el software HOMER.



$$COE = \frac{C_{anual,tot}}{Energía\ anual} \quad (\text{Ec. F.1})$$

Donde $C_{anual,tot}$ es el coste anualizado total, y se determina a partir de la suma de todos los costes anualizados (Ec. E.2) referentes a los costes iniciales, reemplazo, O&M y combustibles.

$$C_{anual,tot} = \sum_i C_{anual,i} \quad (\text{Ec. F.2})$$

Para calcular el coste anualizado del capital inicial se han utilizado las siguientes ecuaciones, donde $C_{capital}$ es el coste de inversión inicial, CRF es la tasa de recuperación del capital, i es la tasa de interés real y N_{proy} es la duración del proyecto:

$$C_{anual,capital} = C_{capital} \cdot CRF(i, N_{proy}) \quad (\text{Ec. F.3})$$

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \quad (\text{Ec. F.4})$$

Por su parte el coste de reemplazo anualizado se calcula mediante las siguientes expresiones:

$$C_{anual,reemp} = C_{rep} \cdot f_{rep} \cdot SFF(i, N_{comp}) - S \cdot SFF(i, N_{proy}) \quad (\text{Ec. F.5})$$

$$SFF(i, N) = \frac{i}{(1+i)^N - 1} \quad (\text{Ec. F.6})$$

f_{rep} es un factor que se presenta porque la duración del proyecto puede no ser igual a la vida útil del componente.

$$f_{rep} = \begin{cases} CRF(i, N_{proy}) & N_{rep} > 0 \\ 0 & N_{rep} = 0 \end{cases} \quad (\text{Ec. F.7})$$

$$N_{rep} = N_{comp} \cdot ENTERO\left(\frac{N_{proy}}{N_{comp}}\right) \quad (\text{Ec. F.8})$$



$$S = C_{rep} \cdot \frac{N_{rem}}{N_{comp}} \quad (\text{Ec. F.9})$$

$$N_{rem} = N_{comp} - (N_{proy} - N_{rep}) \quad (\text{Ec. F.10})$$

Los costes de O&M y de los combustibles detallados anteriormente ya estaban referenciados anualmente. La siguiente tabla muestra los resultados del proceso detallado.

		Inversión anualizada	Costes reemplazo anualizados	Operación y mantenimiento	Coste combustibles
HYBRID 1	Total (€)	18053	2154	1133	1132
	COE (€/kWh)	0,463	0,055	0,029	0,029
HYBRID 2	Total (€)	16478	2129	1381	1239
	COE (€/kWh)	0,422	0,055	0,035	0,032
HYBRID 3	Total (€)	16677	2198	1148	1227
	COE (€/kWh)	0,427	0,056	0,029	0,031
HYBRID 4	Total (€)	14660	2149	1399	1357
	COE (€/kWh)	0,374	0,055	0,036	0,035
HYBRID 5	Total (€)	12564	2089	1600	1488
	COE (€/kWh)	0,320	0,053	0,041	0,038
HYBRID 6	Total (€)	10782	2416	1221	1749
	COE (€/kWh)	0,273	0,061	0,031	0,044
HYBRID 7	Total (€)	7531	2310	1490	2010
	COE (€/kWh)	0,190	0,058	0,038	0,051
SHS+GE	Total (€)	22964	9521	295	1670
	COE (€/kWh)	0,595	0,247	0,008	0,043



G. Generación energética del campo fotovoltaico

G.1. Cálculo de la radiación horaria sobre una superficie inclinada

A partir de los datos obtenidos de la radiación solar horizontal de un día representativo de cada mes (ver Tabla 8.1 de la memoria) se ha calculado la radiación horaria para los respectivos meses del año. Para efectuar la distribución de los valores totales diarios se ha utilizado el modelo detallado a continuación [12] [13].

$$\Gamma = \frac{2 \cdot \pi \cdot (d_n - 1)}{365} \quad (\text{Ec. G.1})$$

Donde d_n son los días representativos de cada mes. La ecuación del tiempo, ET, mide la diferencia entre el tiempo solar verdadero y el tiempo oficial.

$$ET = \frac{229,18}{60} \left(\begin{array}{l} 0,000075 + 0,001868 \cos \Gamma - 0,032077 \text{sen} 2\Gamma - \\ 0,014615 \cos 2\Gamma - 0,04089 \text{sen} 2\Gamma \end{array} \right) \quad (\text{Ec. G.2})$$

Mediante la (Ec. F3) se calcula el ángulo horario del Sol para cada instante, donde LL es la longitud del lugar y LH la longitud del huso horario correspondiente; AO el adelanto horario oficial, que en Perú es nulo; y TO la hora oficial.

$$\omega_i = (12 - ET + AO - TO) \cdot 15 - (LL - LH) \quad (\text{Ec. G.3})$$

Para estimar los valores de la radiación horaria, y la, a partir de la radiación diaria se utilizan las siguientes relaciones:

$$D_h(0) = r_d \cdot D_d(0) \quad G_h(0) = r_g \cdot G_d(0) \quad (\text{Ec. G.4}) \text{ y } (\text{Ec. G.5})$$

Los parámetros r_d y r_g se calculan mediante las expresiones:

$$r_d = \frac{\pi}{T} \left(\frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\text{sen} \omega_s - \omega_s \cos \omega_s} \right) \quad r_g = r_d (a + b \cdot \cos \omega) \quad (\text{Ec. G.6}) \text{ y } (\text{Ec. G.7})$$



$$a = 0,409 + 0,5016 \cdot \text{sen}(\omega_s - 1,047) \tag{Ec. G.8}$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 \cdot \text{sen}(\omega_s - 1,047) \tag{Ec. G.9}$$

Una vez calculadas tanto la radiación total como difusa sobre una superficie horizontal, se ha procedido al cálculo de la radiación directa mediante la ecuación (Ec C.6.)

A partir de la radiación horizontal horaria calculada, se puede estimar la energía solar incidente sobre los paneles inclinados 5° sobre la horizontal, mediante las ecuaciones C.9 y C.10. Siguiendo el mismo procedimiento que en el apartado C, se han calculado las pérdidas por transparencia de las placas solares. Tal y como se puede apreciar en la Tabla F.1, el error cometido utilizando el método detallado anteriormente es mínimo si se compara con la estimación de la radiación diaria sobre la superficie inclinada vista en el apartado C.

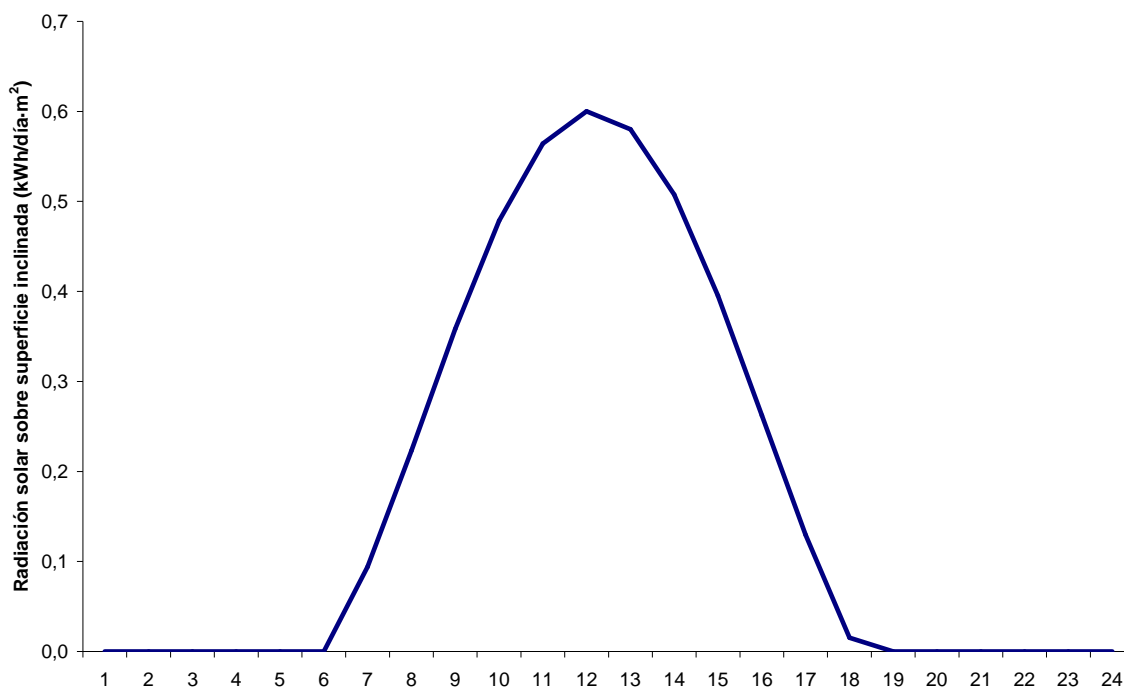


Figura G.1 -. Radiación solar en el mes de Marzo



	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
β (°)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
β (rad)	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087	0,087
Rb	0,955	0,975	1,000	1,028	1,053	1,065	1,060	1,039	1,012	0,984	0,961	0,949
HORAS												
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,04
7	0,10	0,08	0,09	0,12	0,14	0,11	0,08	0,08	0,11	0,15	0,16	0,18
8	0,23	0,21	0,22	0,26	0,28	0,25	0,23	0,23	0,27	0,30	0,31	0,32
9	0,36	0,35	0,36	0,40	0,43	0,40	0,39	0,39	0,43	0,45	0,44	0,43
10	0,48	0,47	0,48	0,52	0,55	0,52	0,54	0,54	0,58	0,58	0,56	0,52
11	0,56	0,57	0,56	0,60	0,63	0,61	0,65	0,66	0,68	0,66	0,63	0,57
12	0,60	0,61	0,60	0,62	0,64	0,63	0,70	0,71	0,73	0,68	0,64	0,58
13	0,59	0,60	0,58	0,58	0,60	0,59	0,68	0,70	0,70	0,64	0,60	0,56
14	0,52	0,54	0,51	0,49	0,50	0,50	0,60	0,62	0,62	0,55	0,50	0,50
15	0,41	0,43	0,40	0,37	0,36	0,37	0,46	0,49	0,48	0,41	0,38	0,41
16	0,29	0,30	0,26	0,22	0,21	0,22	0,30	0,33	0,32	0,26	0,23	0,29
17	0,15	0,16	0,13	0,09	0,07	0,09	0,15	0,17	0,15	0,11	0,10	0,15
18	0,04	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ERROR	0,34%	0,70%	0,71%	1,41%	0,67%	0,79%	0,71%	0,56%	0,72%	0,70%	0,53%	0,17%

Tabla G.1 - Radiación solar sobre una superficie inclinada 5° respecto la horizontal



G.2. Producción de energía por el generador fotovoltaico

Una vez calculada la radiación sobre los paneles inclinados para cada hora se puede calcular la energía que se obtendrá del generador fotovoltaico, que no es la misma que la recibida directamente del Sol. La producción de energía de los paneles solares va íntimamente ligada con la temperatura ambiental y de la célula solar [14].

Se parte de los datos de la irradiación incidente sobre el plano del generador, calculada anteriormente, y la temperatura ambiente para cada hora para un año meteorológico típico.

$$Pm = Pm^* \frac{G}{G^*} [1 - \delta(Tc - Tc^*)] \quad (\text{Ec. G.10})$$

$$Tc = Ta + \frac{TONC - 20}{800} G$$

Donde,

- G es la irradiancia global incidente en la superficie del módulo fotovoltaico
- Tc es la temperatura de la célula (ver Tabla G.2)
- Ta es la temperatura ambiente.
- Pm es la potencia en el punto de máxima potencia del generador FV.
- Pm* es la potencia nominal en condiciones estándar, STC.
- TONC es la temperatura nominal de operación.
- δ es el coeficiente de variación con la temperatura de la potencia. El valor típico para el Silicio es $4,41 \cdot 10^{-3}$.

La potencia calculada anteriormente no contempla las pérdidas por el inversor, cables, etc., ni el factor de seguridad. Por este motivo se han corregido los valores resultantes del proceso anterior con el Performance Ratio y el factor de seguridad correspondientes detallados en el apartado C.2.

A modo de ejemplo se incluye la producción de energía del campo fotovoltaico en el mes de enero, Figura G.2.



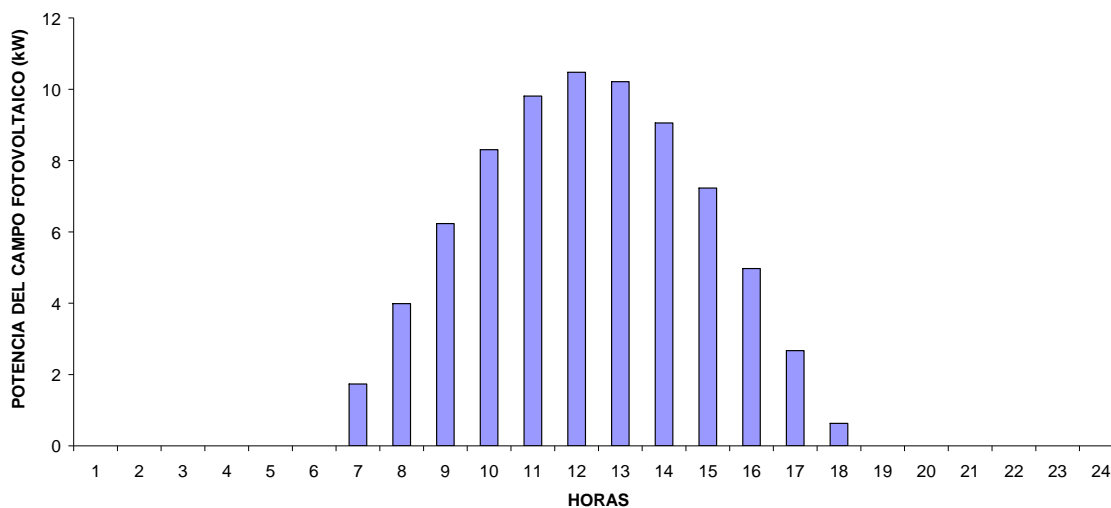


Figura G.2 -. Producción de energía de un día representativa del mes de Enero

Horas	en	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
1	20,9	21,0	21,2	21,4	20,8	19,0	18,2	19,1	19,9	20,7	20,7	20,9
2	20,9	21,0	21,2	21,4	20,8	19,0	18,2	19,1	19,9	20,7	20,7	20,9
3	19,9	19,8	20,0	20,2	19,6	17,7	16,7	17,4	18,5	19,5	19,7	19,9
4	19,9	19,8	20,0	20,2	19,6	17,7	16,7	17,4	18,5	19,5	19,7	19,9
5	19,9	19,8	20,0	20,2	19,6	17,7	16,7	17,4	18,5	19,5	19,7	19,9
6	22,4	22,3	22,2	22,3	21,5	19,8	19,0	20,1	21,2	22,2	22,4	22,5
7	22,4	22,3	22,2	22,3	21,5	19,8	19,0	20,1	21,2	22,2	22,4	22,5
8	22,4	22,3	22,2	22,3	21,5	19,8	19,0	20,1	21,2	22,2	22,4	22,5
9	26,2	26,3	26,4	26,0	25,2	23,9	24,2	26,1	26,9	27,1	27,0	26,7
10	26,2	26,3	26,4	26,0	25,2	23,9	24,2	26,1	26,9	27,1	27,0	26,7
11	26,2	26,3	26,4	26,0	25,2	23,9	24,2	26,1	26,9	27,1	27,0	26,7
12	26,5	26,5	26,6	26,4	25,8	24,8	25,4	27,3	27,7	27,5	27,4	27,0
13	26,5	26,5	26,6	26,4	25,8	24,8	25,4	27,3	27,7	27,5	27,4	27,0
14	26,5	26,5	26,6	26,4	25,8	24,8	25,4	27,3	27,7	27,5	27,4	27,0
15	25,5	25,6	25,6	25,4	24,7	23,6	23,9	25,7	26,2	26,3	26,3	26,0
16	25,5	25,6	25,6	25,4	24,7	23,6	23,9	25,7	26,2	26,3	26,3	26,0
17	25,5	25,6	25,6	25,4	24,7	23,6	23,9	25,7	26,2	26,3	26,3	26,0
18	24,2	24,2	24,3	24,0	23,2	21,7	21,5	22,7	23,4	24,1	24,4	24,4
19	24,2	24,2	24,3	24,0	23,2	21,7	21,5	22,7	23,4	24,1	24,4	24,4
20	24,2	24,2	24,3	24,0	23,2	21,7	21,5	22,7	23,4	24,1	24,4	24,4
21	22,4	22,5	22,7	22,7	22,0	20,3	19,7	20,7	21,3	22,2	22,2	22,4
22	22,4	22,5	22,7	22,7	22,0	20,3	19,7	20,7	21,3	22,2	22,2	22,4
23	22,4	22,5	22,7	22,7	22,0	20,3	19,7	20,7	21,3	22,2	22,2	22,4
24	20,9	21,0	21,2	21,4	20,8	19,0	18,2	19,1	19,9	20,7	20,7	20,9

Tabla G.2 -. Distribución horaria de la temperatura media de cada mes. FUENTE: NASA



H. Financiación

Como se puede apreciar en el presupuesto establecido, no se han tenido en cuenta impuestos para la importación de los equipos. Esto es debido a que Loreto es un Departamento que cuenta con la exoneración de impuestos asociados a ciertos productos como equipos de instalaciones fotovoltaicas y demás.

Al tratarse de un proyecto de electrificación rural para el desarrollo que tiene una gran contribución al medio ambiente ya que la mayoría de energía generada proviene de fuentes renovables, se puede optar a distintas donaciones y subvenciones de diversas entidades para su financiación.

Dado que el proyecto se realiza dentro del marco del PNER, se podrían obtener fondos del propio estado y de gobiernos regionales. Por su parte, el GEF junto con el PNUD aportaron una suma importante de fondos para los sistemas híbridos implementados en Padre Cocha e Indiana, con lo que también se podría solicitar apoyo a dichas instituciones. Además, este proyecto se podría incluir en el marco de acción del GEF por el hecho de promover el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero.

El Banco Mundial también otorga fondos para la electrificación rural de comunidades aisladas. De hecho, Perú ha recibido recientemente una importante suma económica para proyectos de este tipo.

También existen fondos bilaterales españoles a los cuales acceder por la contratación de equipos fabricados por empresas del Estado, con lo que se podría obtener alguna donación para la adquisición de los equipos de *Isofotón*.

En cuanto a los gastos asociados a billetes de avión para el estudio de campo e implementación del proyecto, el CCD financia viajes y estancias para miembros de la UPC.

Con todas estas opciones, se podría llegar a cubrir el presupuesto estimado para la ejecución del proyecto. En caso contrario, se podría optar a la concesión de micro-créditos a cargo de fondos recirculantes para proyectos de electrificación rural que tienen tasas de interés muy asequibles. En este caso, serían los propios habitantes los que pagarían la parte no subvencionada de la inversión inicial.

