

Universidad de Lima

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Carrera de Ingeniería Industrial



ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA EMPRESA INSTALADORA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN AREQUIPA

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Keyla Tatiana Del Pozo Cunya

Código 20122674

Asesor

Carlos Ahoki Pajuelo

Lima - Perú

Noviembre – 2020

**PREFEASIBILITY STUDY FOR THE
INSTALLATION OF A COMPANY THAT
INSTALLS PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN
AREQUIPA**

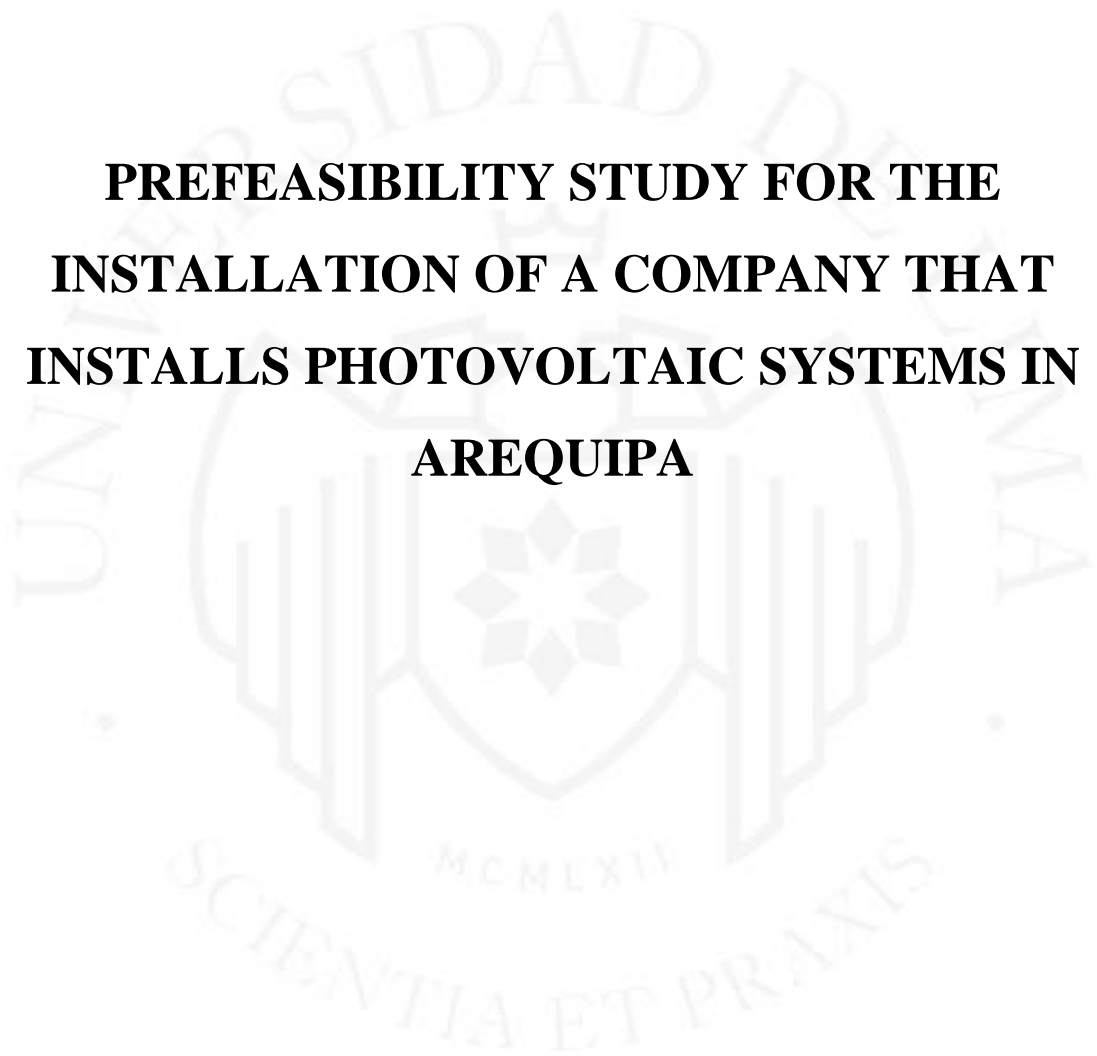


TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Objetivos de la investigación	2
1.3. Alcance de la investigación.....	2
1.4. Limitaciones de la investigación	2
1.5. Justificación del tema	1
1.6. Hipótesis de trabajo.....	4
1.7. Marco referencial	4
1.8. Marco conceptual	6
CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO	8
2.1. Aspectos generales del estudio de mercado	8
2.1.1. Definición comercial del producto.....	8
2.1.2. Usos del producto, bienes sustitutos y complementarios.....	10
2.1.3. Determinación del área geográfica que abarcará el estudio	13
2.1.4. Análisis del sector industrial	13
2.2. Metodología a emplear en la investigación de mercado	19
2.3. Demanda potencial.....	19
2.4. Determinación de la demanda de mercado en base a fuentes secundarias.....	23
2.5. Análisis de la oferta.....	29
2.6. Definición de la Estrategia de Comercialización	31
CAPITULO III: LOCALIZACIÓN DE PLANTA.....	35
3.1. Identificación y análisis detallado de los factores de localización.....	35
3.2. Identificación y descripción de las alternativas de localización	36
3.3. Evaluación y selección de la localización	40
3.3.1. Evaluación y selección de la macrolocalización	40

3.3.2.	Evaluación y selección de la micro localización	42
CAPITULO IV: TAMAÑO DE PLANTA		46
4.1.1.	Relación tamaño-mercado.....	46
4.1.2.	Relación tamaño-recursos productivos	46
4.1.3.	Relación tamaño-tecnología.....	47
4.1.4.	Relación tamaño-financiamiento	47
4.1.5.	Relación tamaño-punto de equilibrio	48
4.1.6.	Selección del tamaño de planta	49
CAPÍTULO V: INGENIERÍA DEL PROYECTO.....		50
5.1.	Definición técnica del producto	50
5.1.1.	Especificaciones técnicas, composición y diseño del producto	50
5.1.2.	Marco regulatorio para el producto.....	60
5.2.	Tecnologías existentes y procesos de producción.....	60
5.2.1.	Naturaleza de la tecnología requerida	60
5.2.2.	Proceso de producción	63
5.3.	Características de las instalaciones y equipos	79
5.3.1.	Selección de la maquinaria y equipos	79
5.3.2.	Especificaciones de la maquinaria	80
5.4.	Capacidad instalada.....	85
5.4.1.	Cálculo detallado del número de máquinas y operarios requeridos.....	85
5.4.2.	Cálculo de la capacidad instalada	91
5.5.	Resguardo de la calidad y/o inocuidad del producto.....	92
5.5.1.	Calidad de la materia prima, de los insumos, del proceso y del producto	92
5.6.	Estudio de impacto ambiental	94
5.7.	Seguridad y salud ocupacional.....	97
5.8.	Sistema de mantenimiento	106
5.9.	Diseño de la cadena de suministro	109
5.10.	Programa de producción	110
5.11.	Requerimiento de insumos, servicios y personal indirecto	111
5.11.1.	Materia prima, insumos y otros materiales	111
5.11.2.	Servicios: energía eléctrica y agua	115
5.11.3.	Determinación del número de trabajadores indirectos.....	117
5.11.4.	Servicios de terceros	117
5.12.	Disposición de Planta.....	118

5.12.1.	Características físicas del proyecto	118
5.12.2.	Determinación de las zonas físicas requeridas	118
5.12.3.	Cálculo de áreas para cada zona.....	119
5.12.4.	Dispositivos de seguridad industrial y señalización.....	129
5.12.5.	Disposición general	130
5.13.	Cronograma de implementación del proyecto	134
CAPÍTULO VI: ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN.....		135
6.1.	Formación de la organización empresarial	135
6.2.	Requerimientos de personal directivo, administrativo y de servicios; y funciones generales de los principales puestos	135
6.3.	Esquema de la estructura organizacional	139
CAPÍTULO VII: PRESUPUESTOS Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....		141
7.1.	Inversiones	141
7.1.1.	Estimación de las inversiones de largo plazo (tangibles e intangibles)	141
7.1.2.	Estimación de las inversiones de corto plazo (Capital de trabajo).....	145
7.2.	Costos de producción	147
7.2.1.	Costos de la materia primas	147
7.2.2.	Costo de la mano de obra directa	149
7.2.3.	Costo Indirecto de Fabricación	150
7.3.	Presupuesto operativo	155
7.3.1.	Presupuesto de ingreso por ventas	155
7.3.2.	Presupuesto operativo de costos.....	156
7.3.3.	Presupuesto operativo de gastos.....	156
7.4.	Presupuestos financieros	158
7.4.1.	Presupuesto de servicio de deuda.....	158
7.4.2.	Presupuesto de estado resultados	159
7.4.3.	Presupuesto de estado de situación financiera(apertura)	161
7.4.4.	Flujo de fondos netos	161
7.4.5.	Flujo de fondos económicos.....	161
7.4.6.	Flujo de fondos financieros.....	162
7.5.	Evaluación económica y financiera	162
7.5.1.	Indicadores de inversión económica: VAN, TIR, B/C, PR.....	162
7.5.3.	Análisis de ratios e indicadores económicos y financieros del proyecto	164
7.5.4.	Análisis de sensibilidad del proyecto	165

CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO	167
8.1. Indicadores sociales	167
8.2. Interpretación de indicadores sociales	168
CONCLUSIONES	169
RECOMENDACIONES	171
REFERENCIAS.....	172
BIBLIOGRAFÍA	180
ANEXOS.....	181



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Características de un módulo fotovoltaico	9
Tabla 2. 2 Comercializadoras de paneles fotovoltaicos.....	17
Tabla 2. 3 Modelo de negocios	18
Tabla 2. 4 Demanda potencial Arequipa	23
Tabla 2. 5 Número de viviendas departamento de Arequipa.....	24
Tabla 2. 6 Número de casas público objetivo	25
Tabla 2. 7. Parámetros para muestreo	25
Tabla 2. 8 ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual?	26
Tabla 2. 9 Intensidad de compra	27
Tabla 2. 10 Demanda anual del mercado objetivo.....	28
Tabla 2. 11 Demanda anual del mercado objetivo.....	29
Tabla 2. 12 Participación de mercado de competidores actuales	31
Tabla 2. 13 Precio de empresas competidoras (S/).....	33
Tabla 3. 1. Top 5 principales puertos del Perú	37
Tabla 3. 2. Distancia al mercado objetivo Perú	38
Tabla 3. 3. Número de parques industriales.....	39
Tabla 3. 4 Índice de irradiancia	39
Tabla 3. 5 Tabla de enfrentamiento de factores de macrolocalización.....	41
Tabla 3. 6 Puntajes de calificación	41
Tabla 3. 7 Ranking de factores para el análisis de macro localización.....	41
Tabla 3. 8 Infraestructura de los distritos de Arequipa.....	43
Tabla 3. 9 Vías de acceso a transporte.....	43
Tabla 3. 10 Costo del terreno.....	44
Tabla 3. 11 Población mayor de 14 años con nivel educativo superior.....	44
Tabla 3. 12 Tabla de enfrentamiento de factores de microlocalización	44
Tabla 3. 13 Ranking de factores para el análisis de microlocalización	45
Tabla 4. 1 Tamaño mercado	46
Tabla 4. 2 Inversión del proyecto (S/)	47
Tabla 4. 3 Costos y gastos fijos	48
Tabla 4. 4 Costos y gastos variables	49

Tabla 4. 5 Punto de equilibrio.....	49
Tabla 4. 6 Selección de tamaño de planta.....	49
Tabla 5. 1 Diferencia entre células solares de Silicio.....	53
Tabla 5. 2 Características físicas mínimas proporcionadas al cliente.....	53
Tabla 5. 3 Características eléctricas mínimas proporcionadas al cliente.....	54
Tabla 5. 4 Ficha técnica panel solar 270 W.....	54
Tabla 5. 5 Ficha técnica inversor 2.400 W.....	55
Tabla 5. 6 Batería Gel 100 Ah 12 V.....	56
Tabla 5. 7 Potencia de equipos utilizados para el análisis.....	58
Tabla 5. 8 Balance en función del consumo energético y la energía generada por el S.F.....	59
Tabla 5. 9 Normas aplicables al proyecto.....	60
Tabla 5. 10 Comparación de tipos de sistemas fotovoltaicos.....	62
Tabla 5. 11 Varillas de aluminio anodizado.....	69
Tabla 5. 12 Máquina de corte de aluminio.....	80
Tabla 5. 13 Taladro de banco.....	80
Tabla 5. 14 Alicata universal aislado.....	80
Tabla 5. 15 Alicata de corte.....	81
Tabla 5. 16 Pinza pelacables.....	81
Tabla 5. 17 Atornillador Inalámbrico.....	81
Tabla 5. 18 Escalera Profesional Telescópica.....	81
Tabla 5. 19 Extensión Profesional en carrete.....	82
Tabla 5. 20 Juego de llaves ratch.....	82
Tabla 5. 21 Atornillador Inalámbrico.....	82
Tabla 5. 22 Juego de destornilladores.....	82
Tabla 5. 23 Broca Metal 1/8”.....	83
Tabla 5. 24 Wincha contra impacto.....	83
Tabla 5. 25 Martillo de uña con mango ergonómico.....	83
Tabla 5. 26 Juego de limas para aluminio.....	83
Tabla 5. 27 Taladro profesional.....	84
Tabla 5. 28 Multímetro profesional.....	84
Tabla 5. 29 Pinza amperimétrica.....	84
Tabla 5. 30 Broca de concreto para anclaje.....	85
Tabla 5. 31 Broca multiconstrucción.....	85

Tabla 5. 32 Camioneta para transporte de materiales.....	85
Tabla 5. 33 Actividades no productivas.....	86
Tabla 5. 34 Tiempo de instalación del sistema fotovoltaico.....	87
Tabla 5. 35 Número de técnicos y operarios requeridos para instalar S.F.....	89
Tabla 5. 36 Número de operarios requeridos en planta.....	90
Tabla 5. 37 Número de máquinas requeridas.....	90
Tabla 5. 38 Requerimiento de herramienta para operario de planta.....	90
Tabla 5. 39 Requerimiento de herramienta por pareja de instaladores.....	91
Tabla 5. 40 Requerimiento de vehículo por pareja de instaladores.....	91
Tabla 5. 41 Valoración de la magnitud del impacto.....	94
Tabla 5. 42 Valoración de la importancia del impacto.....	95
Tabla 5. 43 Matriz Leopold.....	95
Tabla 5. 44 Matriz IPERC para instalación de S.F.....	99
Tabla 5. 45 Matriz IPERC para elaboración de base de madera.....	103
Tabla 5. 46 Matriz IPERC para elaboración de estructuras de soporte.....	104
Tabla 5. 47 EPS para instalación de S.F.....	105
Tabla 5. 48 EPPS para elaboración de estructuras de soporte.....	105
Tabla 5. 49 EPPS para elaboración de soporte de madera.....	105
Tabla 5. 50 Plan de mantenimiento de máquinas.....	106
Tabla 5. 51 Requerimiento de brocas y discos de corte.....	107
Tabla 5. 52 Plan de mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico	108
Tabla 5. 53 Programa de producción	110
Tabla 5. 54 Programa de pedidos año 1 (Kit Fotovoltaico)	110
Tabla 5. 55 Programa de pedidos año 6.....	110
Tabla 5. 56 Requerimiento de componentes del sistema fotovoltaico.....	111
Tabla 5. 57 Requerimiento de varillas de aluminio.....	111
Tabla 5. 58 Requerimiento de otros materiales para estructura de soporte.....	112
Tabla 5. 59 Requerimiento para bases de madera de gabinete de baterías.....	112
Tabla 5. 60 Requerimiento anual de materiales para instalaciones fotovoltaicas.....	113
Tabla 5. 61 Otros materiales utilizados en la instalación de S.F.....	114
Tabla 5. 62 Requerimiento mobiliario de punto de venta (todo el proyecto).....	114
Tabla 5. 63 Requerimiento mobiliario de zona administrativa (todo el proyecto).....	115
Tabla 5. 64 Requerimiento de agua de (m ³).....	115
Tabla 5. 65 Requerimiento de luz (kWh) de producción.....	116

Tabla 5. 66 Requerimiento de luz (kWh) de Administrativo.....	116
Tabla 5. 67 Requerimiento alquiler de camioneta (días).....	116
Tabla 5. 68 Requerimiento de combustible (galones).....	117
Tabla 5. 69 Número de trabajadores indirectos.....	117
Tabla 5. 70 Cálculo de superficie estática y gravitación.....	119
Tabla 5. 71 Cálculo del factor espera.....	120
Tabla 5. 72 Matriz de Guerchet.....	121
Tabla 5. 73 Cuadro de movimientos del proceso de fabricación de estructuras de soporte.....	122
Tabla 5. 74 Cuadro de movimientos del proceso de preparación de base de madera...	123
Tabla 5. 75 Varillas y listones de madera en almacén de materiales.....	123
Tabla 5. 76 Equipos y materiales de almacén de acumulación.....	126
Tabla 5. 77 Dimensión de oficinas.....	128
Tabla 5. 78 Códigos y valores de proximidad.....	130
Tabla 5. 79 Resumen de relaciones entre las áreas de la planta.....	131
Tabla 5. 80 Dimensiones de área de planta.....	132
Tabla 6. 1 MOF Gerente General	136
Tabla 6. 2 MOF Jefe de Administración y Finanzas	137
Tabla 6. 3 MOF Jefe de Operaciones y Supply	138
Tabla 6. 4 MOF Jefe Comercial.....	139
Tabla 7. 1 Inversión total del proyecto (S/)	141
Tabla 7. 2 Inversión activo fijo tangible (S/)	141
Tabla 7. 3 Inversión en maquinaria/equipos de planta (S/)	142
Tabla 7. 4 Inversión en herramientas (S/).....	142
Tabla 7. 5 Inversión en almacén (S/)	143
Tabla 7. 6 Inversión en mobiliario y equipo zona administrativa de planta (S/).....	143
Tabla 7. 7 Inversión en mobiliario y equipo de punto de venta (S/).....	144
Tabla 7. 8 Inversión activo fijo intangible (S/)	144
Tabla 7. 9 Gastos preoperativos (S/).....	145
Tabla 7. 10 Capital de trabajo	146
Tabla 7. 11 Costo de producción (S/)	147
Tabla 7. 12 Costo de componentes del sistema fotovoltaico (S/).....	147
Tabla 7. 13 Costo de materiales de instalación (S/).....	148
Tabla 7. 14 Costo de varillas de aluminio (S/)	148

Tabla 7. 15 Costo de otros materiales para estructura de soporte (S/)	149
Tabla 7. 16 Costo de otros materiales para base de madera (S/)	149
Tabla 7. 17 Costo de unitario de mano de obra directa (S/)	149
Tabla 7. 18 Costo de mano de obra directa (S/)	150
Tabla 7. 19 Costos indirectos de fabricación (S/)	150
Tabla 7. 20 Resumen de depreciación y amortización (S/)	150
Tabla 7. 21 Depreciación no fabril (S/)	151
Tabla 7. 22 Depreciación fabril (S/)	152
Tabla 7. 23 Amortización (S/)	153
Tabla 7. 24 Costo unitario de mano de obra indirecta (S/)	154
Tabla 7. 25 Costo de mano de obra indirecta (S/)	154
Tabla 7. 26 Otros costos indirectos de fabricación (S/)	154
Tabla 7. 27 Herramientas de corte (S/)	155
Tabla 7. 28 Otros materiales usados en las instalaciones S.F. (S/)	155
Tabla 7. 29 Presupuesto por ingreso por ventas (S/)	156
Tabla 7. 30 Costo unitario de producción	156
Tabla 7. 31 Presupuesto operativo de costo de venta (S/)	156
Tabla 7. 32 Presupuesto operativo de gastos	157
Tabla 7. 33 Gasto de sueldos administrativos anuales	157
Tabla 7. 34 Gastos de punto de venta (S/)	158
Tabla 7. 35 Estructura de deuda	158
Tabla 7. 36 Presupuesto de servicio a la deuda	159
Tabla 7. 37 Presupuesto de estado de resultados (S/)	160
Tabla 7. 38 Presupuesto de estado situación financiera (S/)	161
Tabla 7. 39 Flujo de fondos económicos (S/)	161
Tabla 7. 40 Flujo de fondos financieros (S/)	162
Tabla 7. 41 Flujos económicos actualizados (S/)	163
Tabla 7. 42 Indicadores de inversión económica	163
Tabla 7. 43 Determinación del C.P.P.C	164
Tabla 7. 44 Flujos financieros actualizados (S/)	164
Tabla 7. 45 Indicadores de inversión financiera	164
Tabla 7. 46 Análisis de sensibilidad con variable demanda	165
Tabla 7. 47 Análisis de sensibilidad con variable precio	166
Tabla 7. 48 Análisis de sensibilidad con variable tipo de cambio	166

Tabla 8. 1 Valor agregado del proyecto.....	167
Tabla 8. 2 Densidad del capital.....	167
Tabla 8. 3 Intensidad del capital	168
Tabla 8. 4 Relación producto capital	168



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Mapa de radiación de Arequipa.....	2
Figura 1. 2 Crecimiento promedio anual PBI según sectores económicos 2007-2018% .	3
Figura 2. 1 Componentes de un módulo solar.....	8
Figura 2. 2 Paneles solares uso doméstico.....	11
Figura 2. 3 Uso de paneles solares en zonas rurales	12
Figura 2. 4 Parque Solar Rubí.....	12
Figura 2. 5 Análisis de las fuerzas del sector.....	13
Figura 2. 6 Top 10 proveedores de módulos solares 2018	16
Figura 2. 7 Mix de generación de electricidad en el 2018.....	20
Figura 2. 8 Evolución de la Matriz de Energía Eléctrica (en millones de USD).....	21
Figura 2. 9 Cultura de termas solares en Arequipa.....	22
Figura 2. 10 Calentador solar.....	22
Figura 2. 11 Demanda Interna Aparente paneles de 270 W	23
Figura 2. 12 ¿Estaría dispuesto a instalar un sistema solar en su domicilio?.....	26
Figura 2. 13 Evolución de la energía fotovoltaica (GWh).....	28
Figura 2. 14. “Kit Solar Leaf Energy”	30
Figura 2. 15 Tendencia histórica de precios de módulos fotovoltaicos.....	33
Figura 3. 1 Mapa de radiación solar en Perú	40
Figura 3. 2 Mapa distritos de Arequipa	42
Figura 5. 1 Componentes de un módulo fotovoltaico.....	51
Figura 5. 2 Generación de energía a través de un panel fotovoltaico.....	51
Figura 5. 3 Componentes de una instalación de energía solar.....	52
Figura 5. 4 Vista de batería con medidas en mm.....	56
Figura 5. 5 Vista de panel fotovoltaico con medidas en mm.....	57
Figura 5. 6 Inversor.....	57
Figura 5. 7 Diseño de panel fotovoltaico	58
Figura 5. 8 Curva de potencia de consumo y generación	59
Figura 5. 9 Sistema fotovoltaico conectado a la red en casa	61
Figura 5. 10 Sistema fotovoltaico aislado.....	61
Figura 5. 11 Sistema fotovoltaico híbrido	62

Figura 5. 12 Diseño de la estructura de soporte.....	69
Figura 5. 13 Dimensiones de la base de madera (mm).....	70
Figura 5. 14 Vista de la base madera.....	70
Figura 5.15 DOP Instalación de Sistema fotovoltaico.....	71
Figura 5. 16 DOP Estructura del panel fotovoltaico.....	73
Figura 5. 17 DOP Base de madera.....	74
Figura 5. 18 Flujograma de atención al cliente.....	75
Figura 5. 19 Flujograma de instalación de sistema fotovoltaico	76
Figura 5. 20 Balance de materia de estructuras de soporte.....	78
Figura 5. 21 Costo de la degradación ambiental (salud y calidad de vida)	94
Figura 5. 22 Desperdicio acumulado en volumen de los cinco principales países al 2050	96
Figura 5. 23 Cadena de suministro	109
Figura 5. 24 Diagrama de Gozinto.....	111
Figura 5. 25 Puntos de espera en zona de producción	120
Figura 5. 26 Distribución de baterías en parihuela	124
Figura 5. 27 Distribución de inversores en parihuela	125
Figura 5. 28 Distribución de almacén de acumulación.....	126
Figura 5. 29 Señalización.....	129
Figura 5. 30 Tabla relacional de las zonas de la planta	131
Figura 5. 31 Diagrama relacional de las zonas de la planta.....	132
Figura 5. 32 Plano de instalaciones de las zonas de la planta.....	133
Figura 5. 33 Cronograma	134
Figura 6. 1 Organigrama.....	140

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuesta paneles fotovoltaicos.....	182
Anexo 2: Resultados de encuesta.....	184
Anexo 3: Dimensión del sistema fotovoltaico.....	187
Anexo 4: Informe de Instalación del Sistema Fotovoltaico.....	190
Anexo 5: Vista de las piezas de la estructura de soporte.....	192
Anexo 6: Plan de pedidos del proyecto.....	194
Anexo 7: Calculo de costo de construcción y obras civiles.....	196
Anexo 8: Flujos financieros de acuerdo con el análisis de sensibilidad.....	202



RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio prefactibilidad abarca los aspectos generales, estudio de mercado, análisis de localización, tamaño de planta e ingeniería del proyecto relacionados con la creación de una empresa instaladora de sistemas fotovoltaicos para casas en la provincia de Arequipa. La propuesta del proyecto surge en respuesta a factores en el mercado energético peruano tales como la creciente demanda de energética, el aumento de preferencia por el uso de fuentes renovables de energía eléctrica y de la oportunidad que representa la abundante radiación solar en Arequipa como un recurso no ha sido aprovechado en su verdadero potencial

El estudio de mercado se vio limitado por la escasa existencia de registros históricos específicos para el mercado de paneles solares, así como por la dificultad para acceder a información relacionada con los patrones de consumo de energía solar del público objetivo. Asimismo, se observó que actualmente tanto las condiciones de infraestructura eléctrica como el elevado monto de inversión requerido tienen un efecto negativo en la intención e intensidad de compra. A pesar de ello, se estimó una demanda de 4.064 instalaciones fotovoltaicas.

En cuanto al análisis localización de planta, se tomaron en cuenta aspectos como la cercanía la materia prima, al mercado objetivo, el clima, la disponibilidad y costo de terreno, la población con educación superior presente en la localidad lo cual dio como resultado la selección del distrito de Cerro Colorado, en el departamento de Arequipa, como localización para la instalación de la planta.

En lo que respecta al tamaño de planta, la relación tamaño - mercado fue el factor determinante ya que la tecnología y disponibilidad de materiales actualmente no representan una limitante en el sector de instalación de módulos fotovoltaicos. Por otro lado, después de considerar los niveles de eficiencia en el proceso de instalación y el tiempo disponible dedicado exclusivamente a este, se determinó que la capacidad del proyecto es 917 instalaciones.

En relación con la evaluación económica financiera, el proyecto requiere de una inversión total de S/ 765.086, de los cuales casi el 64% es inversión en activo fijo tangible.

Asimismo, el proyecto será financiado en un 40% por un préstamo bancario. Se genera un VAN financiero de S/ 427.106 con una TIR de 34%. Para complementar, el periodo de recupero es de 4 años, 11 mes y 4 días.

Finalmente, el valor agregado acumulado del proyecto en el presente es de S/3.353.546, lo cual demuestra que impacta positivamente en la sociedad.

Palabras clave: energía solar, sistemas fotovoltaicos, energía eléctrica, instalaciones fotovoltaicas, casas.



ABSTRACT

This pre-feasibility study covers the general aspects, market research, analysis of the location, plant size and engineering of a project related to the creation of company, located in the province of Arequipa, that installs photovoltaic systems at residential houses. The project proposal arises in response to factors in the Peruvian energy market such as growing energy demand, increasing in electricity generation from renewable sources and the vast solar radiation in Arequipa, a resource has not been exploited to its true potential

The market study was limited by a lack of specific historical records related to the photovoltaic solar panel market and the difficulties to obtain information about solar energy consumption patterns of the target market. In addition, currently, the conditions of electrical infrastructure and the high amount of investment required have a negative effect on the intention and intensity of purchase. Despite this, a demand for 4,064 photovoltaic installations was estimated.

To mention the plant location analysis, aspects such as the proximity of the raw material, the target market, the climate, the availability and cost of land, local inhabitants' higher education were taken into account, which resulted in the selection from Cerro Colorado district, in the department of Arequipa, as a location for the installation of the plant.

Regarding to plant size, technology and material availability do not represent a restriction in this analysis and therefore the market size ratio is the determining factor to establish the optimal plant size. On the other hand, after considering efficiency levels in the installation process and the time dedicated exclusively to do it, it was determined that the project capacity is 917 photovoltaic installations.

In relation to the financial and economic assessment, the project requires a total investment of S/ 765.086 of which almost 64% is investment in tangible fixed assets. It is important to mention that 40% of the project will be financed by banks. The NPV is S/ 427.106 and the IRR is 34%. To complement, the is 4 years 11 months and 4 days.

Finally, the accumulated value added of the project at present is S/3.353.546, which shows that it has a positive impact on society.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, electricity, photovoltaic installations, houses.



CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES

1.1. Problemática

La energía es uno de los actores principales para el desarrollo económico y social de un país. Esto se ve reflejado en Perú, donde se ha visto un constante crecimiento económico, situación que ha sido acompañada de un fuerte incremento de la oferta energética. Esto ha permitido, mayor desarrollo de la industria y más calidad de vida para la población.

De acuerdo con el Banco Mundial, en el Perú el porcentaje de población en situación de pobreza ha disminuido sosteniblemente y esta mejora en la calidad de vida de la población ha venido acompañada con un mayor consumo de energía por habitante, tendencia clara desde el 2004 hasta el 2014. Según el Balance Nacional de Energía del Ministerio de Energía y Minas, “el consumo final de energía eléctrica, o energía disponible al usuario final, fue de 45.4 TW/h, cifra que tuvo un incremento de 7.7 % respecto al año anterior” (De La Puente, 2019).

Según cifras del Comité de Cooperación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), el 50% de la electricidad se genera por energías térmicas (gas natural), 47% por energía hidroeléctrica. Mientras que el 3% restante es de energías renovables, siendo en mayor proporción la energía eólica, seguida por la energía solar.

Las energías renovables tienen impacto negativo sobre el medio ambiente, por esta razón, se recomienda migrar hacia el uso las energías renovables. Estas se podrían definir como aquellas que provienen de fuentes naturales inagotables y disponibles en forma continua.

La propuesta del presente trabajo nace de lo expuesto anteriormente, el pequeño aprovechamiento de las energías renovables en el país, el aumento de la demanda energética y el aumento del precio de las tarifas eléctricas.

Para obtener energía eléctrica de la energía solar se necesita instalar sistemas fotovoltaicos, cuyo componente principal son los módulos fotovoltaicos. Debido a que estos no son producidos en Perú, se deben importar principalmente de China, Estados Unidos y países europeos.

Actualmente, los costos de importación (seguros, fletes, desaduanaje) encarecen el costo de los paneles fotovoltaicos y dificultan su competencia frente a otras fuentes de energía como por ejemplo la energía eléctrica proveniente del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional. Sin embargo, en los últimos años el costo de los paneles solares ha tenido una disminución relevante debido a los esfuerzos de las empresas productoras para encontrar mayores eficiencias a lo largo de su cadena de valor.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Determinar la viabilidad de mercado, técnica, económica y financiera para la puesta en marcha de una empresa que venda e instale sistemas fotovoltaicos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de mercado para definir el mercado objetivo a los cuales se les brindará el producto y posterior servicio. Asimismo, se pide determinar la viabilidad del proyecto de una empresa que venda e instale sistemas fotovoltaicos.
- Determinar mediante un estudio la localización óptima de la planta.
- Diseñar un sistema de gestión para el manejo de la planta.
- Determinar si el proyecto será rentable en el aspecto económico

1.3. Alcance de la investigación

Dado que los sistemas fotovoltaicos serán vendidos directamente al usuario, la unidad de análisis será un sistema fotovoltaico y su posterior instalación. La población serán las casas de la provincia de Arequipa.

1.4. Limitaciones de la investigación

Debido a que el sector es relativamente nuevo, no hay estadísticas para el estudio de mercado (volumen de importación, exportación, patrones de consumo). Además, se utilizará muestreo no probabilístico para las encuestas del proyecto.

1.5. Justificación del tema

1.5.1. Justificación técnica

China, Canadá, Japón, Alemania lideran la producción de módulos fotovoltaicos en el mundo. Año tras año, la mejora en los procesos de producción junto con la búsqueda de eficiencias en la cadena de valor de los paneles solares ha ocasionado la disminución de los precios de venta. Además, los fabricantes tienen capacidad suficiente para abastecer la demanda del mercado. Por otra parte, no se utiliza herramientas o maquinarias especializadas para la instalación del sistema fotovoltaico, por esta razón, es sencillo conseguirlos en el mercado local.

Existen en el país empresas comercializadoras de los componentes del sistema fotovoltaico, además, ofrecen al cliente el servicio de instalación. Sin embargo, debido a que la tecnología es relativamente nueva, no existe mucho personal calificado para realizar instalaciones de sistemas fotovoltaicos.

Finalmente, en la zona sur del país se tiene aproximadamente una radiación solar de 5.5 a 6.5 kWh/m², siendo mayor que en la zona selva y la zona costa. Por este motivo, la ciudad de Arequipa, en una de las localidades donde más se aprovecharía el uso de los módulos fotovoltaicos (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017).

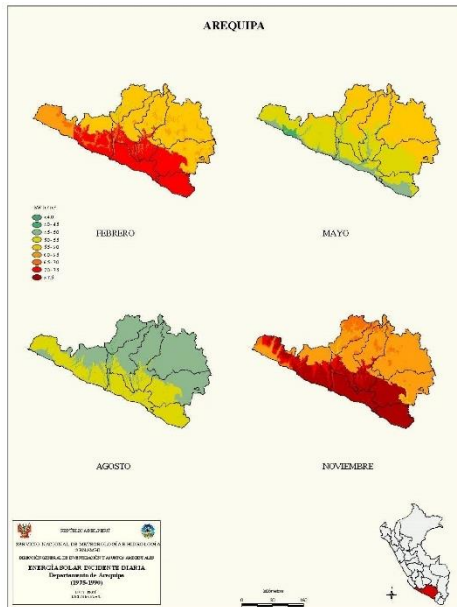
1.5.2. Justificación económica

El Proyecto presenta una alternativa que genera ahorro la facturación mensual de luz del cliente, ya que reducirá el consumo de energía eléctrica proveniente del Sistema eléctrico Interconectado Nacional. Se tiene conocimiento que “el Perú tiene la segunda tarifa eléctrica más alta, de Latinoamérica y en los últimos años el valor de esta ha incrementado hasta en un 51%” (Medina, 2018). Otro beneficio es la no dependencia de una única fuente de energía eléctrica ya que “este negocio no está sometido a los vaivenes de los precios internacionales de los combustibles o a la carencia de lluvias que mueven las hidroeléctricas” (La República, 2018).

Por otra parte, en la ciudad de Arequipa se presenta una alta radiación, lo cual permite que un módulo fotovoltaico entregue mayor energía eléctrica que en otras localidades de menor radiación.

Figura 1. 1

Mapa de radiación de Arequipa



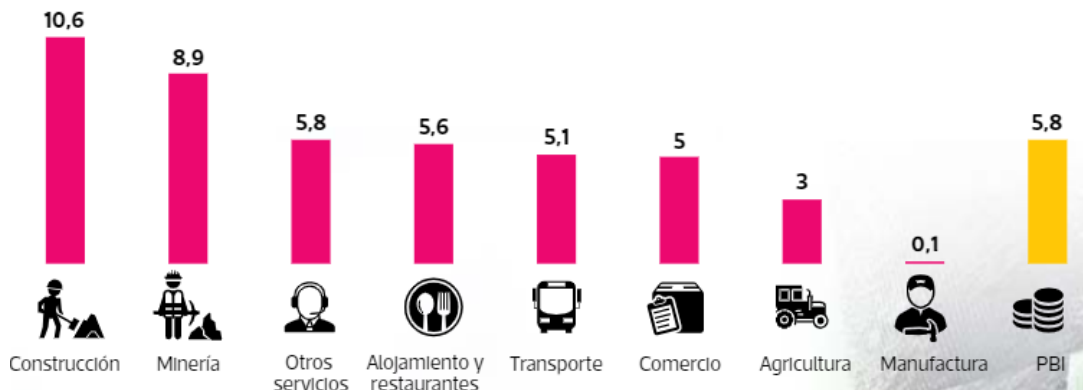
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMI (s.f.)

El uso de la energía solar no es ajeno para los pobladores de Arequipa quienes vienen utilizando paneles solares térmicos, denominados “termas solares”. Este es un buen argumento para considerar que existe oportunidad de colocar el producto del proyecto.

Es importante mencionar el crecimiento económico que viene teniendo Arequipa, la región es la segunda con mayor actividad económica, detrás de Lima (Instituto Peruano de Economía, 2019). En la Figura 1.2 se puede observar que el sector construcción, comercio y otros han tenido un crecimiento mayor al 5%, los cuales son sectores de estrecha relación con el presente proyecto.

Figura 1. 2

Crecimiento promedio anual PBI según sectores económicos 2007-2018%



Fuente: Instituto Peruano de Economía (2019)

Finalmente, las empresas comercializadoras de sistemas de energía solar han ido en aumento el país, se puede ver potencial de crecimiento el rubro; sin embargo, aún tienen una proporción de mercado incipiente.

1.5.3. Justificación social

El Perú se encuentra entre los países más vulnerables al impacto del cambio climático, de acuerdo con estudios, en el 2030 empezaremos a presentar escasez de hídrica, lo cual implicaría menor flujo de agua en las centrales hidroeléctricas, y por lo tanto, disminución de energía eléctrica generada. Es importante utilizar otras fuentes de energía que tengan menor impacto sobre los ecosistemas.

El uso de sistemas fotovoltaicos en los hogares contribuirá con el cuidado del medio ambiente ya que uno de sus beneficios es que permite reducir la presencia de CO₂ y otros gases de la atmósfera que contribuyen con el efecto invernadero ya que disminuye la presencia de contaminantes al momento de producir la energía, como, por ejemplo, el proceso de obtención de energía mediante hidrocarburos.

Finalmente, el proyecto beneficiará económicamente a sus grupos de interés entre ellos proveedores, inversionistas y empleados.

1.6. Hipótesis de trabajo

La instalación de una empresa que venda e instale sistemas fotovoltaicos es viable porque existe aumento de demanda de energía, especialmente la proveniente de fuentes renovables, además el proyecto es técnicamente viable puesto que la tecnología de módulos fotovoltaicos está en constante desarrollo y se han llevado a cabo con éxito proyectos similares en la región.

1.7. Marco referencial

- **Andia Cipriano, Miluska (2017). Estudio de factibilidad para una empresa ejecutora de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica para el sector industrial de Arequipa. Universidad Católica San Pablo, Arequipa.**

Resumen: En el estudio realizado se plantea la creación de una empresa que se dedique a ejecutar proyectos de instalación de sistemas fotovoltaicos para el uso industrial en la ciudad de Arequipa.

Similitudes, ambos trabajos toman a la ciudad de Arequipa como ciudad objetivo; asimismo, ambos trabajos tienen la oferta de valor de instalar módulos fotovoltaicos y sus componentes realizando un estudio previo para garantizar el mejor aprovechamiento de la energía solar. En adición, el trabajo realiza un estudio de mercado, el cual analiza la demanda y la oferta. También, se utilizan técnicas para determinar la localización del proyecto, se realiza la evaluación técnica y financiera para demostrar la hipótesis del trabajo.

Por otro lado, se presenta de manera preliminar el diagrama de operaciones del proceso de instalación de módulos fotovoltaicos y sus complementos para generar energía eléctrica.

Sin embargo, el estudio presenta diferencias respecto con el público objetivo, ya su público objetivo son empresas mientras que para el presente proyecto el público objetivo son hogares.

- **Cañizo, C. d., Coso, G. d., & Sinke, W. (2008). Crystalline silicon solar module technology: Towards the 1 € per watt-peak goal. Progress in Photovoltaics**

Resumen: en el trabajo se analiza el costo de manufactura de módulos solares, desde la materia prima hasta el producto terminado, considerando el costo de equipos, mano de obra, materiales, costos fijos y pérdidas. Además, se comparan la información obtenida con datos provistos por colaboradores del sector industrial europeo. Se busca una reducción en el costo de fabricación mediante la combinación del desarrollo de tecnología y la reducción de costos fijos gracias a economías de escala. El objetivo de dicha reducción de costo es alcanzar la paridad de red (grid parity), que se sitúa actualmente cerca de 1 €/Watt pico.

Por otro lado, en la referencia se tiene como objetivo demostrar ventaja en costos de un nuevo proceso de fabricación de módulos solares, con el fin de alcanzar la paridad de red (grid parity). El mercado objetivo se sitúa en Madrid, donde el desarrollo de la tecnología relacionada y el consumo energético distan de la realidad peruana. La referencia estudia solo el costo de producción, pero no realiza un estudio de mercado ni estudios adicionales sobre disposición de planta, factibilidad económica, financiera o social. En la referencia, se buscan reducir costos mediante el uso de tecnología de punta, mientras que en el estudio preliminar a desarrollar dicha reducción será producto del ensamblaje local y la reducción en costos de importación.

Este proyecto, brinda referencia del proceso de producción de los módulos fotovoltaicos, explicando sus componentes y proponiendo que el precio de los módulos seguirá con tendencia a la disminución.

- **Pozo Ortiz, L. M. (2010). Plan de negocios para el ensamblaje, instalación y distribución de paneles solares como método de energía alternativa para el Ecuador. Escuela Superior Politécnica del litoral, Guayaquil.**

Ambos estudios tienen como segmentación geográfica a las ciudades con mayor incidencia solar de su país correspondiente. Ambos consideran la organización estratégica de la empresa (definición de misión, visión, organigrama, etc.) como parte importante del estudio. Además de la fabricación de módulos solares, ambos trabajos desarrollan mecanismos y estrategias de comercialización y distribución del producto.

Sin embargo, la referencia no considera de manera técnica la localización o distribución de las instalaciones de la planta o la elección de la tecnología a emplear. La evaluación económica y financiera no es elemento vital del trabajo tomado como referencia.

1.8. Marco conceptual

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos que surgieron a finales del siglo XIX, creados por el inventor estadounidense Charles Fritts. Después de más de medio siglo de desarrollo, las celdas lograron eficiencias de conversión de energía considerables y en 1954 fue patentada la primera versión comercial, hecha a base de silicio.

El glosario de términos usado a lo largo del proyecto es el siguiente:

- **Celdas fotovoltaicas:** dispositivo que permite convertir energía luminosa en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Las versiones más comerciales están compuestas de silicio amorfo o cristalino.
- **Efecto fotoeléctrico:** generación de un flujo de electrones (corriente eléctrica) por un material al que se le incide radiación electromagnética (p.e. radiación solar).
- **Eficiencia de conversión:** porcentaje de conversión de la potencia luminosa y la potencia eléctrica de salida. Permite comparar el rendimiento entre las células solares.
- **Energía eléctrica:** forma de energía que resulta de la diferencia de potencial entre dos puntos, generada a partir de otra clase de energía como cinética, química, lumínica, etc. La unidad para esta magnitud en el Sistema Internacional es joule (J), pero se expresa comúnmente en KW-h o MW-h.
- **Energía renovable:** aquella energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotable, tales como la biomasa, geotermal, hidroeléctrica, mareomotriz, solar, eólica, etc.
- **Garantía de fabricación:** se refiere al tiempo en el que el producto puede ser cambiado ante algún defecto de fabricación.

- **Matriz energética:** es la representación cuantitativa de toda la energía disponible o generada en un determinado territorio, generalmente un país. El término Oferta Total de Energía Primaria (OTEP) se usa indistintamente por organizaciones como FAO y CEPAL.
- **Módulo fotovoltaico:** llamados también módulos o paneles solares, son dispositivos electrónicos que permiten convertir energía luminosa (e.g. radiación solar) en energía eléctrica. Entre sus componentes están las células o celdas fotovoltaicas, componentes aislantes y estructurales, y conexiones eléctricas.
- **Potencia eléctrica:** es la relación entre el paso de energía eléctrica por unidad de tiempo, expresada en KW o MW.
- **Potencia nominal:** es la potencia que entrega un dispositivo solar fotovoltaico a condiciones prueba estándar (STC, por sus siglas en inglés). Se suele expresar en unidades de Watt pico (Watt-peak o W_p).
- **Sistema fotovoltaico:** es el conjunto de elementos y accesorios que permiten la transformación de la energía solar en energía eléctrica, el almacenamiento y utilización posterior de la energía eléctrica. Los elementos principales son los módulos fotovoltaicos, el regulador o controlador, el acumulador de energía eléctrica (batería) opcionalmente, un inversor de corriente (Norma Técnica Peruana NTP 399.403, 2003).

CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO

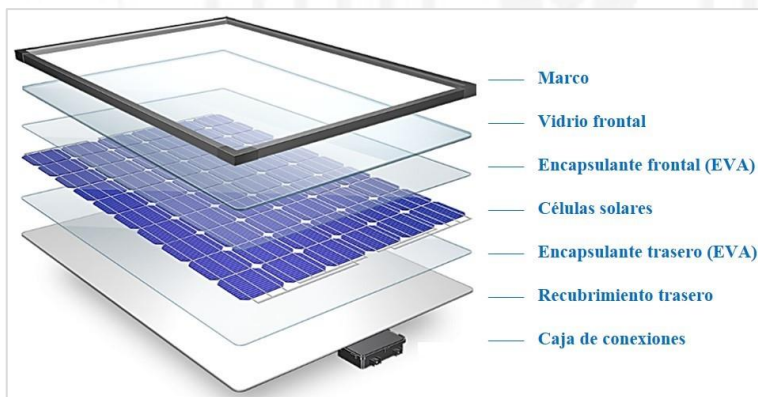
2.1. Aspectos generales del estudio de mercado

2.1.1. Definición comercial del producto

El producto del proyecto es un sistema fotovoltaico cuyo principal componente es el módulo fotovoltaico, también llamado panel solar fotovoltaico, el cual es un dispositivo electrónico que permite convertir energía luminosa en energía eléctrica. El elemento primordial del panel solar son las células o celdas fotovoltaicas que transforman la energía luminosa en energía eléctrica mediante el efecto fotoeléctrico. Así, el módulo resulta de la unión de un conjunto de células, que son ensambladas junto con una caja conexiones eléctricas, componentes aislantes y estructurales, como se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2. 1

Componentes de un módulo solar



Fuente: Mártil (2017)

Los módulos fotovoltaicos ofrecidos son de 270W, se venderán por unidad, es decir, el cliente compra un panel o más de uno dependiendo de la energía que requiera y el espacio que tenga para la instalación.:

Tabla 2. 1

Características de un módulo fotovoltaico

Tipo de módulo	Peso	Tamaño
270W	19 kg	1950x992 mm

Elaboración propia

Como se mencionó antes, el sistema fotovoltaico requiere de otros componentes, estos son: inversor o convertidor DC/AC con regulador de carga y acumuladores/baterías.

El proyecto contempla la instalación de los componentes del sistema fotovoltaico en la vivienda del cliente, para esto se debe dimensionar la energía que requiere el cliente, instalar el módulo teniendo en cuenta cuál es la localización y el ángulo de inclinación ideal para hacer más eficiente la conversión de energía.

Las principales ventajas del producto son:

- Ahorro en el recibo mensual de luz debido a que el cliente disminuirá su consumo de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).
- Obtención de energía a través de fuentes renovables de manera que permita reducir el impacto ambiental.
- El cliente no dependerá de una única fuente de energía eléctrica, es decir podrá tener una fuente de energía alterna en caso de cortes de luz.
- Componentes del sistema fotovoltaico que cumplan con estándares de calidad.
- El servicio incluye asesoramiento sobre el uso y cuidado del sistema fotovoltaico.
- Se realizará un estudio previo para determinar el número de módulos y las características de los accesorios que necesita el cliente de acuerdo con la cantidad de energía que espera obtener del sistema.
- Precios competitivos de acuerdo con el mercado en el que se desarrolla el producto.

- Servicio post-venta: se brindará a los clientes el servicio de mantenimiento gratuito en el año 1, además de garantía en los componentes del sistema.

Por otra parte, en otros países de la región como Chile y México sus regulaciones permiten que los usuarios que cuenten con sistemas fotovoltaicos puedan ingresar el excedente de energía eléctrica que tienen a la red pública de electricidad y reciban un pago por ésta. En el Perú a mediano plazo, podría darse una regulación similar, la cual traería beneficios para los hogares que usen paneles fotovoltaicos y tienen excedentes de energía.

En resumen, la definición del producto se recopila en producto básico o “la necesidad que se espera cubrir, producto real que son las características específicas del producto; y el producto aumentado, que son aquellos aspectos de diferenciación que establecerá el productor” (Díaz Garay y Noriega, 2018, pág. 234).

- Producto básico: instalación fotovoltaica cuyos componentes son paneles fotovoltaicos, inversor/regulador y acumuladores. El sistema permite convertir la energía solar en energía eléctrica utilizable para el hogar
- Producto real: el sistema fotovoltaico tiene paneles fotovoltaicos de 1950x992 mm, con una potencia nominal de 270 W, un inversor regulador y baterías gel. Además, el sistema será instalado en la vivienda del cliente.
- Producto aumentado: servicio de mantenimiento en el año 1 y garantía de los componentes del sistema fotovoltaico. Los productos del sistema son de proveedores con estándares de calidad. Asimismo, la instalación será brindada por técnicos capacitados.

2.1.2. Usos del producto, bienes sustitutos y complementarios

Uso y características del producto

Datos generales:

- CIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas): 4010 Generación, captación y distribución de energía eléctrica.

- Partida arancelaria: 8541.40.10.00: Células fotovoltaicas, aunque estén ensambladas en módulos o paneles.

De acuerdo con la información proporcionada por la Super Intendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), no se hallaron restricciones de inspección, ni para la salida e ingreso de mercancía.

Usos:

Los módulos fotovoltaicos son usados en el país para proveer energía eléctrica de uso residencial. Es decir, un módulo fotovoltaico puede ser utilizado para hacer funcionar los artefactos eléctricos como celulares, televisores, licuadoras, secadoras. Además, brinda energía a las luminarias de la vivienda.

Figura 2. 2

Paneles solares uso doméstico



Fuente: econoticias.com (2019)

Los paneles solares pueden suministrar de energía eléctrica a zonas rurales donde es difícil la instalación de infraestructura del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional. En estas localidades sirven a los pobladores para tener electricidad en viviendas, colegios y centros médicos. El gobierno peruano viene realizando varios proyectos de electrificación rural mediante licitaciones.

Figura 2. 3

Uso de paneles solares en zonas rurales



Fuente: Municipalidad Distrital Huaru-Quispicanchi (2018)

El desarrollo de parques solares es otro ámbito en el cual se incluye el uso de paneles solares. Estos parques suministran energía eléctrica al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). En los últimos años se han desarrollado proyectos de gran envergadura para el desarrollo de nuevas plantas solares, el más resaltante es la Planta Solar Rubí inaugurada en el 2018, la cual genera 180 MWp y según Andina (2018) la planta requiere de aproximadamente de 560 800 módulos fotovoltaicos de 320 W cada uno. Actualmente, el país tiene 9 parques solares ubicados en los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Figura 2. 4

Parque Solar Rubí



Fuente: Agencia Bloomberg (2018)

Los paneles solares permiten proveer agua potable a comunidades, esto “consiste en extraer o elevar agua de pozos o ríos cercano a la comunidad, y almacenarla en tanques, se les da tratamiento y se distribuye a la comunidad a través de la red de agua potable”(Congreso de la República, 2002).

Productos sustitutos

Se define como producto sustituto aquellos que pueden satisfacer las mismas necesidades de los consumidores (Hitesh, 2019). En este caso, la energía eléctrica suministrada por el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional de Perú cumple la misma función que el producto del proyecto, brindar energía eléctrica a los clientes.

Productos complementarios

El servicio de mantenimiento de la instalación del sistema fotovoltaico es considerado un sustituto, ya que se recomienda la gestión de mantenimiento del producto cada dos años. Además, se pueden ofrecer artículos de limpieza de los componentes del sistema.

2.1.3. Determinación del área geográfica que abarcará el estudio

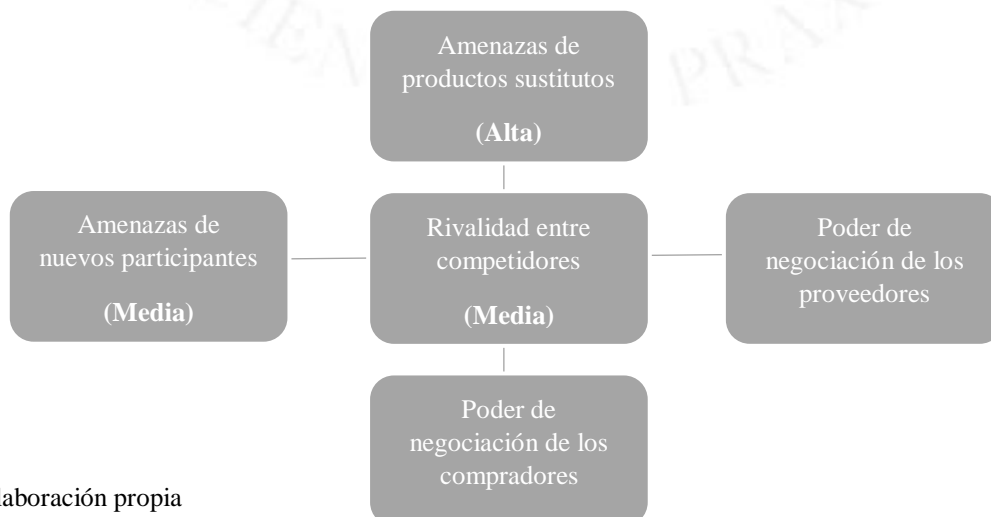
La investigación se limitará a la provincia de Arequipa, pues como se ha mencionado en los acápite previos, la región sur del país es donde se obtiene mayor rendimiento del sistema fotovoltaico debido a sus condiciones climáticas. Asimismo, la provincia de Arequipa es una de las regiones con mayor poder adquisitivo y desarrollo del país. Por otra parte, en dicha localidad se encuentran empresas dedicadas a la instalación de sistemas fotovoltaicos.

2.1.4. Análisis del sector industrial

El nivel de competencia dentro del sector de sistemas fotovoltaicos fue estudiado según el modelo de las 5 fuerzas de Porter, el cual permite esbozar que tan factible será obtener la rentabilidad deseada, y a la vez será de gran importancia al momento determinar la estrategia competitiva que adoptará la empresa.

Figura 2. 5

Análisis de las fuerzas del sector



Elaboración propia

- **Amenazas de nuevos participantes (media)**

La amenaza de nuevos participantes depende del tamaño de las barreras de entradas, entre ellas la economía de escala, barreras gubernamentales, el acceso a canales de distribución.

Se considera que la inversión inicial es una barrera de ingreso ya que se debe adquirir un terreno mediano que sirva para almacenar los componentes del sistema fotovoltaico, esto debido que los lotes de importación deben tener el tamaño adecuado para no encarecer los costos de importación. Asimismo, se requiere tener un punto de venta dónde atender al cliente. Por último, se requiere invertir en vehículos que permitan llevar los productos desde el almacén hasta la vivienda del usuario.

Respecto a las barreras gubernamentales, no se observan excesivas barreras del Gobierno Peruano ya que la comercialización de sistemas fotovoltaicos no tiene impuestos o solicitudes de permisos extraordinarios a la que necesitaría una empresa comercializadora de productos. El Gobierno peruano viene incentivando el uso de energía renovables, como en el Decreto Legislativo N°1221, Decreto Legislativo que Mejora la Regulación de la Distribución de Electricidad para Promover el Acceso a la Energía Eléctrica en el Perú, el cual menciona en el artículo N° 2:

Los usuarios del servicio público de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología, tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado

Cuando este Decreto se encuentre reglamentado, es posible que la demanda del producto aumente e incentivaría la creación de nuevas empresas en el rubro. A esto se añade que en los últimos años se viene observando una tendencia de crecimiento en la oferta de venta e instalación de sistemas fotovoltaicos.

Por las razones descritas, se considera el riesgo de ingreso de nuevos participantes como **medio**.

- **Poder de negociación de los compradores (media)**

De acuerdo con *The Five Forces*, Harvard Business School, los compradores con mayor poder pueden usar su influencia para obtener menores precios o capturar mayor valor al mismo precio. El poder de los compradores es mayor cuando estos son relativamente más grandes que los vendedores que los atienden. Para este proyecto los clientes no se encuentran unidos en asociaciones u organizaciones que influyan en el sector de venta e instalación de sistemas fotovoltaicos.

Además, *The five forces*, menciona que el poder de los compradores será mayor cuando el producto sea indiferenciado o el costo cambiar de empresa a otra que ofrece el producto sea pequeño. En el sector de este proyecto, los compradores pueden elegir entre las empresas que comercializan el producto en el mercado, las cuales ofrecen un producto con funciones iguales; sin embargo, se encuentran diferenciados por la calidad de los mismos.

Por otra parte, la venta de sistemas fotovoltaicos es relativamente nueva en Perú, aún no hay muchas empresas en el mercado, esto limita el poder de negociación de los compradores. Por las razones descritas anteriormente, se considera esta fuerza como **media**.

- **Poder de negociación de los proveedores (media)**

La industria productora de módulos fotovoltaicos se encuentra dominada por 10 compañías, las cuales juntas cubrieron el 70% del mercado mundial. Asimismo, estas empresas cuentan con estándares de calidad de mayor prestigio en comparación a las excluidas de Top 10.

Los lotes de compra para el presente proyecto son bajas en comparación de los grandes volúmenes que se asignan a otras empresas comercializadoras o para proyectos de parques solares. De este modo, si la empresa proveedora tienen otro proyecto, podría recortar las ventas que realiza o aumentar el precio.

Figura 2. 6

Top 10 proveedores de módulos solares 2018

#	Module Supplier	Y/Y
1	JinkoSolar	≡
2	JA Solar	↑
3	Trina Solar	↓
4	LONGi Solar	↑
5	Canadian Solar	↓
6	Hanwha Q-CELLS	↓
7	Risen Energy	↑
8	GCL-SI	↓
9	Talesun	↑
10	First Solar	↑

Fuente: Finlay (2019)

Sin embargo, existen proveedores más pequeños a los cuales se podría recurrir, lo que genera que no exista dependencia de un solo proveedor.

Por otra parte, las empresas productoras de módulos fotovoltaicos tienen gran capacidad de producción y su rubro es altamente especializado. Están localizadas en Asia, Europa o Norteamérica por lo que a mediano plazo no existe amenaza que de integración hacia adelante en el país.

Debido a lo expuesto, el poder de negociación de proveedores es considerado **medio**.

- **Amenaza de productos sustitutos (alta)**

La función del producto es brindar energía eléctrica a los usuarios, por lo que existen varios sustitutos para cubrir la necesidad; además, el uso de energía solar requiere de mayor inversión inicial que otras fuentes de energía. El mayor sustituto es la energía eléctrica que proporciona la empresa distribuidora de electricidad en Arequipa SEAL, la cual tiene la mayor participación en el mercado de energía eléctrica. Por esta razón, se considera la amenaza de los sustitutos como **alta**.

- **Rivalidad entre competidores (media)**

De acuerdo con The Five Forces, Harvard Business School, la rivalidad de los competidores puede ser especialmente fuerte si los competidores son numerosos, la industria crece lento, las barreras de salida son altas, entre otros. En el sector de este proyecto, el mercado se encuentra en crecimiento así como las empresas que lo integran.

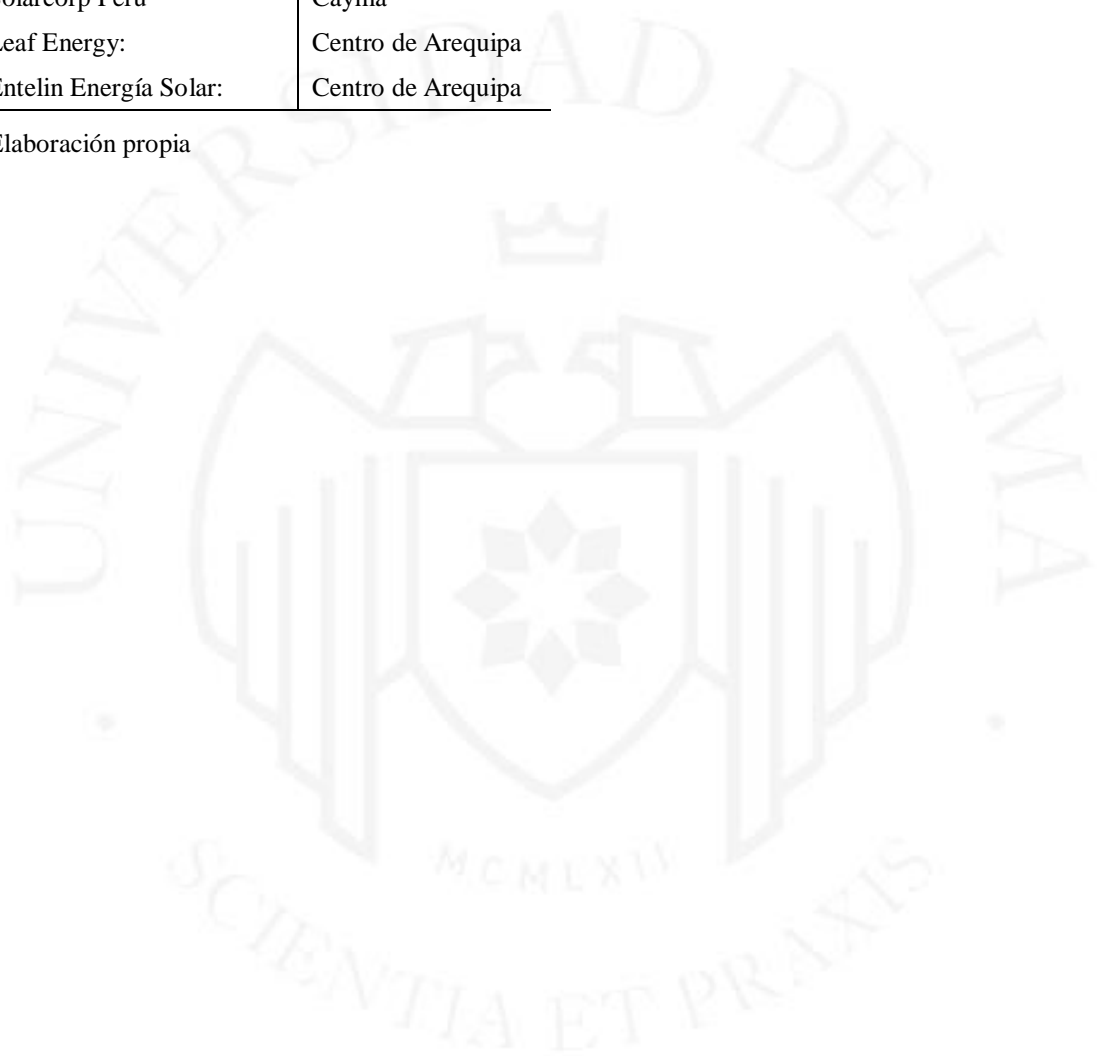
No se considera que exista un grado de rivalidad alto entre los mismos entonces la rivalidad entre competidores es considerada **media**.

Tabla 2. 2

Comercializadoras de paneles fotovoltaicos

Empresa	Localización
Lider SAC	Centro de Arequipa
Energía Innovadora S.A.C	Centro de Arequipa
Solarcorp Perú	Cayma
Leaf Energy:	Centro de Arequipa
Entelin Energía Solar:	Centro de Arequipa

Elaboración propia



2.1.5. Modelo de Negocios

Tabla 2. 3

Modelo de negocios

<p>Aliados Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proveedores confiables de componentes del sistema fotovoltaico. - Cooperación entre competidores para poder abastecer proyectos de gran envergadura. 	<p>Actividades Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> - Control de calidad. - Marketing y captación de clientes. - Logística de entrada y de salida. - Operaciones para la instalación del sistema. 	<p>Propuesta de Valor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se ofrece productos que cumplan con estándares de calidad. - Se ofrece servicio de diseño e instalación de sistemas fotovoltaicos. - Se propone una alternativa de energía renovable que permite contribuir con el medio ambiente. - Se ofrece un sistema que permite no depender de una fuente de energía eléctrica. - Se ofrece un año de garantía y servicio de mantenimiento al finalizar el primer año. 	<p>Relaciones con los Clientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los clientes recibirán atención personalizada pues se atenderá cada necesidad específica. - Atención eficaz y amable. 	<p>Segmentos de Clientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los clientes son los hogares urbanos de la Provincia de Arequipa - NSE: A-B - Sector urbano
	<p>Recursos Clave</p> <ul style="list-style-type: none"> - Físico: Maquinaria y herramienta especializada, productos de calidad. - Humanos: Trabajadores capacitados en instalación de sistemas fotovoltaicos. - Financiamiento: Aportes de capital. 		<p>Canales de Distribución</p> <ul style="list-style-type: none"> - Canal de comunicación: directo (punto de venta. Teléfono); digital (página web, redes sociales).. - La distribución se hará por vía terrestre. 	
<p>Estructura de Costos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costos fijos: servicios (luz, telefonía, agua), remuneración de colaboradores. - Costos variables: Costo componentes del sistema fotovoltaico, costo de materiales para la instalación, costo de distribución e instalación, costo de garantía de productos. - Otros costos: Costos por depreciación, Costo por financiamiento. 			<p>Flujo de Ingresos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ingresos provenientes de ventas que se realizarán vía transferencia bancaria y con medio de pago de tarjeta. 	

Elaboración propia

2.2. Metodología a emplear en la investigación de mercado

Para realizar la presente investigación de mercado se usaron las siguientes fuentes de información:

- Fuente primaria: se realizará una encuesta para poder analizar la demanda. Además, se recopilará mediante entrevistas a especialistas en los temas a tratar.
- Fuente secundaria: se obtendrá información a través de estudios realizados como tesis, informes, libros. También se utilizará estadísticas, encuestas, entrevistas realizadas por expertos. Asimismo, los organismos referentes en temas de energía en el país son fuente de consulta de información, en este caso: OSINERGMIN, el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional y Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas. Respecto a la data de importaciones y exportaciones se usará el portal Veritrade.
- Fuente terciaria: Comprende tesis web y recursos electrónicos de la universidad de Lima y otras universidades, información de diarios electrónicos y páginas web de fuente válida.

Además, para el estudio de mercado se emplearán las siguientes herramientas:

- Determinación de demanda potencial: se aplicará una encuesta con muestro no probabilístico para la determinación de la demanda.
- Análisis del sector: es importante entender el entorno donde se desarrolla el servicio pues este influirá en el desarrollo del proyecto. Por eso, se usará el análisis de las fuerzas de Porter.

2.3. Demanda potencial

2.3.1. Patrones de consumo

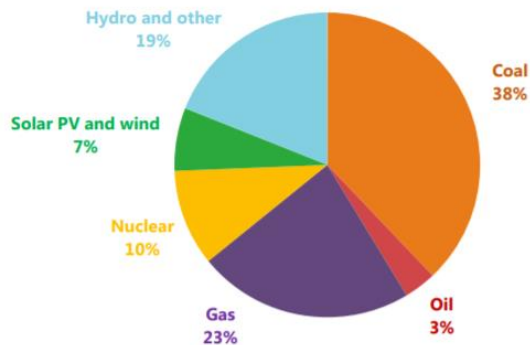
Existen dos factores claves para la estimación de la demanda potencial de la energía solar fotovoltaica: el crecimiento de la demanda de energía eléctrica y tendencia del uso de energía renovables.

De acuerdo con el International Energy Agency, *Global Energy & CO2 Status Report* (2019), “la demanda mundial de electricidad en 2018 aumentó en un 4%, o 900

TWh, creciendo casi el doble de rápido que la demanda general de energía. Este fue también el aumento más rápido desde 2010”. De igual manera, el informe indica que el aumento de la demanda de electricidad responde en parte al cambio climático que llevo que se necesite mayor sistema de aire acondicionado y calefacción.

Figura 2. 7

Mix de generación de electricidad en el 2018



Fuente: International Energy Agency (2019)

Por otra parte, de acuerdo con International Energy Agency (2019) en el 2018 las energías renovables aumentaron 4% siendo el mayor porcentaje de crecimiento el de la generación de electricidad a través de energías renovables. Asimismo, la energía fotovoltaica creció un 31% en el 2018 respecto con el 2017. Se puede ver una tendencia mundial de aumento de la participación de las energías renovables en la matriz energética de cada país como medida para detener el calentamiento global.

Países industrializados como Estados Unidos han realizado esfuerzos por promover el uso de energías renovables, de acuerdo con el informe *La Industria de la Energía Renovable en el Perú* de Osinergmin, este país viene otorgando “fondos para financiar programas de investigación y desarrollo en RER”; además, algunos de sus estados “han establecido una cuota de abastecimiento de electricidad generar con RER”, por ejemplo en el estado de Illinois “el 25% de la electricidad debe provenir de fuentes renovables sin incluir la hidroeléctrica.

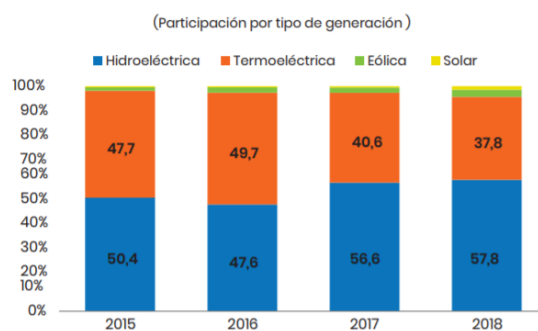
En Sur América, Chile es el país de Latinoamérica líder en uso de la energía solar, lo cual se ha dado debido al fuerte respaldo de Estado Chileno; además, la región de Atacama es una de las regiones con mayor radiación del mundo. Para tener como referencia, de acuerdo con O’Ryan (2019), a fines del 2019, “55 nuevas centrales

fotovoltaicas comenzarán sus operaciones en el país” y se espera que “la producción de energía fotovoltaica ocupe el tercer lugar en la matriz energética chilena con un 9.4% de participación” a fines de este año.

Para ser más específicos a cerca de la realidad nacional, de acuerdo con Apoyo & Asociados (2019) “la demanda de energía ha venido creciendo de forma importante en los últimos años, con una tasa promedio anual de 4.3% en el último quinquenio, producto de la mayor actividad minera y manufacturera”. Asimismo, la mayor proporción de la Matriz Energética Eléctrica Peruana proviene de la energía hidroeléctrica, seguida por la energía termoeléctrica, las energías renovables no convencionales (eólica, solar) aún tiene una proporción muy pequeña de la matriz.

Figura 2. 8

Evolución de la Matriz de Energía Eléctrica (en millones de USD)



Nota: La figura fue elaborada con información proporcionada por el COES.
Fuente: Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial, IEDEP (2019)

Por otra parte, la energía solar puede ser aprovechada mediante los calentadores solares que se utilizan para calentar un fluido sin necesidad de combustibles, el caldero solar se diferencia del módulo fotovoltaico ya que el primero no se utiliza para generar energía eléctrica, “estos se utilizan de manera creciente en algunas ciudades del sur y del norte, como Arequipa, Puno y Cajamarca. Se estima que en el país existen de 65.000 a 70.000 termas solares, mayormente en la ciudad de Arequipa” (Gutierrez Ramos, 2018). Es decir, Arequipa viene desarrollando “Cultura Solar”.

Figura 2. 9

Cultura de termas solares en Arequipa



Fuente: Asociación Peruana de Energía Solar y del ambiente (2017)

Algunas empresas que venden módulos fotovoltaicos en Arequipa también venden calentadores solares, los cuales se pueden encontrar en de tiendas productos para el hogar como Sodimac y Maestro Home Center.

Figura 2. 10

Calentador solar



Fuente: Ecotodo (2019)

2.3.2. Determinación de la demanda potencial según patrones de consumo similares

La determinación de la demanda potencial considera el número máximo de instalaciones que se podrían realizar de acuerdo con el público objetivo.

El cálculo de la demanda potencial, en función del número de instalaciones de sistemas fotovoltaicos, se realizó con el número de casas urbanas del sector AB en la

provincia de Arequipa. En el año 2019, la demanda potencial es de **61.096 instalaciones fotovoltaicas**.

Tabla 2. 4

Demanda potencial Arequipa

Año	N° casas departamento de Arequipa	% casas urbanas provincia de Arequipa	% NSE	Demanda potencial Instalaciones S.F.
2019	624.982	61,1%	16,0%	61.096

Elaboración propia

2.4. Determinación de la demanda de mercado en base a fuentes secundarias

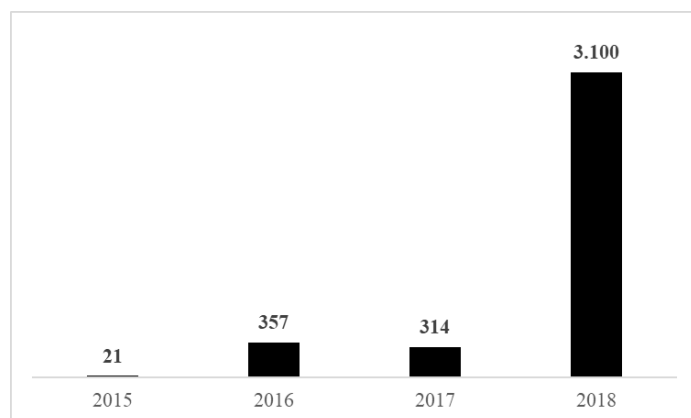
2.4.1. Demanda del proyecto en base a data histórica

2.4.1.1. Demanda Interna Aparente Histórica

Puesto que los módulos fotovoltaicos no son fabricados en Perú, no se existe producción o exportaciones, lo que reduce la Demanda Interna Aparente (DIA) a sólo las importaciones de paneles solares de 270 W a nivel nacional.

Figura 2. 11

Demanda Interna Aparente paneles de 270 W



Fuente: Veritrade (2019)
Elaboración propia

2.4.1.2. Proyección de la demanda

Debido a que no hay registros que indiquen que porcentaje del DIA pertenece al sector residencial o a la provincia de Arequipa, la proyección de la demanda se realizará en función del número de casas del público objetivo y el resultado que emitan las encuestas.

2.4.1.3. Definición del mercado objetivo según criterios de segmentación

El primer criterio de segmentación es el geográfico, provincia de Arequipa. El segundo criterio, es el nivel socioeconómico, en este caso nivel AB, ya que en estos niveles se encuentran personas con poder adquisitivo para comprar el sistema fotovoltaico.

2.4.1.4. Diseño y Aplicación de Encuestas

La encuesta se diseñó para casas de Arequipa, siendo la unidad de muestreo una persona que es considerada jefe de familia, ya que de ellos dependerá la decisión de compra. Debido a que los paneles de uso residencial se instalaran en casas, se excluyeron los departamentos, ya que no disponen de superficie para instalar los sistemas fotovoltaicos.

Se desea conocer edad, el distrito de residencia, y principalmente, el rango de consumo de energía eléctrica mensual. Además, lograr identificar la afinidad del encuestado con el cuidado del medio ambiente y el uso de energías renovables. También, su conocimiento respecto al uso de energía solar, así como su intención e intensidad de compra del sistema fotovoltaico.

Se determinó el número de casas urbanas con la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018), el número de viviendas en el departamento de Arequipa ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual de 5,1% desde el Censo Nacional del 2007 al Censo Nacional del 2017.

Tabla 2. 5

Número de viviendas departamento de Arequipa

Año	Tasa de crecimiento promedio anual	Número de viviendas departamento de Arequipa
2014	5,1%	487.365
2015	5,1%	512.220
2016	5,1%	538.343
2017	5,1%	565.799
2018	5,1%	594.655
2019	5,1%	624.982
2020	5,1%	656.856
2021	5,1%	690.356
2022	5,1%	725.564
2023	5,1%	762.568
2024	5,1%	801.459

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018)
Elaboración propia

Asimismo, el Censo Nacional 2017 brindó información para calcular la proporción de casas urbanas en la provincia de Arequipa con respecto al total de viviendas en el departamento de Arequipa dando un 61,1%. Por otra parte, de acuerdo con la Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados (APEIN) (2018) el nivel socioeconómico de Arequipa es de 16% A-B rural. Teniendo referencia de esta data se calculó el número de casas urbanas de NSE AB.

Tabla 2. 6

Número de casas público objetivo

Año	Número de viviendas departamento de Arequipa	% de casas urbanas	% NSE	Número de casas público objetivo
2018	594.655	61,1%	16,0%	58.132
2019	624.982	61,1%	16,0%	61.096
2020	656.856	61,1%	16,0%	64.212
2021	690.356	61,1%	16,0%	67.487
2022	725.564	61,1%	16,0%	70.929
2023	762.568	61,1%	16,0%	74.546
2024	801.459	61,1%	16,0%	78.348

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018)

Elaboración propia

Con esta información, se logró calcular el total del público objetivo en el 2018, siendo de 58.132.

Para determinar el tamaño de la muestra, la fórmula utilizada fue la siguiente:

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

Los parámetros para determinar el tamaño de muestra fueron los siguientes:

Tabla 2. 7

Parámetros para muestreo

Parámetro	Valor utilizado
N	58,132
P	0,5
Q	0,5
E	5%
Z	1,96

Elaboración propia

El tamaño de muestra que resulto del cálculo fue **381 hogares**.

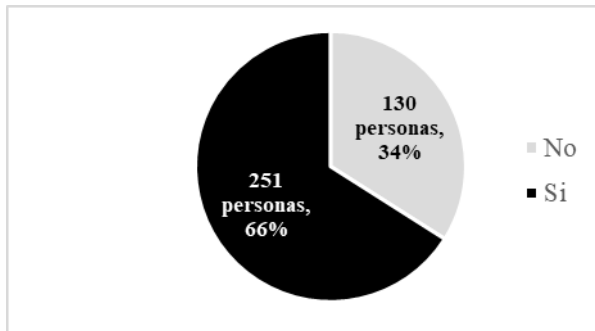
2.4.1.5. Resultados de la encuesta

El cuestionario de la encuesta se detalla en el **Anexo 1**, mientras que las primeras respuestas se muestran en el **Anexo 2**.

La pregunta: “¿Estaría dispuesto a instalar un sistema solar en su domicilio?” fue realizada para saber la aceptación del producto, en este caso dio 65,88%.

Figura 2. 12

¿Estaría dispuesto a instalar un sistema solar en su domicilio?



Nota: Total de encuestados (381)

Elaboración propia

En la encuesta se preguntó el ticket promedio de pago en un recibo de luz, esto se realizó para determinar el número de paneles fotovoltaicos necesarios para un cliente. Se consideró solo a las personas que respondieron afirmativamente a la pregunta de aceptación del producto. El 80% de los encuestados tiene un promedio de pago de luz entre S/ 100 a S/ 200.

Tabla 2. 8

¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual?

Rangos de precios	Número de encuestados	% del total
Entre S/100-S/150	232	61%
Entre S/150-S/200	72	19%
Menos de S/100	76	20%
Total	381	100%

Elaboración propia

La aceptación del producto es 65.88% entre los encuestados dando un total de 251 personas y la intensidad de compra en promedio es 6,47.

Tabla 2. 9

Intensidad de compra

Del 1 al 10 ¿Qué tan dispuesto estaría a instalar el sistema?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
N° de encuestados	1	5	10	18	30	58	63	34	21	11	6,47

Elaboración propia

2.4.1.6. Determinación de la demanda del proyecto

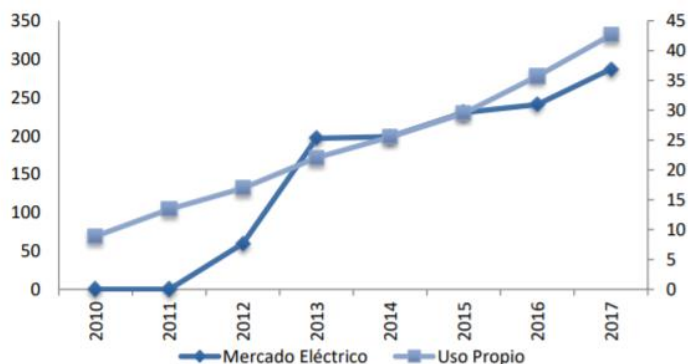
Primero, se determinó el número de casas urbanas de acuerdo con la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018), el número de viviendas en el departamento de Arequipa ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual de 5,1% desde el Censo Nacional del 2007 al Censo Nacional del 2017. Con esta información se proyectó el número de viviendas hasta el año 6 del proyecto (2024). Es importante mencionar que viviendas incluye casas, edificios, vivienda en quinta, entre otros.

De la encuesta se obtuvo 65,88% de aceptación del producto y 64,68% de intensidad de compra. Un aspecto importante para considerar es la frecuencia de compra debido a que el sistema fotovoltaico tiene una duración de 20 años aproximadamente. En ese caso, los hogares que compran un sistema no volverán a comprar otro hasta en 20 años. En ese caso, después del año 1 se deberá considerar solo los nuevos sistemas demandados. Sin embargo, no se puede partir de la suposición que todos los sistemas serán vendidos en el año 1.

De acuerdo con el Ministerio de Energía y minas, en el Balance de Energía 2017, la evolución de energía fotovoltaica destinada al uso propio ha tenido un crecimiento positivo de aproximadamente 15% en el 2017 con respecto al 2016, y como se observa en la Figura 2.13 mantiene una tasa de crecimiento similar en los años pasados.

Figura 2. 13

Evolución de la energía fotovoltaica (GWh)



Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2019)

Para fines del presente análisis se partió de la premisa que la demanda será cubierta en los 6 años de vida del proyecto, entonces se dividió el número de casas del mercado objetivo de cada año entre 6 y se le aplicó la tasa de crecimiento del 15%. El resultado fue la demanda anual del mercado objetivo.

Tabla 2. 10

Demanda anual del mercado objetivo

Año	N° casas público objetivo	Aceptación	Intensidad de compra	N° casas público objetivo * encuesta	Frecuencia de compra	% crecimiento del mercado	Demanda anual
2019	61.096	65,88%	64,68%	26.032	0,17		4.339
2020	64.212	65,88%	64,68%	27.359	0,17	15%	5.244
2021	67.487	65,88%	64,68%	28.755	0,17	15%	5.511
2022	70.929	65,88%	64,68%	30.221	0,17	15%	5.793
2023	74.546	65,88%	64,68%	31.762	0,17	15%	6.088
2024	78.348	65,88%	64,68%	33.382	0,17	15%	6.408

Elaboración propia

La determinación de la demanda del proyecto para casa residenciales se decidió en función al porcentaje de participación de mercado que se espera conseguir. Esto se realizó calculando un promedio de participación entre las empresas que se encuentran actualmente en el mercado y tienen una participación media, dando un 11,5%. Asimismo, se espera que la participación aumente con razón de 0,25% por año con las acciones de marketing. Para finalizar, en una casa se instalará un sistema fotovoltaico por lo que la demanda se expresa en número de instalaciones.

Tabla 2. 11

Demanda anual del mercado objetivo

Año	Demanda anual	Participación de mercado	Demanda del proyecto en número de casas	Demanda del proyecto en instalaciones
2019	4.339	11,50%	499	499
2020	5.244	11,75%	616	616
2021	5.511	12,00%	661	661
2022	5.793	12,25%	710	710
2023	6.088	12,50%	761	761
2024	6.408	12,75%	817	817

Elaboración propia

2.5. Análisis de la oferta

2.5.1.1. Empresas productoras, importadoras y comercializadoras

El modelo de negocios de las empresas en Arequipa es importar, comercializar e instalar los componentes del sistema fotovoltaico. Seguidamente, se presenta una descripción de las empresas con razón social en Arequipa:

- **Energía Innovadora S.A.C:** de acuerdo con la página web de la empresa, ésta fue fundada en el 2003, se dedica a comercializar productor para proyectos de bombeo de agua con energía solar, aprovechamiento de energía eólica, iluminación e instalaciones de módulos fotovoltaicos. Asimismo, en el 2011 ganó el premio Presidente de la República a la MYPE 2011.
- **Solarcorp Perú:** empresa dedicada a la comercialización e instalación de paneles solares. Asimismo, ofrece la opción de alquilar el sistema fotovoltaico por el tiempo que requiera el cliente. Solo cuenta con panales de 240 W y 320 W de potencia.
- **Geoenergía:** empresa dedicada a la comercialización de paneles fotovoltaicos, termas solares, otros equipos de energía renovable (hornos solares, cocinas solares).
- **Enever:** en el sitio web de la empresa, se hace mención a que venden, instalan y dan servicio de mantenimiento a las instalaciones solares. Asimismo, se encuentran presentes en todas las redes sociales.

Por otra parte, existen empresas con razón social en Lima u otros departamentos que también realizan venta de sistemas fotovoltaicos en Arequipa, entre ellas:

- Leaf Energy: empresa dedicada a la comercialización e instalación de paneles solares para proyectos privados; además son proveedores para proyectos de licitaciones con el Estado. Es importante mencionar que en su página web presentan los productos con el detalle de que electrodomésticos y luminarias pueden ser alimentadas con la potencia que decide instalar. Finalmente, consideran como valor agregado el haber visitado a sus proveedores.

Figura 2. 14.

“Kit Solar Leaf Energy”



Fuente: Leaf Energy (2019)

- Autosolar: esta empresa es de origen español, tiene fuerte presencia en internet debido a la inversión en Google Adwords. En ese sentido, su página web es completa y constantemente brinda contenido para informar hacer de noticias de energía solar o compartir información de cada componente que vende. Asimismo, sus precios son más elevados respecto a sus competidores.
- Liders SAC: en la página web de la empresa, ésta se fundó en el 2011 dedicada a la venta e instalación a nivel nacional de termas solares y panales fotovoltaicos. Asimismo, el sitio de internet de Liders SAC mencionan tener capacidad para instalar 100 módulos fotovoltaicos en 24 horas. Asimismo, de acuerdo con Líder SAC (2019) la empresa ha importado autos y motos eléctricos.

2.5.1.2. Participación de mercado de los competidores actuales

Este mercado es relativamente nuevo por esta razón, no existe información de la participación de mercado de empresas por parte de instituciones del estado o compañías dedicadas a realizar estudios de mercado.

La única fuente de referencia es un estudio de prefactibilidad realizado en la ciudad de Arequipa que indica “entre de las empresas que cuentan con una mayor participación de mercado es la empresa Entelin S.A.C., que tiene su sede principal en la ciudad de Lima y ejecuta proyectos a nivel nacional” (Andia Cipriano, 2017, pág. 65). Es importante mencionar que esta información fue realizada en base a los proyectos ejecutados en todos los sectores.

Tabla 2. 12

Participación de mercado de competidores actuales

Empresa	Participación de mercado
Entelin Energía S.A.C	28,40%
Leaf Energy S.A.C	18,20%
Solarcorp Perú S.A.C.	12,80%
Liders S.A.C.	8,50%
Energía Innovadora S.A.C.	6,68%
Enngie Energía Perú S.A.C.	3,46%
Edegel S.A.A.	2,46%
Otras empresas	19,50%

Fuente: Andia Cipriano (2017) con base proporcionada por Entelin Energía S.A.C
Elaboración propia

2.6. Definición de la Estrategia de Comercialización

2.6.1. Políticas de comercialización y distribución

Se tendrá un canal de distribución directo, por lo que el producto será entregado directamente al cliente, no se contará con distribuidores intermedios. Se dispondrá de un almacén y centro de distribución ubicado en la ciudad de Arequipa, que mantendrá un inventario de seguridad que permita satisfacer la demanda en el menor plazo posible. Por otra parte, el transporte se realizará empleando una camioneta propia.

2.6.2. Publicidad y promoción

El producto será publicitado a través de catálogos especializados, internet, teléfono y en eventos del sector energético. Además, se tendrá una estrategia de marketing directo, por lo que representantes la fuerza de ventas de la empresa estará siempre buscando alianzas con empresas que promuevan el uso de energía renovables y promocionen el uso de los paneles solares de este proyecto. Por otra parte, se realizará un catálogo de los productos que ofrece la empresa el cual tendrá una versión digital (en la página web) y versión física.

La página web de la empresa publicará reportes relevantes acerca de tendencias energías renovables de manera que la misma sea visitada también por ser fuente de información y permita dar a conocer a la empresa. En ese sentido, se pagará publicidad de Google para que al momento que las personas ingresen palabras como “venta de módulos fotovoltaicos Arequipa” o “venta de paneles solares Arequipa” la página web de la empresa aparezca en la primera página de búsqueda.

Se ve la necesidad de tener un espacio dónde el cliente pueda solicitar información acerca del producto, la instalación y el servicio, por este motivo se contará con un punto de venta en un lugar central de Arequipa, accesible a los clientes.

2.6.3. Análisis de precios

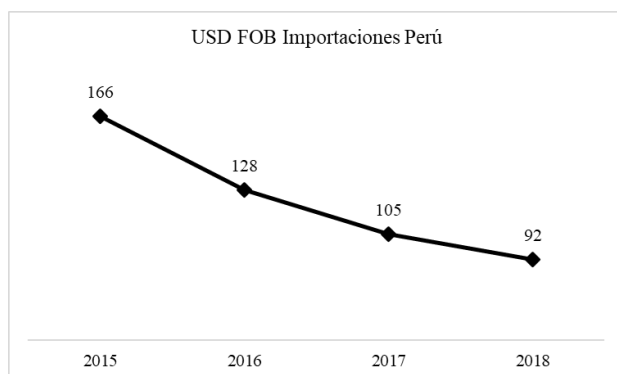
2.6.3.1. Tendencia histórica de los precios

Los precios de los módulos fotovoltaicos han tendido una fuerte disminución en los últimos años. De acuerdo con BloombergNEF (2019), los precios de los módulos fotovoltaicos han tenido una disminución de 85% desde el 2010” hasta el 2018. Asimismo, se espera “otro descenso del 34% desde hoy hasta 2030 a medida que los fabricantes encuentren más eficiencias en toda la cadena de producción.

En ese sentido, este decrecimiento se puede observar en los precios FOB de las importaciones de paneles fotovoltaicos de 270 W en los últimos 5 años.

Figura 2. 15

Tendencia histórica de precios de módulos fotovoltaicos



Fuente: Veritade (2019)
Elaboración propia

2.6.3.2. Precios actuales

En la presente sección, se muestran los precios de las empresas que venden e instalan sistemas fotovoltaicos, el costo está desglosado por componente del sistema fotovoltaico.

El precio total incluye los siguientes:

- 2 paneles solares de 270 W
- 2 baterías gel 100 Ah 12 V
- 1 inversor regulador 2,400 W
- Instalación (accesorios, estructura de soporte)

Tabla 2. 13

Precio de empresas competidoras (S/)

Empresa	Panel 270 W	Inversor/ Regulador	Baterías Gel	Precio total con instalación inc IGV
Solarcorp	435,50	1.969	493,77	4.700,00
Leaf Energy	525,00	1.600	518,00	4.686,00
Liders S.A.C	520,00	2.300	750,00	5.540,00

Fuente: Solarcorp; Leaf Energy; Liders S.A.C. (s.f.)
Elaboración propia

2.6.3.3. Estrategia de precio

La demanda de paneles fotovoltaicos se considera elástica, pues existen fuentes de energía tradicional que representan un fuerte sustituto. Si analizamos solo dentro del mercado de paneles solares, la estrategia para fijar el mismo estaría fuertemente determinado por la competencia.

Se fijará el precio haciendo un análisis comparativo del mercado, y la vez teniendo en cuenta la rentabilidad que se espera ganar en el proyecto. Por esta razón, la decisión del precio es de S/4.900 inc IGV, ya que utiliza componentes de gran reputación en el mercado. Asimismo, la estructura de soporte es de aluminio anodizado, y el traslado es costado por la empresa.

CAPITULO III: LOCALIZACIÓN DE PLANTA

3.1. Identificación y análisis detallado de los factores de localización

Para determinar la localización más adecuada del proyecto se tomaron en cuenta los factores que representan los costos más relevantes con el fin de minimizarlos y maximizar la rentabilidad. En ese sentido, priman criterios relacionados a la proximidad de los recursos, la existencia de parques industriales y la disponibilidad de mano de obra.

Factores de macro localización

a) Proximidad a la materia prima

Los componentes del sistema fotovoltaico serán importados por vía marítima, en ese sentido, se ve la necesidad de localizar la planta cerca a los puertos internacionales de la costa peruana, siendo los principales los puertos del Callao (Lima), Paita (Piura), Salaverry (La Libertad), Chimbote (Áncash), San Martín (Ica), Matarani (Arequipa) e Ilo (Moquegua). Además, estar ceca a la materia prima disminuye los tiempos de transporte y menores tiempos de reposición (lead times).

b) Proximidad al mercado objetivo

Considerando que el mercado objetivo es la ciudad de Arequipa, ubicada en el departamento de Arequipa, las alternativas que se encuentren más próximas a ellas obtendrán puntuaciones más altas. Una menor distancia entre la planta y el mercado objetivo significaría menores costos de transporte y menores tiempos de entrega al cliente.

c) Existencia de parques industriales

Los parques industriales son zonas reservadas para la realización de actividades productivas de tipo industrial; dotadas de equipos, servicios comunes y públicos necesarios para el desarrollo adecuado de dichas actividades, su presencia en un departamento, región o distrito son un claro indicador del atractivo de la zona para la instalación de una planta nueva.

d) Clima

A pesar de que las condiciones de operación de la empresa no se verán afectadas significativamente por el clima, puesto que las actividades se realizarán al interior de una planta, el sistema fotovoltaico producirá más energía eléctrica si la localidad escogida presenta más radiación solar. Por esta razón, el factor clima implica mayor público dispuesto a comprar el producto.

Factores de micro localización

a) Infraestructura de servicio

Este factor está relacionado con los servicios de primera necesidad (luz y agua) con los que cuenta el distrito. Esto es importante debido a que se necesitan los servicios mencionados para que la planta pueda operar.

b) Acceso al transporte

Es un factor a tener en cuenta ya que permite facilitar el acceso a la planta y al mercado objetivo. Además, mientras más difícil sea la ruta de transporte más se encarecen los gastos de flete.

c) Costo de terreno

El costo del terreno representará una importante porción de la inversión inicial para el proyecto, por lo que su costo por m² es de especial relevancia en el análisis de localización. La alternativa con menor precio del terreno tendrá mayor puntuación que una de costo mayor.

d) Disponibilidad de mano de obra

Debido a que se requiere personal calificado en energía fotovoltaica, se debe considerar estar cerca de una zona mayor disponibilidad de mano de obra preparada para el puesto.

3.2. Identificación y descripción de las alternativas de localización

Para seleccionar las alternativas de macro localización entre todas las regiones presentes en Perú, se consideraron como criterios: la proximidad a la materia prima, la proximidad al mercado objetivo y la existencia de parques industriales y el clima.

a) Proximidad a la materia prima

En primer lugar, se seleccionaron los departamentos con los 5 principales puertos del Perú, es decir, Lima, Piura, La Libertad, Ica y Arequipa. De estos departamentos, los principales puertos de comercio internacional tienen el siguiente orden:

1. Puerto de El Callao: el más significativo del Perú, Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en su informe TOP 20 de Puertos de América Latina y Caribe (2019) en el año 2018. El Callao ocupó el sexto lugar dentro de los puertos más importantes de la región medidos conforme al movimiento de carga en contenedores al año.
2. Matarani: por su parte, Arequipa cuenta con el Puerto Internacional de Matarani, el segundo más grande después del Callao, y el puerto de Mollendo, ambos ubicados en la provincia de Islay, principalmente maneja carga a granel sólido como minerales, carbón, clinker, fertilizantes, entre otros.
3. Salaverry: en cuanto a La Libertad, este cuenta con el Puerto de Salaverry, tercero a nivel nacional, cuya movilización se constituye en un 94% de graneles sólidos, y registra 40 TEU¹ de movilización de contenedores. Asimismo, este puerto enfrenta actualmente problemas de arrendamiento, razón por la que su capacidad se ve disminuida.

Tabla 3. 1.

Top 5 principales puertos del Perú

Puerto	Departamento	Capacidad de transporte Marítimo (TEU)
Callao	Provincia constitucional del Callao	2.340.657
Matarani	Arequipa	22.192
Salaverry	La Libertad	40
Paíta	Piura	274.151
General San Martín	Pisco	12.000

Fuente: Desarrollo Peruano (2019)

Debido a que las importaciones de módulos fotovoltaicos principalmente ingresan por el puerto de El Callao, este alcanza la puntuación superior; seguido por el puerto de Matarani; y en el último lugar, el puerto de Salaverry.

¹ Un TEU o *Twenty-foot Equivalent Unit* es una unidad de medida de capacidad del flujo de transporte marítimo, que equivale a un contenedor normalizado de 20 x 8 x 8,5 pies³.

b) Proximidad al mercado objetivo

Dado que el mercado objetivo es la ciudad de Arequipa, el departamento del mismo nombre tiene ventaja indiscutible sobre los demás en cuanto a cercanía al mercado objetivo. Respecto a Lima y La Libertad, el transporte sería por vía terrestre pues representa menor costo de transporte y distancia que la marítima. Considerando la relación directa entre el costo del transporte y la distancia, Lima adquiere ventaja sobre la libertad.

Tabla 3. 2.

Distancia al mercado objetivo

Mercado objetivo	Posible localización (departamento)	Distancia (Km)
Ciudad de Arequipa	Lima	1.016
Ciudad de Arequipa	Arequipa	0
Ciudad de Arequipa	La Libertad	1.566

Nota: Se ha tomado como referencia las capitales de los departamentos que están en el presente análisis

Fuente: Google (s.f.)

Elaboración propia

c) Existencia de parques industriales

En este factor, Lima aventaja a las demás alternativas al ser la capital del país y la región en donde se encuentra la mayor concentración de parques industriales. Así, el departamento de Lima cuenta con ocho parques industriales bien establecidos, entre los que destacan el Parque Industrial Pachacutec en Ventanilla, Callao y los parques de Villa el Salvador, Ate y Huachipa, ubicados en la provincia de Lima (Ministerio de la Producción, 2015). Actualmente, existen proyectos para la creación de nuevos parques industriales en la zona sur y este de Lima.

En el caso de Arequipa, la localidad cuenta con 4 parques industriales, en La Libertad, el parque Industrial Trujillo aún se encuentra en etapa de ocupación.

Tabla 3. 3.

Número de parques industriales

Departamento	Nombre del parque industrial	Número de parques industriales
Lima	Parque Industrial Pachacutec	8
	Zona Industrial Ventanilla	
	Parque Industrial Huaycán	
	Parque Industrial Villa María del Triunfo	
	Parque Industrial Villa El Salvador	
	Parque Industrial El Asesor	
	Parque Industrial Las Infantas	
Parque Industrial Carabaylo		
Arequipa	Parque Industrial Arequipa	4
	Parque Industrial El Palomar	
	Parque Industrial APIMA	
	Parque Industrial Río Seco	
La Libertad	Parque Industrial La Esperanza	2
	Parque Industrial Trujillo (en ocupación)	

Fuente: Sociedad Nacional de Industrias (2019); Ministerio de Producción (2015)

Elaboración propia

d) Clima

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (MINEN), Arequipa presenta mayor índice de irradiancia respecto a las otras dos localidades evaluadas, por lo cual encabeza la calificación de este factor.

Tabla 3. 4

Índice de irradiancia

Departamento	Índice de irradiancia (kWh/m ²)
La Libertad	5 a 5,5
Lima	5,5 a 6,0
Arequipa	6,0 a 6,5

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMI (s.f.)

Elaboración propia

Tabla 3. 5

Tabla de enfrentamiento de factores de macrolocalización

Factores		a	b	c	d	Conteo	Ponderación
Proximidad a la materia prima	a	0	1	1		2	0,22
Proximidad al mercado objetivo	b	1	1	1		3	0,33
Existencia de parques industriales	c	0	1	0		1	0,11
Clima	d	1	1	1		3	0,33
Total						9	1,00

Elaboración propia

Aplicando los hallazgos de la tabla anterior junto con la escala de calificación de la Tabla 3.6 a las macrolocalizaciones tentativas (departamentos de Lima, Arequipa y La Libertad) se confecciono la Tabla 3.7; Ranking de factor para el análisis de macrolocalización que se muestra a continuación:

Tabla 3. 6

Puntajes de calificación

Descripción	Calificación
Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Malo	2
Muy malo	0

Elaboración propia

Tabla 3. 7

Ranking de factores para el análisis de macro localización

Factor	Ponderación	Lima		Arequipa		La liberad	
		Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
a	0,22	10	2,2	4	0,88	2	0,44
b	0,33	6	1,98	10	3,3	4	1,32
c	0,11	10	1,1	6	0,66	4	0,44
d	0,33	8	2,64	10	3,3	6	1,98
Total	1	Total	7,92	Total	8,14	Total	4,18

Elaboración propia

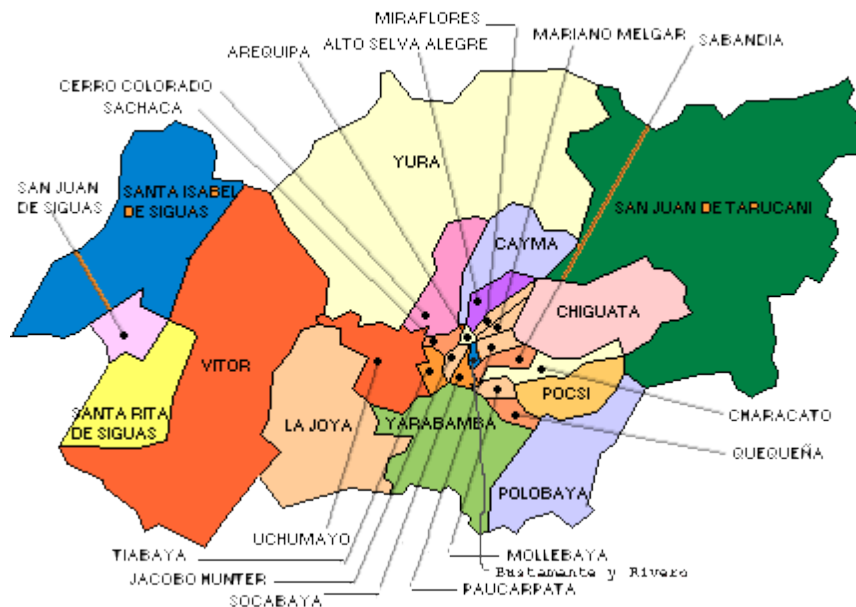
Como se hizo evidente durante el análisis, el **departamento de Arequipa** es el ganador del ranking, siendo el departamento elegido para la instalación de la planta de ensamble de sistemas fotovoltaicos.

3.3.2. Evaluación y selección de la micro localización

Después de escoger Arequipa, se procedió a hacer el análisis de micro localización, que tendrá un alcance de nivel distrital. Dentro de este departamento, se escogió Arequipa provincia. Asimismo, se eligieron los distritos en donde se encuentran los parques industriales de Arequipa o donde se espera la creación de los mismo, los cuales son: Distrito de Arequipa, Cerro Colorado, Yura, Miraflores, Paucarpata. Sin embargo, algunos de éstos están más alejados al área metropolitana de Arequipa, por lo cual se decidió solo evaluar los distritos más próximos al área.

Figura 3. 2

Mapa distritos de Arequipa



Fuente: Gerencia Regional de Salud Arequipa (s.f.)

Finalmente, los distritos a evaluar son Arequipa, Cerro Colorado y Paucarpata.

a) Infraestructura

En este factor se consideró los últimos datos del Censo Nacional 2017, para hallar el porcentaje de viviendas con acceso a alumbrado eléctrico por red pública y porcentaje de viviendas con servicio de agua por red pública los 7 días de la semana. Arequipa cuenta con la mejor infraestructura de servicios de agua y luz, seguido por Paucarpata.

Tabla 3. 8

Infraestructura de los distritos de Arequipa

Distrito	% Viviendas con alumbrado eléctrico por red pública	% Viviendas con servicio de agua por red pública 7 días a la semana
Cerro colorado	91%	83%
Paucarpata	96%	82%
Arequipa	100%	100%

Nota: Cálculos efectuados en base a la información proporcionada por INEI

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI (2018)

Elaboración propia

b) Acceso al transporte

Para este factor se consideró el número de vías principales de conexión, así como la infraestructura vial de cada distrito. La infraestructura vial en Paucarpata es deficiente comparada con la de distritos de Arequipa y Cerro Colorado, de acuerdo con el diario Correo (2017), es el distrito es el más afectado en temporada de lluvias quedando sus vías de acceso considerablemente dañadas. Por otra parte, Arequipa cuenta con la mejor infraestructura vial al ser la capital de la provincia.

Tabla 3. 9

Vías de acceso a transporte

Distrito	Red Vial Nacional	Red vial local/departamental
Cerro colorado	1	1
Paucarpata	1	0
Arequipa	1	1

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017)

Elaboración propia

c) Costo del terreno

En relación con el costo del terreno se encontró este valor en las páginas web de las corredoras inmobiliarias; Urbania y A dónde vivir. El distrito de Cerro Colorado tiene menor costo de terreno industrial por m² por este motivo tiene mayor puntuación en el Ranking de Factores.

Tabla 3. 10

Costo del terreno

Distrito	Costo USD m2
Arequipa	960
Cerro Colorado	300
Paucarpata	600

Nota: Datos extraídos en octubre 2019

Fuente: Urbania (s.f.); Adondevivir (s.f.)

Elaboración propia

d) Disponibilidad de mano de obra

Para el factor disponibilidad de mano de obra se tomó en cuenta la población de cada distrito mayor de 14 años, con estudios universitarios o técnicos incompletos o concluidos, en razón a que el presente proyecto necesita personal calificado con estudios relacionados con electricidad y energía. Asimismo, para las áreas administrativas los empleados deben ser personas con estudios universitarios. El distrito de Arequipa tiene mayor población preparada. Seguido del distrito de Cerro Colorado y finalmente el distrito de Paucarpata.

Tabla 3. 11

Población mayor de 14 años con nivel educativo superior

Distrito	Nº de habitantes
Arequipa	60.380
Cerro Colorado	46.125
Paucarpata	15.729

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI (2018)

Para elegir la microlocalización de la planta se utilizará el mismo método que para la elección de la macrolocalización: Ranking de Factores.

Tabla 3. 12

Tabla de enfrentamiento de factores de microlocalización

Factores		a	b	c	d	Conteo	Ponderación
Infraestructura de servicio	a		1	0	0	1	0,14
Acceso al transporte	b	1		0	0	1	0,14
Costo del terreno	c	1	1		1	3	0,43
Disponibilidad de mano de obra	d	1	1	0		2	0,29
Total						7	1,00

Elaboración propia

Tabla 3. 13

Ranking de factores para el análisis de microlocalización

Factor	Ponderación	Arequipa		Cerro Colorado		Paucarpata	
		Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje	Calif.	Puntaje
a	0,14	10	1,43	6	0,86	8	1,14
b	0,14	10	1,43	8	1,14	4	0,57
c	0,43	4	1,71	10	4,29	6	2,57
d	0,29	10	2,86	8	2,29	4	1,14
Total	1,00	Total	7,43	Total	8.57	Total	5,43

Elaboración propia

Finalmente, el distrito elegido para la localización de planta es Cerro Colorado.

CAPITULO IV: TAMAÑO DE PLANTA

Para determinar el tamaño óptimo de planta en términos de su capacidad se debe analizar los factores que la limitan. Se examinarán todos los factores de marca influencia en la cantidad de sistemas fotovoltaicos a instalarse durante los 6 años de vida útil del proyecto. Los factores relevantes son: la relación con el mercado, la disponibilidad de materia prima, las alternativas de financiamiento, las limitantes tecnológicas y, finalmente, el punto de equilibrio.

4.1.1. Relación tamaño-mercado

Este factor es de especial importancia al representar el límite superior del probable tamaño de planta, una capacidad mayor a la que el mercado podría absorber se traduciría en pérdidas. En este sentido, y acorde con la demanda del proyecto hallada en el estudio de mercado, el máximo tamaño de planta posible es de **817 instalaciones fotovoltaicas**.

Tabla 4. 1

Tamaño mercado

Año	Demanda del proyecto en instalaciones
2019	499
2020	616
2021	661
2022	710
2023	761
2024	817

Elaboración propia

4.1.2. Relación tamaño-recursos productivos

El componente más importante para el proyecto es el módulo fotovoltaico al ser donde la energía se transforma en energía eléctrica. En la producción mundial de paneles solares “las 10 compañías que conforman el Top 10 entregaron 66 GW de paneles el año pasado, con lo que cubrieron casi el 70% de la demanda mundial, que ascendió a 91,5 GW” (Roca J. , 2019). Esos mismos fabricantes poseen la tecnología y recursos suficientes para seguir aumentando su capacidad. De acuerdo con PV Info Link (2018) para el 2019 se prevé la instalación de 112 GW de nueva potencia solar –un aumento de 20 GW respecto a la cifra

del año pasado. Por lo tanto, se puede advertir que la oferta mundial de paneles fotovoltaicos da a este recurso carácter no limitante.

Otro recurso crítico para la operación de la empresa es la mano de obra, en tanto que toda instalación requiere de un técnico especialista en instalaciones eléctricas fotovoltaicas y un operario para asistirle. **No se considera** este recurso como limitante ya que se observa un crecimiento sostenido en los programas y cursos de capacitación técnica en las instalaciones fotovoltaicas en Arequipa y, en general, en el país..

4.1.3. Relación tamaño-tecnología

La limitante tecnológica en cuanto al tamaño de planta está dada por la maquinaria que tenga menor capacidad de producción, es decir, por el cuello de botella. Debido a que en el presente proyecto las actividades realizadas son manuales **no se considera** la tecnología como limitante.

4.1.4. Relación tamaño-financiamiento

La relación tamaño – financiamiento representa una limitante si las necesidades de financiamiento no pueden ser atendidas por los accionistas o instituciones financieras. La inversión en el proyecto asciende a S/765.086, monto desagregado en la siguiente tabla:

Tabla 4. 2

Inversión del proyecto (S/)

Concepto	Importe
Activo fijo tangible	490.689
Activo fijo intangible	36.465
Capital de trabajo	237.932
Total inversión	765.086

Elaboración propia

El 40% de la inversión (S/ 306.034) será financiada por el Banco BBVA Continental, con una tasa anual de 11,41% durante los 6 años del horizonte del proyecto. Mientras que el 60% restante S/459.052 será financiado por los inversionistas. Por las razones expuestas **no se considera** la inversión una limitante para el tamaño de planta.

4.1.5. Relación tamaño-punto de equilibrio

La relación tamaño – punto de equilibrio se ha determinado a partir de la evaluación de costos realizada en el capítulo V. Determinar el punto de equilibrio es importante para hallar la cantidad de instalaciones que el proyecto debería realizar para no ganar ni perder.

La fórmula es la siguiente:

$$\text{Punto de equilibrio} = \frac{\text{Costos fijos}}{\text{Precio unitario} - \text{Costo variable unitario}}$$

En seguida, se presentan los datos para determinar el punto de equilibrio:

Tabla 4. 3

Costos y gastos fijos

Costos y gastos fijos	Importe
Mano de obra directa	70.211
Mantenimiento de máquinas	25
EPPS	2.657
Capacitación	500
Impuestos predial y arbitrios	1.308
Vigilancia de planta	40.678
Otras herramientas para S.F.	220
Depreciación fabril	6.023
Mano de obra indirecta	92.700
Sueldos administrativos	209.433
Gasto de punto de venta	1.674
Gastos de alquiler de oficina	12.000
Agua	240
Electricidad	1.760
Telefonía e internet	1.831
Depreciación no fabril	12.561
Amortización de intangibles	2.261
Inversión en publicidad	1.800
Útiles de oficina	1.530
Contador	12.000
Limpieza	7.200
Sueldo de ventas	15.965
Total	494.578

Elaboración propia

Tabla 4. 4

Costos y gastos variables

Costos variables totales	Importe
Materia prima	1.406.568
Agua	180
Electricidad	59
Combustible	9.274
Herramientas de corte	1.422
Comisiones de venta	998
Transporte de Lima-Arequipa	11.223
Total	1.429.725

Elaboración propia

Tabla 4. 5

Punto de equilibrio

Concepto	Importe
Costos y gastos fijos	494.578
Costos variables unitarios	2.865
Precio Unitario	4.153
Punto de equilibrio	384

Elaboración propia

El punto de equilibrio en el año 2019 es de **384 instalaciones**.

4.1.6. Selección del tamaño de planta

Con el cálculo del tamaño de planta de acuerdo con los factores mencionados, se puede afirmar que el mercado es el factor limitante del tamaño de planta. En consecuencia, el tamaño de planta para el presente proyecto es de **817 instalaciones al año**.

Tabla 4. 6

Selección de tamaño de planta

Factor	Tamaño (instalaciones)
Mercado	817
Recursos Productivos	No limitante
Tecnología	No limitante
Financiamiento	No limitante
Punto de equilibrio	384

Elaboración propia

CAPÍTULO V: INGENIERÍA DEL PROYECTO

5.1. Definición técnica del producto

5.1.1. Especificaciones técnicas, composición y diseño del producto

Radiación solar

La energía del sol procede de la conversión de átomos de hidrógeno en átomos de helio, las reacciones que ocurren en su interior permiten que se libere una cantidad enorme de energía y se transmita a la superficie terrestre mediante la radiación solar en forma de ondas electromagnéticas, “de diferentes frecuencias y longitudes de onda, aproximadamente la mitad de las que recibimos están entre los rangos de longitud de onda de 0,4 [μm] y 0,7 [μm]”(Mendoza Rodriguez, 2012). Parte de estas ondas electromagnéticas pueden ser visibles al ojo humano, este se denomina el espectro visible.

La radiación que llega a nuestro planeta se mide mediante la irradiancia, la cual presenta el flujo de energía recibida por unidad de área en forma instantánea como energía/área-tiempo y cuya unidad es el Watt por metro cuadrado (W/m^2). La irradiación, por su parte, es definida como la energía por unidad de tiempo que incide en un área expresado en Wh/m^2 .

Composición del producto

El producto del proyecto es un sistema fotovoltaico cuyo componente principal es el módulo fotovoltaico, consta de un arreglo de células solares, un vidrio templado en la cubierta exterior, dos capas de material encapsulante (frontal y posterior), un recubrimiento trasero, un marco de soporte y una caja de conexiones.

Figura 5. 1

Componentes de un módulo fotovoltaico.



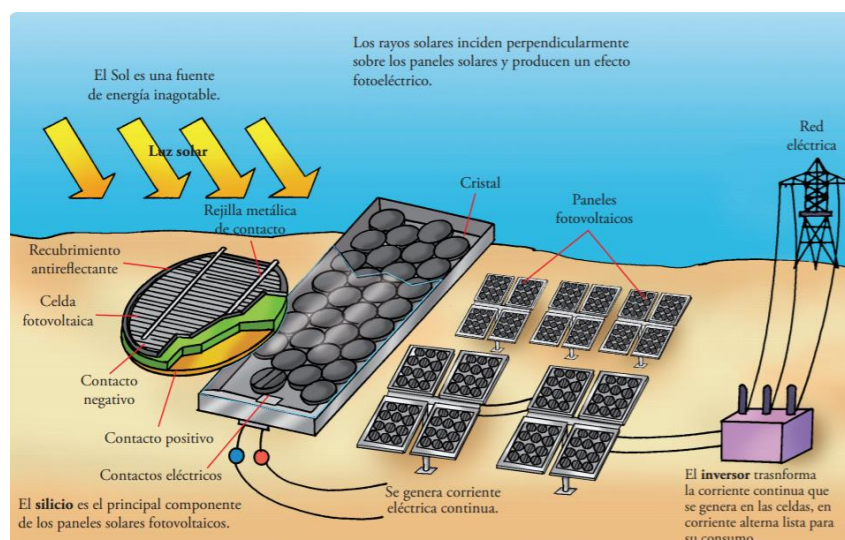
Fuente: Público (2017)

La parte central de todo modulo fotovoltaico son la celdas o células fotovoltaicas conformadas, de acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (s.f.), de:

Un de material semiconductor (silicio) capaz de liberar electrones, es decir partículas con carga negativa que son la base de la electricidad. Todas las celdas FV tienen dos capas de semiconductores, una con carga positiva y otra con carga negativa. Cuando brilla la luz en el semiconductor, el campo eléctrico presente en la unión entre estas dos capas hace que fluya la electricidad, generando una corriente continua (pág. 49).

Figura 5. 2

Generación de energía a través de un panel fotovoltaico



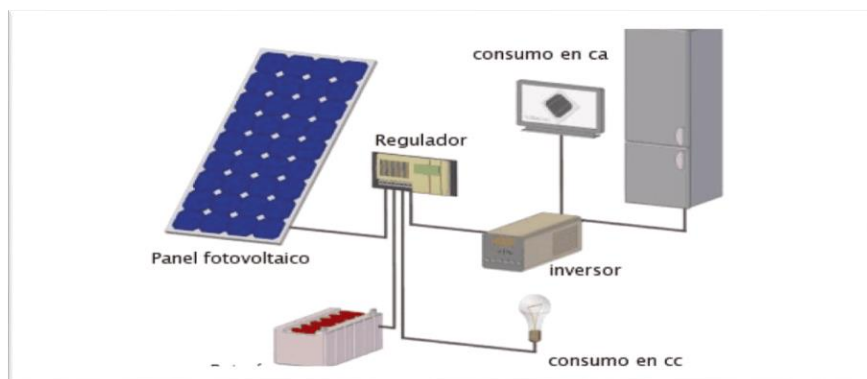
Fuente: MINEM (s.f.)

El resto de los componentes del sistema fotovoltaico se describen a continuación:

- El inversor o convertidor DC/AC: se encarga de convertir la corriente continua (DC) que se genera en los módulos fotovoltaicos en corriente alterna (AC) para dar energía a los receptores y artefactos eléctricos que funcionan con este tipo de corriente.
- Los acumuladores o baterías: acumuladores de la energía producida durante el día por la radiación solar, con el propósito de utilizarla cuando los paneles solares no brinden suficiente cantidad de energía para abastecer a la vivienda y de esta manera se asegura la continuidad del suministro eléctrico.
- El regulador de carga: es un dispositivo que busca evitar el deterioro de las baterías por sobrecargas. De no haber batería en la instalación no sería necesario su uso.

Figura 5. 3

Componentes de una instalación de energía solar



Fuente: Ecosolutions (s.f.)

Especificaciones técnicas del producto

La mayor parte módulos fotovoltaicos son hechos de alguna variación de silicio, la diferencia entre estos es la pureza del silicio que se utiliza. Los paneles alcanzan mayores ratios de eficiencia de conversión de energía cuando mayor es la pureza del silicio utilizado; sin embargo, esto implica incrementar los costos de producción “por ello, a la hora de elegir un buen panel, lo mejor es tener en cuenta la relación coste-eficiencia por m²” (Energías Renovables, 2014).

Dada las condiciones climáticas de Arequipa, con altos índices de irradiancia solar, y considerando el precio del producto del proyecto, se escogieron módulos solares de silicio policristalino. A continuación, se presentan las diferencias entre ellos.

Tabla 5. 1

Diferencia entre células solares de Silicio

Tipo de célula	Células solares de silicio monocristalino	Células solares de silicio policristalino
Descripción	Las celdas solares de silicio monocristalino son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio.	Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. Son láminas perfectamente cuadradas.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. • La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. • Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz. • La eficiencia se reduce en menor medida con temperaturas altas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple y rápido • Su fabricación resulta más económica.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de fabricación implica alto coste energético. • Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. • Fabricación más lenta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor • La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%. • Mayor necesidad de espacio.

Fuente: AutoSolar (2017)

Por otra parte, la Norma Técnica de Edificación E.M.080 Instalaciones con energía solar, menciona las especificaciones técnicas mínimas que debe exponer un proveedor de módulos fotovoltaicos a su cliente.

Tabla 5. 2

1. Características físicas mínimas proporcionadas al cliente

Características físicas	Unidades
Altura	milímetros (mm)
Ancho	milímetros (mm)
Espesor	milímetros (mm)
Peso	kilogramos (kg)

Fuente: Ministerio de Vivienda (s.f)

Elaboración propia

Tabla 5. 3

Características eléctricas mínimas proporcionadas al cliente

Características eléctricas	Unidades
Potencia pico (P _{máx})	watt (W)
Corriente cortocircuito (I _{sc})	ampere (A)
Tensión circuito abierto (V _{oc})	volt (V)
Corriente máxima potencia (I _{max})	ampere (A)
Tensión máxima potencia (V _{max})	volt (V)

Fuente: Ministerio de Vivienda (s.f.)

Elaboración propia

En relación con lo mencionado, se presenta la ficha técnica del modulo fotovoltaico de silicio policristalino de 270 W de la marca Jinko Solar elegido para el proyecto debido al liderazgo de este fabricante chino en el mercado de los paneles solares, número uno del sector, y sus altos estándares de calidad en la producción. Los datos han sido proporcionados en la base a los parámetros STC (Standart Test Conditions) definidas por una irradiancia de 1000 W/m², una temperatura de 25°C y una masa de aire de 1.5 AM.

Tabla 5. 4

Ficha técnica panel solar 270 W

Características físicas/eléctricas	Panel solar 270 W
Altura	1650 mm
Ancho	992 mm
Espesor	40 mm
Peso	19 kg
Tipo de célula	Silicio policristalino
Número de células	60
Potencia pico (P _{máx})	270 W
Corriente cortocircuito (I _{sc})	9,09 A
Tensión circuito abierto (V _{oc})	38,8 V
Corriente máxima potencia (I _{max})	8,52 A
Tensión máxima potencia (V _{max})	31,7 V
Eficiencia del módulo	16,50%
Marco	Aluminio

Fuente: Jinko Solar (2015)

Elaboración propia

Otro componente del sistema fotovoltaico es el inversor, el cual se encarga de transformar la corriente continua producida por el panel solar en corriente alterna. Para este proyecto el proveedor de inversores será MPP Solar, la serie PIP – HSE1 caracterizados por su relación costo/efectividad.

Tabla 5. 5

Ficha técnica inversor 2.400 W

Características físicas/eléctricas	Inversor 2400 W
Características físicas	
Altura	320 mm
Ancho	258 mm
Espesor	88 mm
Peso	5.8 kg
Características eléctricas	
Potencia de salida	2.400 W
Voltaje nominal DC	24 V
Voltaje máximo DC	31 V
Regulación del voltaje de salida (modo batería)	230 VAC +-5%
Tiempo de transferencia	<10 ms (UPS mode), < 20 (Appliance mode)
Rango de voltaje seleccionable:	90~280VAC (Appliance mode), 170~280VAC (UPS mode)
Pico de eficiencia	95%
Rango de frecuencia	50/60 Hz
Tipo de onda	Onda sinusoidal pura
Algoritmo de carga	PWM
Máxima corriente de carga	50 A
Máximo Voc de entrada de Panel	80 A

Fuente: MPP Solar (s.f.)

Elaboración propia

Las baterías almacenan la energía eléctrica producida en un panel solar. Para sistemas fotovoltaico se usan baterías VRLA (del inglés Valve Regulated Lead Acid) o baterías de ácido-plomo reguladas por una válvula, son baterías herméticas, libre de mantenimiento (sin consumo de agua) y sin emisión de gases. Se encuentran dos tipos principales: baterías AGM y baterías de GEL. Para el presente proyecto debido a la relación coste/calidad/vida útil se considera la utilización de baterías GEL que son conocidas como baterías de larga duración para instalaciones pequeñas y medianas, adecuadas para aplicaciones de ciclo profundo.

Tabla 5. 6

Batería Gel 100 Ah 12 V

Características físicas/eléctricas	Batería Gel 100 Ah 12 V
Altura	220 mm
Ancho	328 mm
Espesor	172 mm
Peso	30 kg
Capacidad	100 Ah/20 hr
Voltaje	12 V
Resistencia interna	Aprox 7,5 mΩ
Máxima corriente de descarga	1000A (5 seg)
Terminal	F12(M8)/F5(M8)
Referencia de capacidad	C3 68,1Ah C5 78,5Ah C10 87,7Ah C20 100,0 Ah

Fuente: Ritar Power (s.f.)

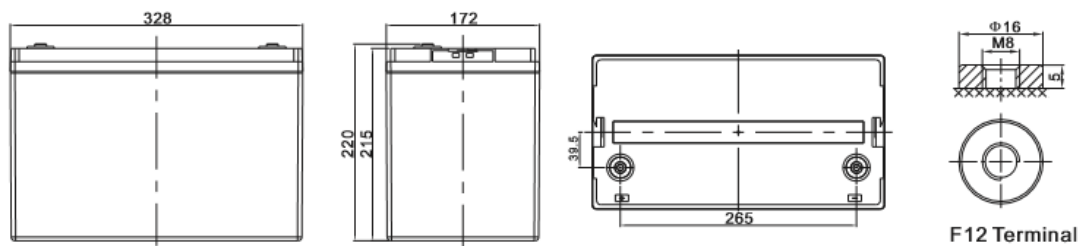
Elaboración propia

Diseño del producto

Se presenta el diseño de los módulos fotovoltaicos de silicio policristalino cuyo color predominante es el azul.

Figura 5. 4

Vista de batería con medidas en mm

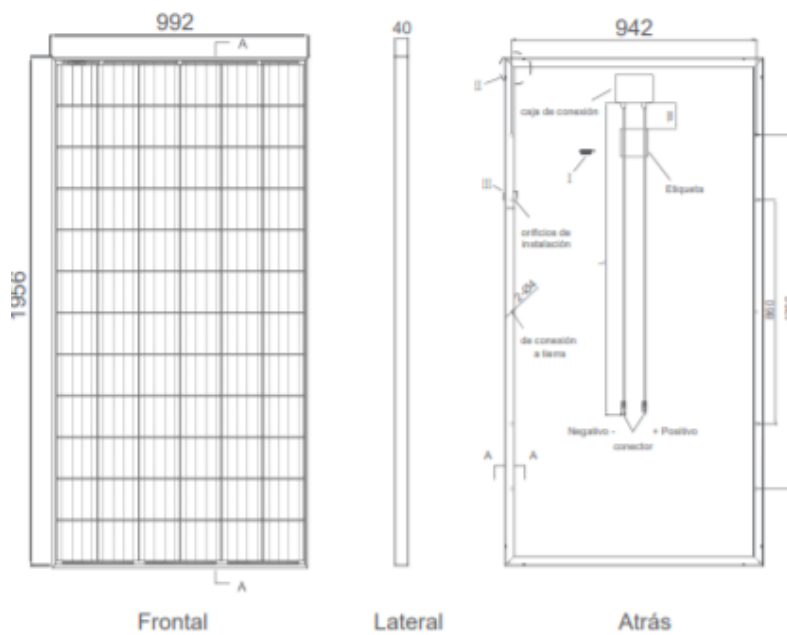


Fuente: Ritar Power (s.f.)

Elaboración propia

Figura 5. 5

Vista de panel fotovoltaico con medidas en mm



Fuente: Jinko Solar (2015)

Figura 5. 6

Inversor



Fuente: MPP Solar (s.f.)
Elaboración propia

Figura 5. 7

Diseño de panel fotovoltaico



Fuente: Auto Solar Perú (2019)

Especificación técnica del sistema fotovoltaico

Por otra parte, se debe mencionar la energía eléctrica que suministra el sistema fotovoltaico; así como el ahorro que permite generar al cliente. Este cálculo se realizó en base a los electrodomésticos, equipos eléctricos/electrónicos y luminarias empleados en una casa con cuatro habitantes.

Tabla 5. 7

Potencia de equipos utilizados para el análisis

Equipos/luminarias	Potencia W	Número de equipos/luminaria
Refrigeradora	190,97	1
TV 50 LED	140	2
Licuada	600	1
Microondas	1600	1
Plancha	2200	1
Luminaria	12	15
Modem Wifi	5	1
Lavadora	400	1
Cámara de seguridad	12	1
TV 40 LED	120	1

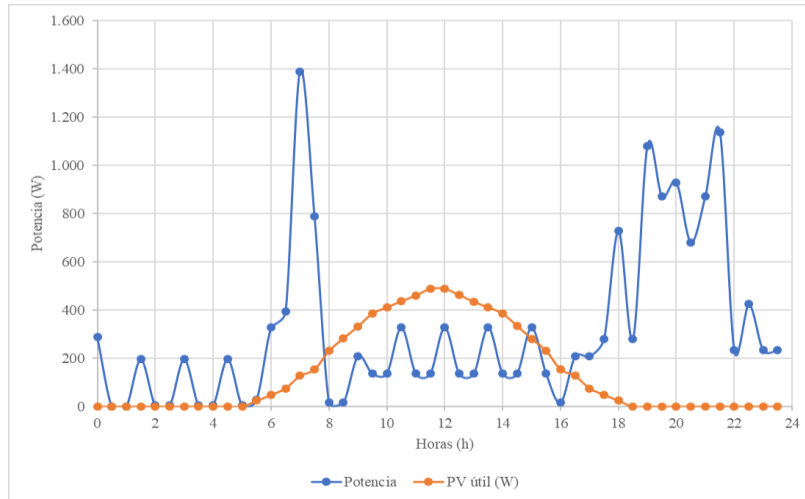
Elaboración propia

La determinación del cálculo de la energía producida por el sistema fotovoltaico del proyecto fue labor de D. Quintana Herrera (comunicación personal, noviembre 2019), técnico encargado de dimensionar S.F. en la empresa LEAF ENERGY; considerando las condiciones climatológicas de la provincia de Arequipa.

En el **Anexo 3**, se encuentra el detalle de los cálculos del balance en función al consumo energético de la vivienda y la generación de energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico.

Figura 5. 8

Curva de potencia de consumo y generación



Fuente: Quintana Herrera (2019)

En la figura anterior se pudo observar que el consumo de una familia se da en su mayor parte entre las 6:00 y 8:00 horas, y las 18:00 hasta las 24:00 horas; mientras que los paneles fotovoltaicos generan mayor electricidad durante las 8:00 y las 16:30 horas. Una parte de la energía genera por el panel será consumida por los artefactos que en ese momento estén encendidos (entre ellos el refrigerador) y otra parte se irá a las baterías, lo cual permite que cuando el panel no genere energía eléctrica se use la energía de las baterías.

Finalmente, considerando la energía almacenada en las baterías y la energía eléctrica que han generado los paneles fotovoltaicos se tiene un total de 3.194 Wh al día, lo cual es un 42,5% de la energía eléctrica que consume una vivienda. Este porcentaje es también el ahorro en la facturación que tendrá la vivienda al mes.

Tabla 5. 8

Balance en función del consumo energético y la energía generada por el S.F.

Balance de energía eléctrica de un día		
Consumo total	7.516	Wh
Energía generada por el S.F. útil	3.194	Wh
Energía suministrada por red	4.322	Wh

Fuente: Quintana Herrera (2019)

5.1.2. Marco regulatorio para el producto

Este proyecto debe observar y cumplir las leyes y normas peruanas dictadas por los organismos públicos del país. A continuación, se exponen las normas legales que tienen efecto en el presente proyecto:

Tabla 5. 9

Normas aplicables al proyecto

Organismo	Norma/regulación	Descripción
INACAL	NTP 399.403.2006 / R.0013-2006/INDECOPI-CRT (2006.03.06) Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp	Especificaciones Técnicas y método para la calificación energética de un sistema fotovoltaico. Esta establece en primer nivel, los requisitos que están vinculados con la calidad de los materiales y procesos de fabricación involucrados con todos y cada uno de los componentes de un sistema fotovoltaico.
Ministerio de Vivienda	Reglamento Nacional de Edificaciones - NORMA TÉCNICA E.M.080 INSTALACIONES CON ENERGÍA SOLAR	Presenta las mínimas condiciones técnicas que se debe incluir en el diseño y construcción de una vivienda que cuente con aprovechamiento de energía solar
Ministerio de Energía y Minas	RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 003-2007-EM/DGE	Reglamento Técnico Especificaciones Técnicas y Procedimientos de Evaluación del Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural. En el presente reglamento se describen las características mínimas que debe cumplir el Sistema Fotovoltaico (SFV) y sus componentes, así como los procedimientos para verificar el cumplimiento de éstos
Ministerio de Energía y Minas	Decreto Legislativo N°1002: Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables	Decreto aplicable a la generación de energía a través de recursos renovables.

Elaboración propia

5.2. Tecnologías existentes y procesos de producción

5.2.1. Naturaleza de la tecnología requerida

5.2.1.1. Descripción de las tecnologías existentes

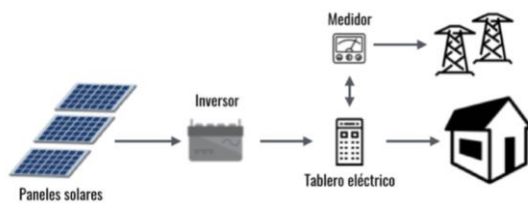
Los componentes del sistema fotovoltaico, excepto el panel fotovoltaico, dependen de la configuración escogida para el sistema. En las siguientes líneas se describe cada configuración.

Sistemas conectados a red: estos sistemas están conectados a la red eléctrica de distribución y no requieren de baterías. Puede funcionar con vertido de electricidad a la

red, es decir si la energía generada por el panel es mayor a la consumida por la vivienda esta se entrega al sistema de red eléctrica, si la energía otorgada por el panel fuese menor a la energía necesaria se usará la energía del sistema de red eléctrica, como también puede funcionar sin vertido a la red, es decir así exista energía en exceso esta no será inyecta al sistema de distribución nacional. Si las regulaciones del país dónde se encuentre permiten el vertido a la red nacional y además ofrecen un pago a las personas por la energía que entregan, entonces el sistema trabajará con medidores bidireccionales, los cuales además de mostrar la energía consumida por la vivienda, también muestra la energía generada y la diferencia entre la energía consumo y generada (Eco Soch, s.f.).

Figura 5. 9

Sistema fotovoltaico conectado a la red

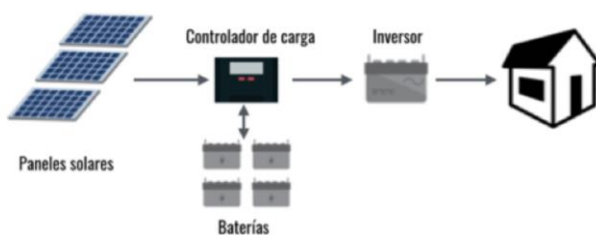


Fuente: Sun Supply (2017)

Sistemas aislados o autónomos: esta configuración de sistema fotovoltaico no trabaja con el sistema de la red eléctrica, ya que los paneles solares son la única fuente de energía de la vivienda; son más usados en viviendas aisladas rurales dónde resulta inaccesible la conexión a la red eléctrica nacional. Las baterías acumulan la energía suministrándola cuando los paneles no la generan. Es importante mencionar que estos sistemas son más costosos ya que requieren mayor número de paneles y acumuladores que se requieren.

Figura 5. 10

Sistema fotovoltaico aislado

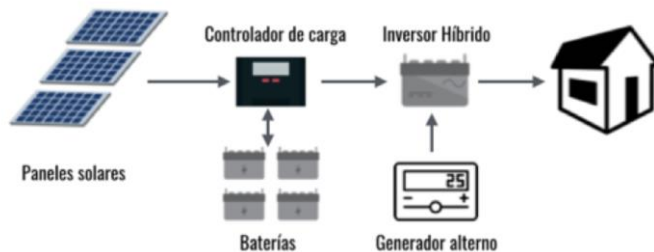


Fuente: Sun Supply (2017)

Sistemas híbridos: en este arreglo se combina la energía solar proporcionada por los paneles fotovoltaicos con otra fuente de generación de energía. Este sistema está incrementando su popularidad, especialmente los “conectados a la red” debido a que permite utilizar la energía eléctrica suministrada por la red y la proporcionada por los módulos solares. De esta manera brinda confiabilidad al tener un respaldo de red en caso de cortes de luz. Como prioridad, el arreglo usará la energía proveniente de los paneles fotovoltaicos y contará con el respaldo de un banco de baterías, diseñado para entregar energía en un porcentaje límite determinado por el instalador y el cliente.

Figura 5. 11

Sistema fotovoltaico híbrido



Fuente: Sun Supply (2017)

Tabla 5. 10

Comparación de tipos de sistemas fotovoltaicos

Tipo de S.F.	Ventaja	Desventaja
Sistema conectado a la red	<ul style="list-style-type: none"> El costo de adquisición del sistema es más económico ya que no requiere de baterías Costo de mantenimiento del sistema es menor Si la regulación lo permite, se podría generar ganancias con el exceso de energía eléctrica producida. 	<ul style="list-style-type: none"> Solo se puede tener vertido de electricidad sobrante si la regulación lo permite, caso contrario la energía excedente se pierde.
Sistema aislado	<ul style="list-style-type: none"> Permite contar con energía eléctrica en lugares remotos o aislados. Independencia de energía eléctrica. No se paga a las empresas distribuidoras de electricidad por el consumo de ésta. 	<ul style="list-style-type: none"> El costo de adquisición del sistema es elevado El costo de mantenimiento del sistema es mayor debido a las baterías
Sistema híbrido	<ul style="list-style-type: none"> Permite almacenar la energía en acumuladores, lo cual genera un respaldo. Costo de instalación intermedio (entre sistema aislado y conectado a la red). Permite configurar el uso de la energía. 	<ul style="list-style-type: none"> El uso de energía eléctrica puede estar limitado por la capacidad del inversor

Elaboración propia

5.2.1.2. Selección de la tecnología

Se sopesaron diferentes variables; la primera, la autonomía esperada por parte del cliente del sistema fotovoltaico, en este caso se considera que al ser clientes residenciales no necesitan tener un sistema completamente aislado de la red eléctrica nacional; además, contar con mayor autonomía encarece el costo del sistema, por lo que se consideró adecuado un sistema fotovoltaico híbrido o uno conectado a red.

Segundo, la regulación del país, el Estado Peruano, actualmente, no ofrece incentivos a los hogares que cuentan con sistemas fotovoltaicos; asimismo, no está permitido inyectar el exceso de energía que podría generarse a la red eléctrica nacional. En ese sentido, la mejor opción sería un sistema fotovoltaico conectado a red con respaldo de baterías.

Tercero, el tamaño del sistema fotovoltaico es una variable relevante dado que un sistema aislado al necesitar más paneles y baterías para satisfacer la demanda de energía eléctrica de una casa hace que el espacio ocupado sea mayor.

Según los criterios evaluados, la selección tecnológica se inclinó por un sistema Fotovoltaico híbrido, pues permite al cliente proveerse con la energía generada por el panel solar con la consiguiente disminución del pago de su recibo mensual de luz y a la vez tener seguridad del suministro eléctrico al seguir conectado a la red eléctrica.

5.2.2. Proceso de producción

5.2.2.1. Descripción del proceso

Previamente a la instalación, el técnico realiza una visita técnica al cliente para verificar el estado de las instalaciones eléctricas, el espacio dónde se ubicarán los componentes del sistema fotovoltaico.

Instalación del sistema fotovoltaico

La instalación del sistema fotovoltaico será llevada a cabo por un técnico electricista con experiencia en instalaciones eléctricas domiciliarias y un operario quien le asiste. El proceso ha sido diseñado teniendo en consideración la Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), y la Norma Técnica de Edificación EM080 Instalaciones con Energía Solar.

- Presentación y acomodamiento de materiales y componentes

La instalación del sistema fotovoltaico comienza cuando el técnico y el operario llegan a la vivienda del cliente. El técnico se presenta al cliente, le comunica brevemente las actividades que va a realizar, le pide que le indique dónde disponer los materiales y la ubicación de una toma de corriente eléctrica para el taladro percutor. El cliente le indica el lugar. Acto seguido, el técnico junto con el operario descargan del camión los perfiles de las estructuras de soporte, las herramientas de trabajo, la escalera telescópica y los componentes del sistema fotovoltaico.

- Ensamble y anclaje de las estructuras de soporte

Después de la etapa de presentación y acomodamiento de materiales y componentes, tanto el operario como el técnico se colocan el arnés de seguridad y el casco. Luego, extienden la escalera telescópica y suben por la escalera con los perfiles de las estructuras de soporte y herramientas de trabajo, una vez en el techo colocan el extremo de la línea de vida en un lugar adecuado.

Para empezar con el armado y fijación de la estructura de soporte al techo deben colocarse guantes de protección. Seguidamente, ensamblan los triángulos de la base de la estructura de soporte con tuercas, pernos y arandelas de acero inoxidable. Una vez terminada esta actividad, marcan el lugar dónde van a realizar las perforaciones para los pernos de anclaje. Al finalizar, el operario coloca la broca de concreto en el taladro, selecciona el modo de percusión del mismo y selecciona los pernos de anclaje; mientras que el técnico comunica al propietario/encargado la conexión de la extensión a la toma de corriente solicitada en la primera etapa.

El técnico se coloca los lentes de seguridad antiempañantes para proceder a hacer las perforaciones. El operario también se coloca los lentes antiempañantes por medidas de seguridad. Después, el operario fija los pernos de anclaje con el martillo en los agujeros realizados. El técnico y el operario aseguran los triángulos de la estructura a los anclajes con sus respectivas arandelas y tuercas.

Ambos fijan los canales de aluminio anodizado en la parte superior de los triángulos de la estructura y las platinas de aluminio anodizado en la parte posterior de los triángulos. El resultado final son las estructuras de soporte ensambladas, ancladas en el techo y listas para instalar los paneles.

Finalmente, ambos bajan del techo y bajan las tomas de la extensión pues ya no serán necesarias en la parte superior de la vivienda.

- Traslado del panel fotovoltaico al techo

Para subir los paneles fotovoltaicos, primero deben poner la protección a cada panel fotovoltaico y asegurarlo con cuerdas. El técnico sube con los extremos de la cuerda, seguido por el operario. Estando en el techo izan el panel hasta ubicarlo en el techo, donde retiran las cuerdas y la funda de protección dejando el panel en un lugar idóneo. Para finalizar esta etapa el técnico y el operario bajan del techo de la vivienda con las herramientas de trabajo.

- Ubicación y fijación del inversor

Una vez dentro de la vivienda, el operario desembala el inversor, mientras tanto el técnico observa dónde fijará el inversor, este deberá estar ubicado a la altura del tablero general y cerca al mismo.

El técnico y el operario marcan la ubicación de las perforaciones, seguidamente el operario pone la broca de concreto en el taladro y realiza las perforaciones adecuadas para fijar el inversor. A las perforaciones le pone tarugos y ambos proceden a fijar a la pared el inversor con sus respectivos tornillos.

- Ubicación, instalación y conexión de las baterías

En esta etapa, el técnico coloca las baterías considerando que su ubicación ideal es en un lugar con poca humedad y buena ventilación. Asimismo, éstas deben estar próximas al inversor. La primera actividad que el operario realiza en esta etapa es colocar el gabinete de baterías, para lo cual debe considerar lo siguiente:

Este soporte de la batería por lo general es una caja con tapa de madera o fierro galvanizado, dependiendo de las condiciones ambientales del lugar de instalación del SFD, con sus respectivos orificios para circulación de aire, esta caja debe estar provisto de asas y pernería para asegurar la tapa (Ministerio de Energía y Minas, 2007).

Una vez colocado el gabinete de baterías, el operario coloca un material aislante en la base de éste, en este caso será madera. Una vez que ambos colocan las baterías en el gabinete, ambos se colocan guantes dieléctricos y conectan las baterías en serie, es decir se conecta el polo positivo con un polo negativo.

- Instalación de elementos de protección del sistema fotovoltaico

De acuerdo con la Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos del MINEN (2007), “La instalación fotovoltaica incorporará los elementos y las características necesarias para garantizar en todo momento la calidad y la seguridad del suministro eléctrico (frente contactos directos e indirectos, cortocircuitos), de modo que cumplan las directivas del Código Nacional de Electricidad”.

Para iniciar la etapa, el técnico ubica el lugar adecuado para la instalación de las llaves termomagnéticas. Luego, el operario y el técnico marcan el lugar de donde se realizarán las perforaciones para colocar la caja de la llave termomagnética. El técnico perfora con la broca de concreto. Después, el operario coloca los tarugos y ambos fija la caja de las llaves termomagnéticas con sus respectivos tornillos. Finalmente, ubican las llaves en su posición dentro de la caja.

- Corte del suministro eléctrico

El técnico comunica al propietario/encargado que bajará la llave general de luz, este último acepta el corte. El técnico procede a bajar la llave general de luz y coloca el letrero de señalización de trabajo con electricidad.

- Montaje del panel fotovoltaico

En esta actividad el técnico y el operario suben al techo de la vivienda llevando consigo los cables que se usaran para la conexión de los paneles al inversor y la puesta a tierra. Luego, desembalan los paneles y los colocan en la estructura de soporte. Los paneles deben ser asegurados con sus respectivos presores. Después, conectan en serie los paneles y verifican el voltaje de éstos con el voltímetro.

“El módulo fotovoltaico se debe colocar boca abajo o cubierto para evitar que éste este expuesto a la radiación y se genere tensión en sus terminales” (Alonso Lorenzo, 2019). Por este motivo, el técnico y el operario colocan una cobertura sobre los paneles.

- Conexión de cables del sistema fotovoltaico y puesta a tierra

El técnico y el operario, aún en el techo de la vivienda, comienzan la conexión de cables de los paneles al inversor. Primero, conectan el cable vulcanizado a la caja de conexiones del panel. Segundo, el operario va soltando cable de acuerdo con la disposición más estética y de menor visibilidad del cable hasta llegar a la llave

termomagnética de los paneles. A la vez, va soltando el cable color verde de puesta a tierra, conectado al marco del panel, el cual se conectará al tablero general. Tercero, corta el cable dejando 1,5 metro de cable adicional.

Luego, pasa el tubo corrugado en sentido inverso al inicio de la conexión de cables y pone las abrazaderas necesarias para fijar el cableado a la pared.

Para conectar la batería con el inversor, primero conecta con cable los bornes libres de las baterías a la llave termomagnética de éstas y desde esta llave continua la conexión al inversor. Al terminar, conecta con cable la llave termomagnética del panel al inversor.

Después, conecta el inversor a la llave termomagnética del inversor y de después de esta llave se conecta al tablero general. Finalmente, conecta el inversor al cable verde de puesta a tierra y este cable es llevado hacia la llave del tablero general.

- Puesta en servicio del suministro eléctrico

El técnico comunica al propietario/encargado que efectuará la subida de la llave de suministro eléctrico del tablero general. Luego, procede a subir esta llave.

- Configuración del inversor

El técnico enciende el inversor y configura el mismo; mientras que el operario saca la protección de los paneles fotovoltaico.

- Pruebas de funcionamiento del Sistema Fotovoltaico

El técnico realiza las pruebas de funcionamiento de acuerdo con la lista de verificación y llena el Informe de Instalación, el cual se presenta en el **anexo 4**. A la vez, el operario guarda las herramientas de trabajo y los materiales no utilizados. Asimismo, acumula los desperdicios que se pudieron generar en las etapas previas

- Entrega del Informe de Instalación e indicaciones del funcionamiento del SF

En esta etapa, el técnico entrega el Informe de Instalación del Sistema Fotovoltaico al cliente para que este lo firme en conformidad. Además, el técnico le indica el funcionamiento del sistema fotovoltaico y le entrega los manuales de uso.

Para finalizar el proceso, el técnico y operario se retiran de la vivienda.

Preparación de la estructura de soporte

Por otra parte, se describe el proceso para obtener los ángulos y perfiles de aluminio anodizados para ensamblar las estructuras de soporte del panel, el cual será realizado por un operario en la planta.

La estructura de los paneles fotovoltaicos será elaborada en la planta. Se usarán 3 tipos de varillas: Angulo igual, canal y platina. Las estructuras de soporte constan de 3 juegos de escuadras elaboradas con los ángulos iguales, 2 pedazos de canales de 2,23 metros de longitud cada uno y 2 platinas de 1 metro de longitud.

El proceso comienza con las varillas de aluminio anodizado de 6 metros de largo que son sacadas del almacén de materias primas y son dispuestas por el operario en la mesa de espera, luego, se miden y marcan las longitudes y puntos de perforación de acuerdo con el tamaño de la estructura deseada.

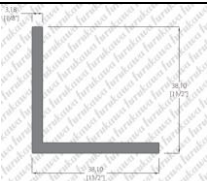
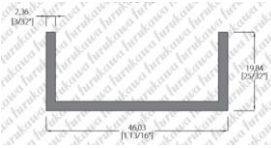

Al terminar la anterior actividad, se cortan con la maquina cortadora (sierra de banco). Debido a que en el corte de canales se genera una merma de 1,54 metros por varilla, esta merma será reprocesada para obtener platinas necesarias para la estructura de soporte. Para esta actividad, el operario cortara las dos alas del canal. El desperdicio se acumula en depósito adecuado, mientras que las varillas que continúan el proceso se colocan en un contenedor al lado de la zona de corte.

Seguidamente con lima plana se liman las rebabas de todos los cortes incluido el reproceso. Debido a que estas piezas serán unidas para hacer la estructura, se taladran los agujeros para las uniones y se liman las rebabas con lima redonda. La operación de limado se realiza en la mesa de trabajo. En el **Anexo 5** se presenta las vistas de las piezas de la estructura de soporte con los agujeros correspondientes.

Después, en la mesa de inspección y empaçado, se inspecciona que los agujeros coincidan y se etiquetan las bases de las estructuras para evitar dificultades en el ensamble. Finalmente, los elementos metálicos de la estructura se empaacan en grupos necesarios para una estructura (3 juegos de escuadras de ángulos iguales, 2 canales y 2 platinas) con stretch film y se aseguran con cinta de embalaje.

Tabla 5. 11

Varillas de aluminio anodizado

Ángulos iguales 1 1/2" x 1/8"	Canal 1 13/16"x 25/32"x 3/32"	Platina 1 1/2"x 1/8"
		

Fuente: Furukawa (s.f.)

Figura 5. 12

Diseño de la estructura de soporte



Fuente: Merkasol (2019)

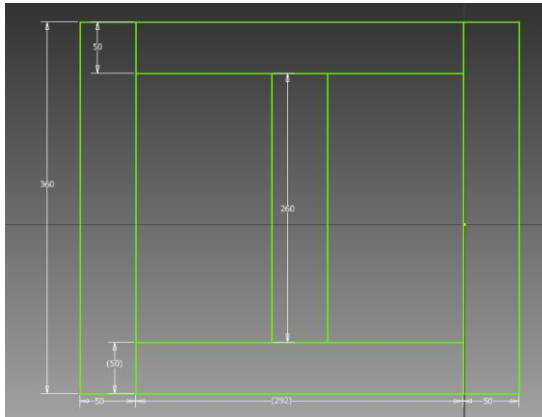
Preparación de la base de madera para gabinete de baterías

El proceso de preparación de la base de madera comienza cuando el operario traslada los listones de madera requeridos desde el almacén de materia primas hasta la zona de producción. El operario deja los listones de madera en la mesa de espera, luego va midiendo y marcando las longitudes de acuerdo con el tamaño deseado. Se necesitan 2 pedazos de madera de 360 mm, 2 pedazos de 292 mm y 1 pedazo de 260 mm. Después, el operario corta los listones con la máquina de corte (sierra de banco) y va dejando los pedazos en el depósito de espera al costado de la zona de corte.

Una vez terminado el corte, el operario traslada los pedazos de madera a la mesa de trabajo donde atornilla los extremos de la base de madera y las lleva al almacén de producto terminado.

Figura 5. 13

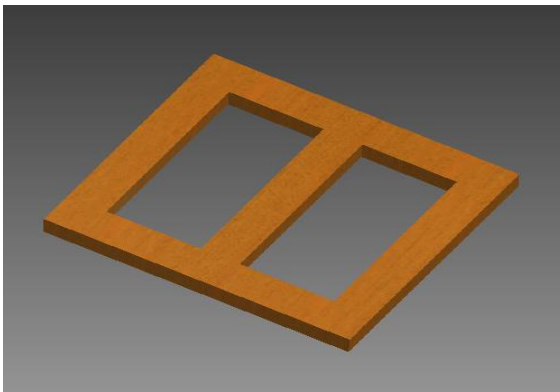
Dimensiones de la base de madera (mm)



Elaboración propia

Figura 5. 14

Vista de la base madera



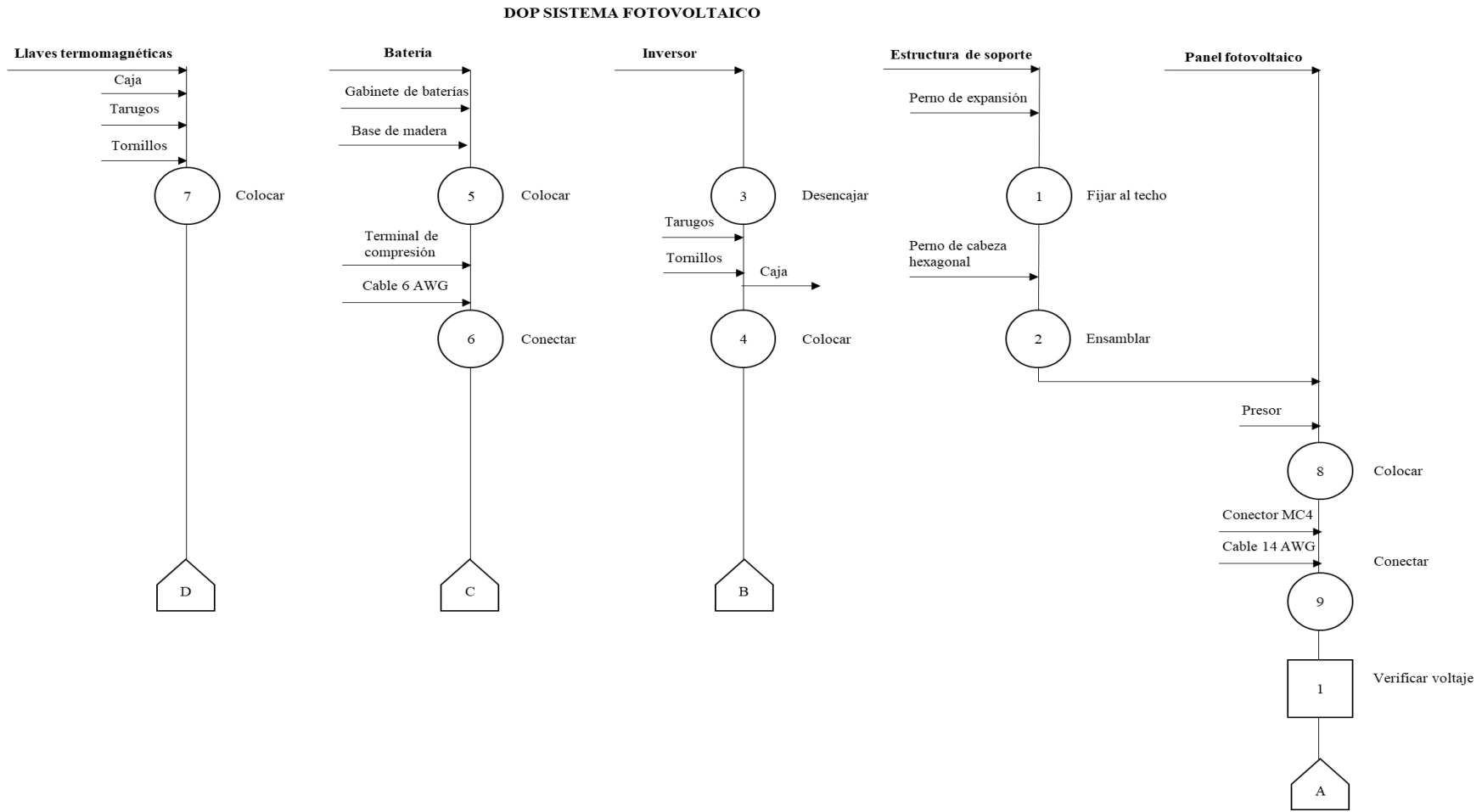
Elaboración propia

5.2.2.2. Diagrama de proceso: DOP

A continuación, se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP) de la instalación del sistema fotovoltaico, así como el DOP de la elaboración de las estructuras de soporte y la base de madera para gabinetes de baterías.

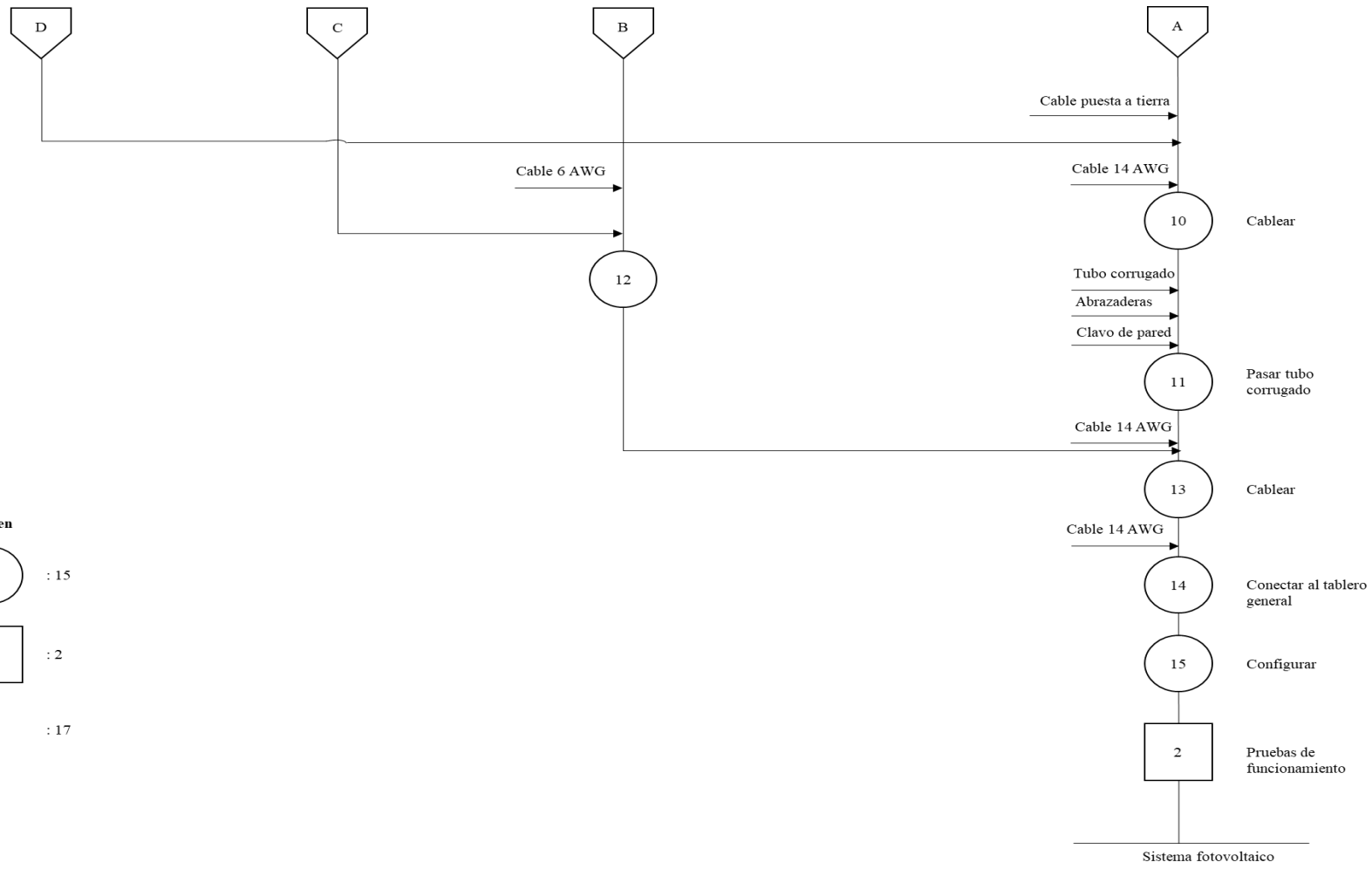
Figura 5.15

DOP Instalación de sistema fotovoltaico



(Continua)

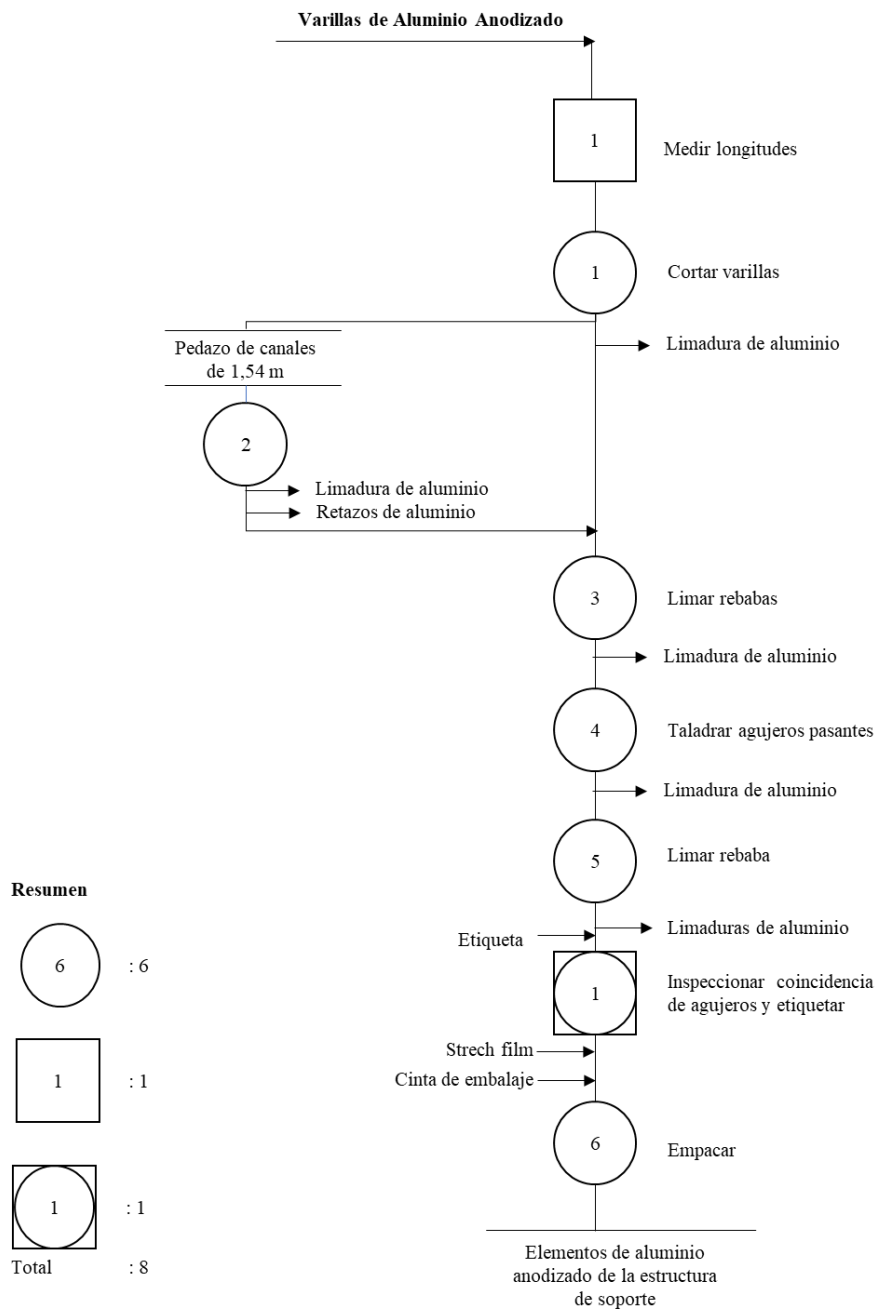
(Continuación)



Elaboración propia

Figura 5. 16

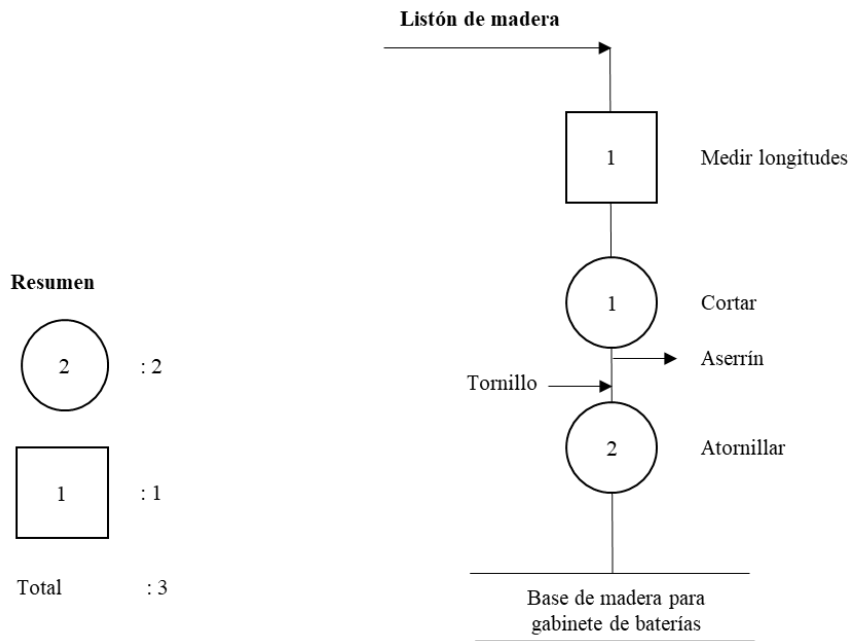
DOP Estructura del panel fotovoltaico



Elaboración propia

Figura 5. 17

DOP Base de madera



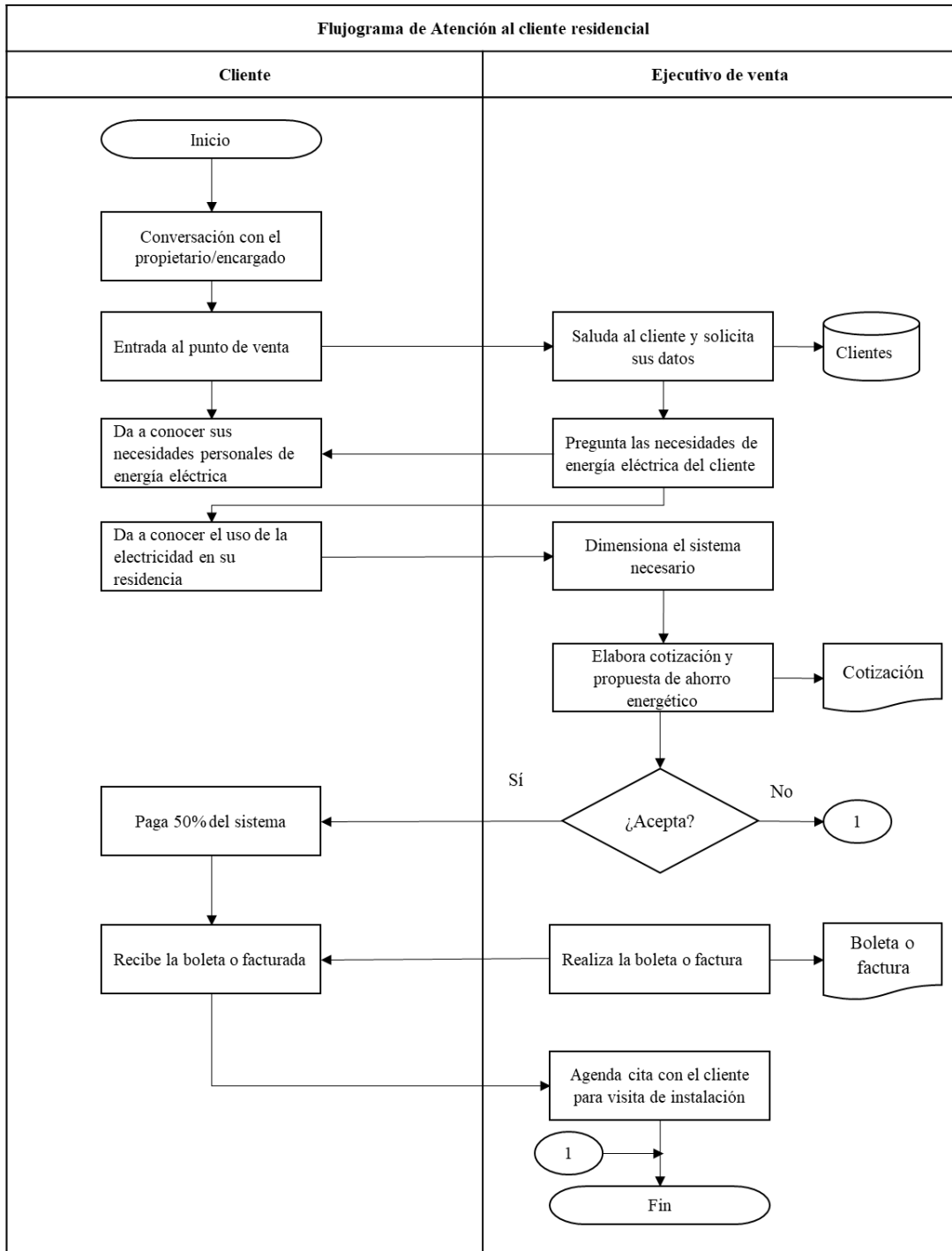
Elaboración propia

5.2.2.3. Flujograma del proyecto (atención e instalación)

En esta sección se podrá visualizar dos flujogramas relacionados con procesos del proyecto, el primero muestra el flujo de atención de un cliente en el puesto de venta. Este comprende desde la llegada del cliente al puesto de venta hasta que el cliente realiza el pago del 50% de la instalación contratada. El segundo, refleja el flujograma de instalación del sistema fotovoltaico.

Figura 5. 18

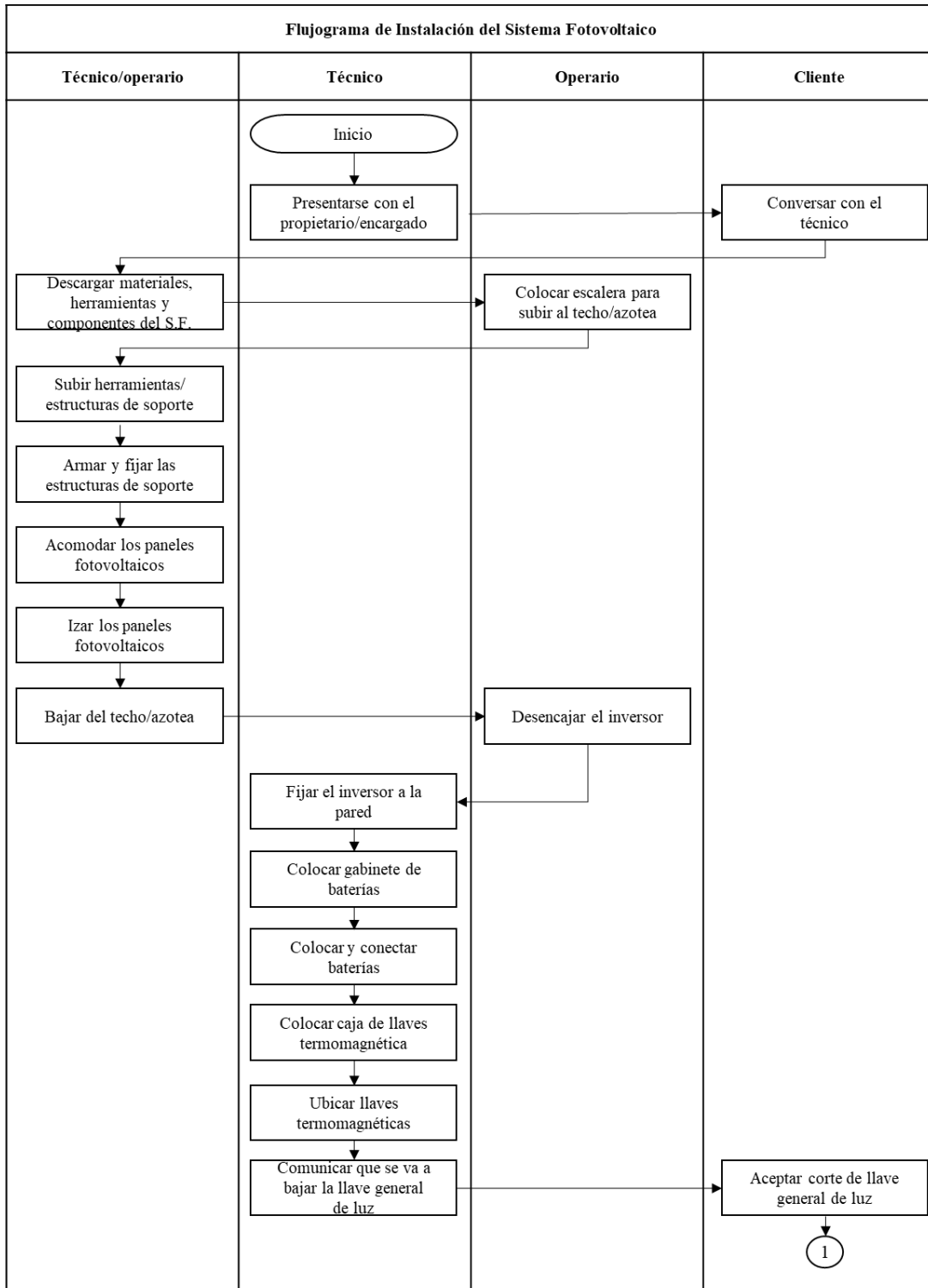
Flujograma de atención al cliente



Elaboración propia

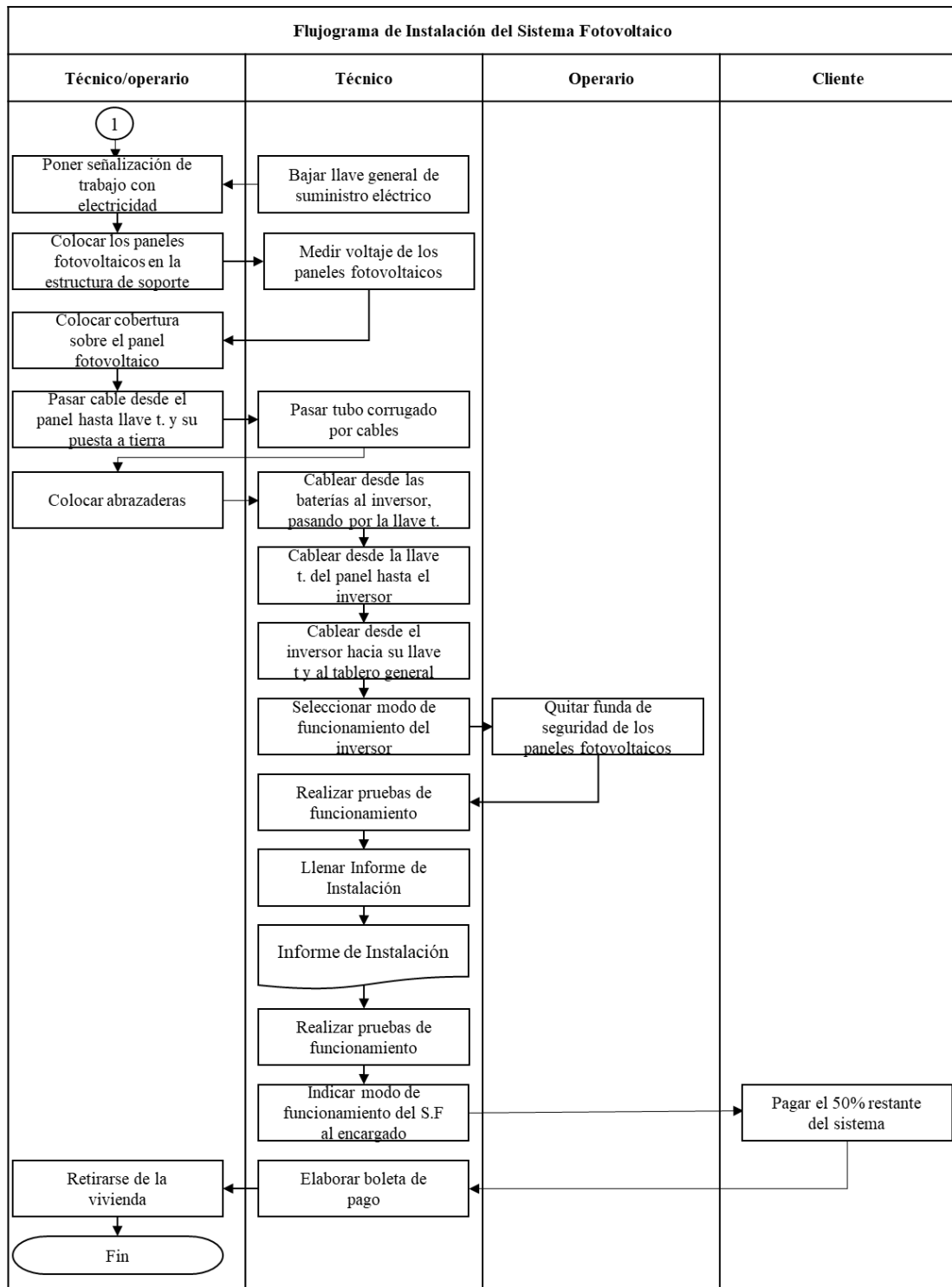
Figura 5. 19

Flujograma de instalación de sistema fotovoltaico



(continúa)

(continuación)

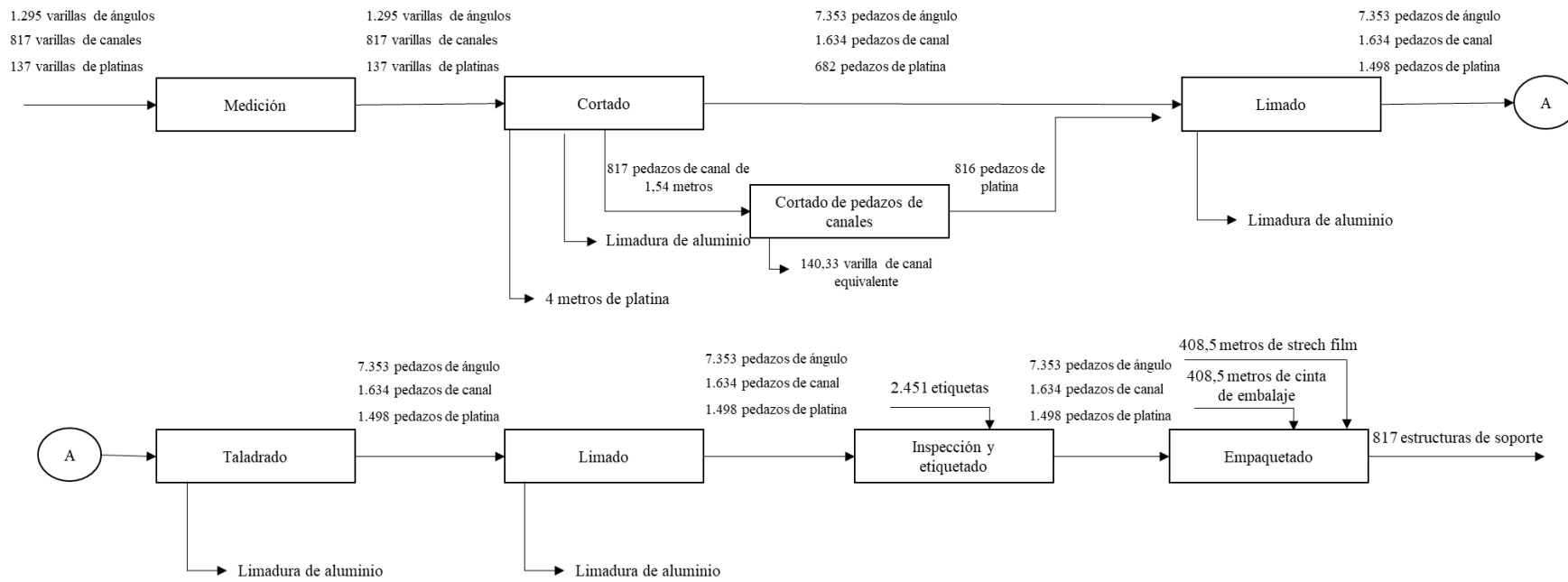


Elaboración propia

5.2.2.4. Balance de materia

Figura 5. 20

Balance de materia de estructuras de soporte



Elaboración propia

5.3. Características de las instalaciones y equipos

5.3.1. Selección de la maquinaria y equipos

Las herramientas para el proceso de instalación de sistemas fotovoltaicos se listan en esta sección, es importante mencionar que para este proyecto no se requiere de maquinaria altamente especializada y en mayor parte se usan herramientas manuales.

- Taladro profesional
- Juego de llaves ratch
- Broca de concreto para anclaje
- Broca multiconstrucción
- Extensión Profesional en carrete
- Atornillador Inalámbrico
- Broca Metal 1/8"
- Alicata de corte
- Alicata universal aislado
- Juego de destornilladores
- Wincha contra impacto
- Multímetro profesional
- Escalera Profesional Telescópica
- Camioneta para transporte de materiales
- Martillo de uña con mango ergonómico
- Pinza amperimétrica
- Pinza pelacables

Las máquinas y herramientas para realizar las estructuras de soporte son las siguientes:

- Máquina de corte de aluminio
- Taladro de banco
- Juego de limas para aluminio
- Atornillador Inalámbrico


5.3.2. Especificaciones de la maquinaria

En seguida, se va a brindar el detalle de las máquinas y herramientas presentadas en la sección anterior.

a) Máquinas

Tabla 5. 12


Máquina de corte de aluminio

Máquina de corte de aluminio	Especificaciones	
	Marca	Truper
	Modelo	172-78
	Diámetro de disco	254 mm/ 10"
	Potencia	1.800W
	Tensión	220 V
	Peso	13,5 kg

Fuente: Mercado libre (s.f.)

Tabla 5. 13

Taladro de banco


Taladro de banco	Especificaciones	
	Marca	SKIL
	Modelo	3320 SKIL
	Chuck	12 V
	Peso	25 kg

Fuente: Edipesa (s.f.)

b) Herramientas

Tabla 5. 14


Alicate universal aislado

Alicate universal aislado	Especificaciones	
	Tipo	Aislado
	Material	Metal/plástico

Fuente: Mercado Libre (s.f.)

Tabla 5. 15


Alicate de corte

Alicate de corte	Especificaciones	
	Tipo de corte	Recto
	Ancho de punta	2,5 cm

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 16


Pinza pelacables

Pinza pelacables	Especificaciones	
	Tipo de corte	Recto
	Ancho de punta	2,5 cm

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 17


Atornillador Inalámbrico

Atornillador Inalámbrico	Especificaciones	
	Marca	Stanley
	Profundidad (Cm)	30 cm
	Voltaje	4 V

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 18


Escalera Profesional Telescópica

Escalera Profesional Telescópica	Especificaciones	
	Material	Fibra de vidrio
	Peso	34,28 kg
	Altura extendida	8,83 m
	Capacidad de carga	170 kg

Fuente: Sodimac (s.f.)

Tabla 5. 19


Extensión Profesional en carrete

Extensión Profesional en carrete	Especificaciones	
	Amperaje	15 A
	Longitud	20 m
	Calibre	14 AWG

Fuente: Sodimac (s.f.)

Tabla 5. 20


Juego de llaves ratch

Juego de llaves ratch	Especificaciones	
	Marca	Stanley
	Material	Metal

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 21


Atornillador Inalámbrico

Atornillador Inalámbrico	Especificaciones	
	Marca	Stanley
	Profundidad (Cm)	30 cm
	Voltaje	4 V

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 22


Juego de destornilladores

Juego de destornilladores	Especificaciones	
	Marca	Kamasa
	Juego	6 piezas
	Material	Acero / Plástico

Fuente: Sodimac (s.f.)

Tabla 5. 23


Broca Metal 1/8"

Broca Metal 1/8"	Especificaciones	
	Marca	Dewalt
	Material	Acero rápido

Fuente: Sodimac (s.f.)

Tabla 5. 24


Wincha contra impacto

Wincha contra impacto	Especificaciones	
	Alcance	10 m
	Precisión	+/-2 mm
	Marca	Truper

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 25


Martillo de uña con mango ergonómico

Martillo de uña con mango ergonómico	Especificaciones	
	Material del mango	Fibra de vidrio
	Material	Acero
	Peso	0,6 kg
	Marca	Stanley

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 26


Juego de limas para aluminio

Juego de limas para aluminio	Especificaciones	
	Marca	Stanley
	Material	Acero

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 27


Taladro profesional

Taladro profesional	Especificaciones	
	Marca	Bosch
	Modelo	GSB 16 RE
	Velocidad de impacto	0-48.500 ipm
	Material (a trabajar)	Madera, metal y concreto
	Capacidad de perforación en acero	13 mm
	Capacidad de perforación en concreto	16 mm
	Capacidad de perforación en madera	30 mm
	Potencia	750W
	Longitud de cable	2 m
	Tensión	220 V
Peso	1,8 kg	

Fuente: Sodimac (s.f.)

Tabla 5. 28 .


Multímetro profesional

Multímetro profesional	Especificaciones	
	Marca	Bosch
	Medidas	3,0 x 70 mm

Fuente: Promart (s.f.)

Tabla 5. 29


Pinza amperimétrica

Pinza amperimétrica	Especificaciones	
	Medición de corriente	CA/CC 600 A
	Medición de la tensión	CA/CC 1.000 V
	Marca	Fluke

Fuente: Fluke (s.f.)

Tabla 5. 30


Broca de concreto para anclaje

Broca de concreto para anclaje	Especificaciones	
	Marca	Bosch
	Medidas	1/8"x2 1/2"

Fuente: Bosch (2019)

Tabla 5. 31

Broca multiconstrucción


Broca multiconstrucción	Especificaciones	
	Marca	Bosch
	Medidas	3,0 x 70 mm

Fuente: Sodimac (s.f.)

c) Vehículo

Tabla 5. 32

Camioneta para transporte de materiales

Camioneta de transporte	Especificaciones	
	Marca	Chevrolet
	Modelo	N300 Work
	Medida de compartimiento de carga	2,7 m
	Capacidad de carga	915 kg
	Potencia del motor	106 HP a 5.400 rpm

Fuente: Chevrolet (s.f.)

5.4. Capacidad instalada

5.4.1. Cálculo detallado del número de máquinas y operarios requeridos

Es necesario calcular el factor de utilización y eficiencia para el proceso de instalación de un sistema fotovoltaico. El factor de utilización (U) considera la desviación entre las horas reales y las horas productivas. En este caso para un turno de trabajo de 8h. En el presente proyecto se considera horas productivas a las horas que el técnico y operario están realizando instalaciones. Debido que la instalación se realiza en la vivienda del

cliente se tienen los siguientes tiempos en los cuales el técnico y el operario no están produciendo:

Tabla 5. 33

Actividades no productivas

Actividad	Duración (minutos)
Verificación de los materiales que se llevará para la instalación.	15
Transporte de la planta a la vivienda del cliente y transporte de regreso a la planta.	40
Transporte entre la vivienda de un cliente a otro cliente	15
Otras situaciones que impidan que el técnico y operario produzcan	5
Total	75

Elaboración propia

$$\text{Factor de utilización: } \frac{(8-1,25)}{8} = 84,3\%$$

Factor de eficiencia (E): considera la desviación entre las horas estándar y las horas productivas utilizadas para realizar la misma cantidad de producto. Para este caso, se considerará un factor de eficiencia de 0,9.

Para realizar el cálculo del número de operarios que se necesitan para realizar una instalación fotovoltaica se determinó la duración de cada actividad del proceso de instalación de sistemas fotovoltaicos descrito en la sección 5.2.2.1.

Tabla 5. 34

Tiempo de instalación del sistema fotovoltaico

Etapa	Actividad	Duración (min)	Duración de etapa (min)	Duración acumulada (min)
Presentación y acomodamiento de materiales y componentes	Presentación con el propietario/encargado	8,0		
	Descargar los perfiles de las estructuras de soporte, herramientas, la escalera telescópica y los componentes del S.F.	10,0	18,0	18,0
Ensamble y anclaje de las estructuras de soporte	Colocar elementos de seguridad	1,0		
	Colocar escalera y subir al techo	8,0		
	Ensamblar y fijar las estructuras de soporte	20,0	30,5	48,5
	Bajar del techo	1,5		
Traslado del panel fotovoltaico al techo	Acomodar los paneles fotovoltaicos	2,0		
	Subir al techo para izar el panel 1	1,0		
	Izar el panel fotovoltaico 1	1,0		
	Bajar del techo para izar el panel 2	1,0	8,0	56,5
	Izar el panel fotovoltaico 2	1,0		
	Retirar cuerdas de los paneles fotovoltaicos	0,5		
	Bajar del techo	1,5		
Ubicación y fijación del inversor	Desencajar el inversor	1,5		
	Fijar el inversor	3,5	5,0	61,50
Ubicación, instalación y conexión de las baterías	Colocar gabinete de baterías	1,0		
	Colocar aislante para el gabinete de baterías	0,5	4,0	65,50
	Conectar baterías	2,5		
Corte del suministro eléctrico	Comunicar que se bajará llave general de luz	2,5		
	Bajar la llave general de luz	0,5	3,0	68,50
Instalación de elementos de protección del SF	Fijar caja de llave termomagnética	3,5	4,5	73,0
	Colocar llaves termomagnéticas	4,0		

(Continua)

(continuación)

Etapa	Actividad	Duración (min)	Duración de etapa (min)	Duración acumulada (min)
Montaje del panel fotovoltaico	Subir al techo	1,5		
	Desencajar los paneles fotovoltaicos	1,0		
	Asegurar los paneles fotovoltaicos en la estructura de soporte y conectar	4,0	8,5	81,5
	Verificar voltaje	1,0		
	Cubrir el panel fotovoltaico	1,0		
Conexión de cables del sistema fotovoltaico y puesta a tierra	Conectar el cable vulcanizado a la caja de conexiones del panel fotovoltaico	1,0		
	Conectar el cable de tierra al marco del panel fotovoltaico	1,0		
	Cablear desde la llave termomagnética del panel y cablear conexión a tierra del panel al tablero general	15,0		
	Pasar tubo corrugado	10,0	57,5	139,0
	Colocar abrazaderas de fijación	15,0		
	Cablear desde la llave termomagnética del panel al inversor	2,5		
	Conectar la batería con el inversor	3,0		
	Conectar el inversor a su respectiva llave termomagnética y al tablero general	10,0		
Puesta en servicio del suministro eléctrico	Comunicar subida de llave del suministro eléctrico	2,5		
	Subir llave de suministro eléctrico	0,5	3,0	142,0
Configuración del inversor	Configurar el inversor	10,0	10,0	152,0
Pruebas de funcionamiento del SF	Realizar pruebas de funcionamiento	5,0		
	Llenar Informe de Instalación	4,0	9,0	161,0
Entrega del Informe de Instalación e indicaciones del funcionamiento del SF	Entregar del Informe de Instalación	2,0	23,0	184,0
	Indicar el funcionamiento del SF	20,0		
	Retirarse de la vivienda	1,0		

Elaboración propia

De acuerdo con el cuadro anterior, el tiempo estándar para realizar una instalación fotovoltaica es de 184 minutos. Añadiendo el factor de utilización y eficiencia se calculó el número de instalaciones que puede realizar un técnico en un turno de trabajo, debido a que las instalaciones solo se pueden realizar en el día se considera 1 turno de trabajo igual a un día laborable.

$$\text{N}^\circ \text{ instalaciones realizadas} = \frac{1 \text{ instalación}}{184 \text{ minutos}} * \frac{480 \text{ minutos}}{1 \text{ día}} * 84,30\% * 90\% = \frac{2 \text{ instalaciones}}{\text{día}}$$

El resultado fue que un técnico puede realizar dos instalaciones por día, es importante recordar que el técnico realiza la instalación con un operario acompañante. El técnico también invierte tiempo en realizar la visita técnica al cliente, la cual tiene una duración aproximada de 25 minutos, incluyendo transporte. El número de visitas técnicas es igual número de instalaciones.

Por otra parte, la oferta de valor incluye otorgar al cliente el mantenimiento anual de la instalación fotovoltaica, en un día un operario puede hacer 7 visitas de mantenimiento más las actividades no productivas que toman 75 minutos.

El requerimiento se calculó con las horas que toma cada actividad al técnico.

Tabla 5. 35

Número de técnicos y operarios requeridos para instalar S.F.

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Demanda	499	616	661	710	761	817
Demanda de instalación	499	616	661	710	761	817
Demanda visitas inspección	499	616	661	710	761	817
Demanda mantenimiento año 1	0	499	616	661	710	761
Tiempo Instalación SF (h)	1.683	2.078	2.230	2.395	2.567	2.756
Tiempo visita de inspección (h)	208	257	275	296	317	340
Tiempo Mantenimiento año 1 (h)		474	585	628	675	723
Tiempo actividades no productivas (h)	390	390	390	390	390	390
Tiempo total requerido (h)	2.281	3.199	3.480	3.709	3.949	4.209
Horas del año disponible (h)	2.496	2.496	2.496	2.496	2.496	2.496
N° técnicos	1	2	2	2	2	2
N° operarios acompañantes	1	2	2	2	2	2

Elaboración propia

Por otra parte, se necesita de un operario que se mantendrá en la planta para realizar las estructuras de soporte y las bases de madera del gabinete de baterías. El lote de producción de estas serán las necesarias para una semana, siendo el tiempo total para

realizar una estructura de soporte y una base de madera de 25 minutos. Debido a este cálculo se determinó que solo se necesita un operario en planta inclusive en el último año que la demanda semanal sería de 16 estructuras de soporte y bases de madera.

Tabla 5. 36

Número de operarios requeridos en planta

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Número de operarios de planta	1	1	1	1	1	1

Elaboración propia

Para calcular el número de maquinarias requeridas, se utilizó la siguiente formula:

$$\text{N}^\circ \text{ de maq} = \frac{(\text{Tiempo de la operación por unidad de procesamiento por maq}) * (\text{Demanda anual en número unidad de procesamiento})}{\text{N}^\circ \text{ total de horas disponibles en el año}}$$

Las dos máquinas del proyecto son la máquina de corte y el taladro de banco, se calculó el número de piezas de operación en función de la máxima demanda (año 6). Asimismo, se mide el tiempo de operación por cantidad de procesamiento

Tabla 5. 37

Número de máquinas requeridas

Máquina	Tiempo de procesamiento	Cantidad de procesamiento	N° de horas disponibles	N° de máquinas requeridas el año
Máquina de corte	5 segundos	17.019 cortes	2.496	1
Taladro de banco	4 segundos	4.850 agujeros	2.496	1

Elaboración propia

El cuadro inferior presenta un resumen del requerimiento de herramientas necesario para una pareja de instaladores y operario de planta.

Tabla 5. 38

Requerimiento de herramienta para operario de planta

Herramienta	2019
Juego de limas para aluminio	1
Atornillador Inalámbrico	1

Elaboración propia

Tabla 5. 39

Requerimiento de herramienta por pareja de instaladores

Herramienta	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Pinza pelacables	1	2	2	2	2	2
Escalera telescópica	1	2	2	2	2	2
Multímetro	1	2	2	2	2	2
Alicate de corte	1	2	2	2	2	2
Alicate universal aislado	1	2	2	2	2	2
Juego de destornilladores	1	2	2	2	2	2
Wincha contra impacto	1	2	2	2	2	2
Martillo de uña con mango ergonómico	1	2	2	2	2	2
Juego de llaves ratch	1	2	2	2	2	2
Extensión Profesional en carrete	1	2	2	2	2	2
Atornillador Inalámbrico	1	2	2	2	2	2
Pinza amperimétrica	1	2	2	2	2	2
Taladro profesional	1	2	2	2	2	2

Elaboración propia

Respecto con los vehículos de transporte la pareja de instaladores utilizará una camioneta para transportarse y llevar los componentes para instalar el sistema fotovoltaico.

Tabla 5. 40

Requerimiento de vehículo por pareja de instaladores

Vehículo	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Camioneta para transporte de materiales	1	2	2	2	2	2

Elaboración propia

5.4.2. Cálculo de la capacidad instalada

De acuerdo con Díaz Garay y Noriega (2018), la capacidad de producción es “la cantidad de materiales o productos que un proceso o una planta puede producir”. Con la finalidad de determinar la capacidad instalada se tomó en cuenta el número de instalaciones que puede realizar un técnico, en el acápite inferior se determinó 11 instalaciones, durante el último año del proyecto. Asimismo, solo se tiene un turno de trabajo debido a que las instalaciones solo pueden realizarse durante el día.

Además, para determinar la capacidad del proyecto en el año 6 se parte que se realizaran las visitas del año 5 (en la Tabla 5.35 se muestran que son 761 visitas de mantenimiento). En ese caso, con dos parejas de instaladores, trabajando 6 días a la semana durante 52 semanas, se tienen los siguientes datos:

- N° horas disponibles en el año: 4.992
- N° horas de actividades no productivas: 780
- N° horas requeridas para realizar visita de mantenimiento año 5: 733

El resultado es que quedan disponibles 3.479 horas para realizar visitas técnicas e instalaciones. Además, el tiempo total de una visita técnica más una instalación es de 227.4 minutos. Finalmente, la capacidad del proyecto en el año 6 es la siguiente:

$$\text{Capacidad} = \frac{1 \text{ instalación + visita técnica}}{227.4 \text{ minutos}} * \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} * \frac{3.479 \text{ horas}}{\text{año}} = \frac{917 \text{ instalaciones + visitas técnicas}}{\text{año}}$$

En ese sentido, la capacidad del proyecto en el año 6 es de 917 instalaciones. Recordemos que el número de instalaciones es igual a de visitas técnicas.

5.5. Resguardo de la calidad y/o inocuidad del producto

5.5.1. Calidad de la materia prima, de los insumos, del proceso y del producto

Debido a que el producto representa una inversión elevada para el cliente, se debe asegurar que este cuente con altos estándares de calidad que aseguren un buen rendimiento durante los 25 años de vida del producto. Asegurar la calidad depende también, de cómo se escogen los componentes del producto y los métodos de calidad que se seguirán durante el proceso de instalación

Calidad de los componentes

Los proveedores deberán acreditar certificaciones de calidad mundial que aseguren los componentes del sistema fotovoltaicos fueron desarrollados siguiendo rigurosos procesos de control de calidad, sean resistentes, y capaces de ofrecer la potencia nominal que se garantiza en las especificaciones.

- **ISO 9001**- Sistema de gestión de la calidad, certificación de la Organización Internacional de Normalización - ISO.

- **IEC 61215** – Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval, evalúa las características mecánicas y eléctricas de paneles solares cristalinos de silicio.
- **IEC 61730** –Photovoltaic (PV) module safety qualification, evalúa la conformidad con los requerimientos de seguridad para paneles solares.

En el almacén el operario de planta verificará por inspección visual que el panel se encuentre en buen estado, teniendo en consideración las siguientes fallas: celdas rotas o con pequeñas fracturas, burbujas en el laminado, defectos en la caja de conexión o cables, defectos en el sellado exterior, vidrio rayado.

Calidad del proceso

Durante el almacenado de los componentes del sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta que los paneles fotovoltaicos no pueden ir apilados en cantidades grandes debido a que son frágiles. Por otra parte, el almacén de baterías debe considerar un ambiente fresco y estas no irán apiladas una sobre otra.

Durante el transporte del panel fotovoltaico existe riesgo que este se quiebre o golpee, lo cual impediría su uso. Por esa razón, el panel irá resguardado con bases de Tecnopor. Asimismo, el inversor y las baterías serán asegurados para evitar golpes.

Calidad del producto terminado

Una vez instalado el sistema fotovoltaico el técnico realizará las pruebas de funcionamiento para cerciorarse que la instalación se ha efectuado de manera óptima y que cumpla con los requisitos mencionados en la Norma Técnica E.M.080 Instalaciones con Energía Solar, los cuales son mencionados en la sección 5.2.2.1

Asimismo, los componentes del sistema fotovoltaico tienen una garantía de reemplazo del producto la cual será aplicada si se demuestra que los componentes tienen alguna falla técnica en un periodo de 10 años para el panel fotovoltaico; 1 2 años para las baterías y 5 para el inversor.

No aplica la garantía en los siguientes casos:

- El producto ha sido desarmado o modificado por personas ajenas a la empresa.
- Cuando la falla se produce debido al desgaste natural de los componentes por el uso.

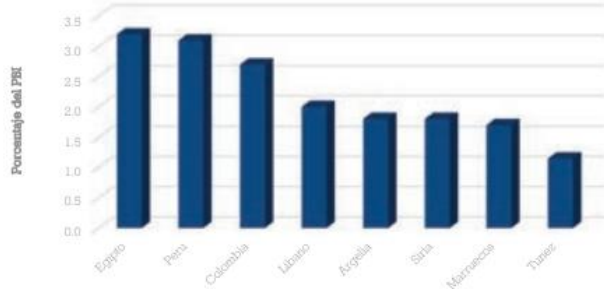
- Si algún componente o material del sistema fotovoltaico ha sufrido alteraciones y no conserva su estado original.
- Si las reparaciones de algún componente han sido realizadas por personal no autorizado por la empresa.

5.6. Estudio de impacto ambiental

La variable ambiental es un factor que impacta en las decisiones de un proyecto por eso es importante tenerla en cuenta al momento de determinar la viabilidad de un proyecto pues “garantiza que dicho proyecto pueda ser desarrollado de manera sostenible; es decir, con medidas y mecanismos óptimos que permitan manejar cualquier indicio de deterioro del entorno físico, biológico, social, o la afectación de la salud de las personas” (Ministerio del Ambiente, 2016, pág. 26).

Figura 5. 21

Costo de la degradación ambiental (salud y calidad de vida)



Fuente: MINAM (2016)

Para analizar las características ambientales del presente proyecto se utilizará la Matriz Leopold. En el siguiente cuadro, se presenta los niveles de significancia tomados como referencia y los factores de evaluación de la Matriz.

Tabla 5. 41

Valoración de la magnitud del impacto

Magnitud del impacto	Valoración
Impactos negativos	-
Impactos positivos	+
Alteración alta	10,9,8
Alteración media	7,6,5,4
Alteración baja	3,2,1

Elaboración propia

Tabla 5. 42

Valoración de la importancia del impacto

Importancia del impacto	Valoración
Intensidad alta	10,9,8
Intensidad media	7,6,5,4
Intensidad baja	3,2,1

Elaboración propia

Tabla 5. 43

Matriz Leopold

Factores ambientales		Elementos ambientales/ impactos	Proceso			Impacto positivo	Impacto negativo	Evaluación
			Sistema Fotovoltaico	Estructura de soporte	Base de madera			
Método físico	Aire	Incremento del vapor de agua	/	/	/	0	0	
		Incremento en niveles de emisión de gases contaminantes	/	/	/	0	0	
		Contaminación sonora	/	-2 3	-2 3	0	2	-12
	Agua	Disminución del acuífero	/	/	/	0	0	
		Contaminación de aguas de regadío	/	/	/	0	0	
	Suelo	Contaminación del suelo por residuos materiales, embalajes	-2 4	-3 4	-3 4	0	3	-32
		Contaminación del suelo por vertido de efluentes	/	/	/	0	0	
		Contaminación del suelo por residuos peligroso	/	/	/	0	0	
	Método Biológico	Flora	Eliminación de la cobertura vegetal	/	/	/	0	0
Fauna		Alteración del hábitat de la fauna	/	/	/	0	0	
Medio Socioeconómico	Seguridad y salud	Riesgo de exposición del personal a ruidos intensos	-1 4	-2 4	-2 4	0	3	-20
		Economía	Generación de empleo	5 5	1 5	1 5	3	0
	Dinamización de las economías locales		5 5	2 5	2 5	3	0	45
	Arqueología	Afectación de zonas arqueológicas	/	/	/	0	0	
Total						6	8	16

Elaboración propia

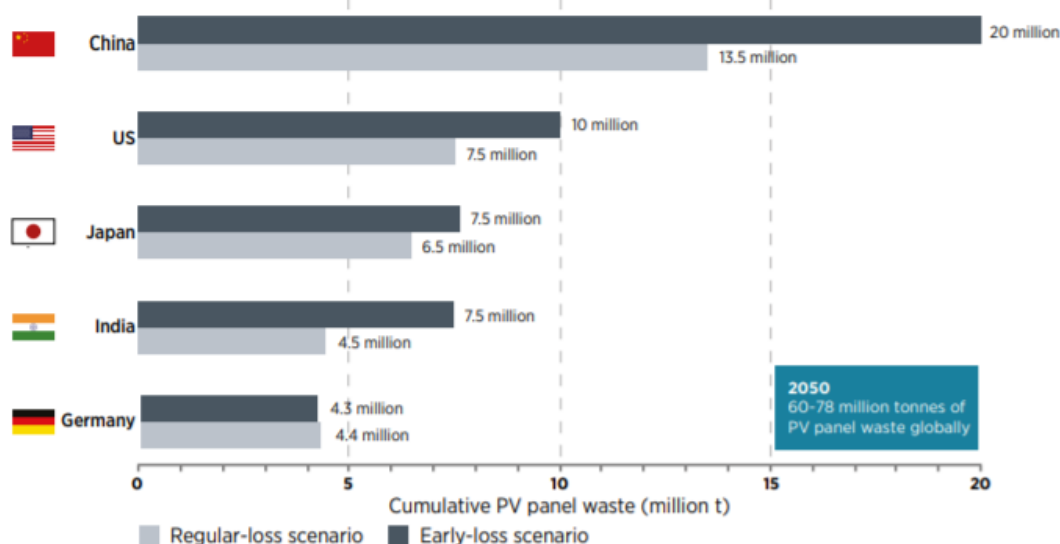
Finalmente, el impacto ambiental resultante es positivo.

Se considera que “la energía eléctrica generada mediante paneles solares fotovoltaicos es inagotable y no contamina, por lo que contribuye al desarrollo sostenible, además de favorecer el desarrollo del empleo local” (Acciona.com, sección Energías Renovables). Ahora bien, el ciclo de vida de los paneles fotovoltaicos es de alrededor de 25 años, en ese caso, ¿qué sucederá con estos al terminar su vida útil?

“Se estima que hasta un 90% del vidrio y del material semiconductor puede ser reutilizado en nuevos paneles u otros productos de vidrio” (Ovacen, s.f.) . De acuerdo con el informe de International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme e International Renewable Energy Agency (IEA-PVPS & IRENA, 2016), se espera que para el 2050 se tenga 60 toneladas de residuos de paneles fotovoltaicos, la mayor proporción le corresponde a China. Asimismo, el informe indica que el material reciclado de los paneles solares puede servir para la producción de nuevos paneles y que la gestión del final de la vida útil de los paneles fotovoltaicos generará nuevas industrias, que aporten a la economía y el desarrollo sostenible.

Figura 5. 22

Desperdicio acumulado en volumen de los cinco principales países al 2050



Fuente: IEA-PVPS & IRENA (2016)

Algunos países como la unión europea han regulado el tratamiento de reciclaje de los paneles fotovoltaicos una vez que termine la vida útil de los mismo. En la Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos de aparatos eléctricos

y electrónicos (RAEE) (2012) se incluye el tratamiento de paneles fotovoltaicos como residuo RAEE, asimismo la directiva indica:

Los usuarios de AEE de hogares particulares deben tener la posibilidad de devolver sus RAEE al menos sin cargo alguno. Los productores deben financiar al menos la recogida en las instalaciones de recogida, así como el tratamiento, la valorización y la eliminación de los RAEE (consideración 23).

Por otra parte, es importante considerar la vida útil del resto de componentes del sistema fotovoltaico: las baterías tienen una vida útil de 5 a 8 años dependiendo del número de ciclos de descarga, mientras que el inversor tiene 10 años de vida útil.

Las baterías no pueden ser desechadas en cualquier parte ya que son agentes contaminantes para el medio ambiente. En el presente proyecto, se dispondrá de un punto especial que permitan al cliente dejar las baterías cuya vida útil hayan finalizado y posteriormente, se dará a recicladores especializados para su tratamiento, lo cual podría significar generar un ingreso para el proyecto a partir del año 7 (se estima una vida útil de baterías de 7 a 8 años); sin embargo, debido a que el horizonte del proyecto es de 6 años, no se ha tenido en cuenta los ingresos por reciclaje de baterías en la evaluación financiera.

5.7. Seguridad y salud ocupacional

La seguridad de los colaboradores es una variable fundamental para la cultura organizacional, ya que permite incrementar la productividad y desarrollar un lugar óptimo de trabajo. En el presente proyecto se seguirán las regulaciones peruanas respecto a esta materia, las cuales son las siguientes: Ley 29783- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y su reglamento DS N° 005 2012 TR.

EL programa de Salud y Seguridad Ocupacional del proyecto incluirá los siguientes lineamientos:

- Se establecerá una política de Seguridad y Salud Ocupacional para otorgar lineamientos que guíen a los colaboradores y jefaturas.

- Se creará un comité de Salud y seguridad ocupacional el cual cambiará de miembros cada año, para que de esta manera todos los colaboradores tengan conocimiento de este tema.
- Se evaluarán los riesgos a los que se encuentra expuesto el trabajador mínimo una vez al año o cada que se cuente con nueva maquinaria. Esto se verá reflejado en una matriz IPERC.
- Se llevará registro de todos los incidentes ocurridos.
- Se instalarán barreras alrededor de procesos o máquinas para mantener a los colaboradores fuera de áreas riesgosas en algún momento determinado.
- Se colocarán señalizaciones para advertir alguna exposición al peligro y de esta manera los colaboradores puedan tomar sus precauciones.
- Se brindará equipos de protección personal EPP requeridos en cada actividad
- Se realizará un plan de respuestas ante emergencias y se establecerá una ruta de evacuación establecida.
- Se realizarán simulacros de evacuación para entrenar al personal a cómo actuar ante alguna emergencia.
- Se realizarán capacitaciones para informar a los colaboradores de las políticas de riesgos, usos de los EPP, plan de respuesta ante emergencias.

Tabla 5. 44

Matriz IPERC para instalación de S.F.

Tarea	Peligro	Riesgo	Probabilidad					Índice de Severidad	Probabilidad x Severidad	Nivel de Riesgo	Riesgo Significativo	Medidas de Control
			Índice de personas expuestas (A)	Índice de Procedimientos Existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)					
Descargar materiales, componentes del s.f.	Incorrecta manipulación de los objetos	Lesiones a operarios	1	1	1	3	6	1	6	TOLERABLE	NO	Uso de equipo de protección personal (EPP)
Colocar escalera para subir al techo/azotea	Caída de escalera sobre operarios	Lesiones a operario o terceros	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Manipular la escalera dos operarios a la vez
Subir materiales, estructura de soporte	Caída de materiales u operarios	Lesiones a operarios o terceros	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica
Armar y fijar estructura de soporte	Manipular aluminio (metal)	Cortes en las manos de los operarios	1	1	1	3	6	2	12	MODERADO	SI	Uso de guates y ropa adecuada
Subir panel fotovoltaico	Caída del panel u operarios	Lesiones a operarios o terceros	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Coordinar movimientos de izado de panel con una voz de mando
Bajar del techo/azotea	Caída de operarios	Lesiones a operarios	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Un solo operario a la vez debe bajar por la escalera

(Continua)

(Continuación)

Tarea	Peligro	Riesgo	Probabilidad					Índice de Severidad	Probabilidad x Severidad	Nivel de Riesgo	Riesgo Significativo	Medidas de Control
			Índice de personas expuestas (A)	Índice de Procedimientos Existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)					
Desembalar el inversor	Caída del inversor sobre operario	Lesión a operario	1	1	1	1	4	1	4	TRIVIAL	NO	Uso de zapato con punta de acero
Instalar inversor	Inadecuada manipulación de herramientas	Lesiones a las manos	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada
Instalar baterías	Caída de objeto pesado	Golpes a los pies	1	1	1	3	6	2	12	MODERADO	SI	Movimientos de manipulación adecuados y uso de zapato con punta de acero
Colocar protección al inversor	Inadecuada manipulación de herramientas	Lesiones a operarios	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso del equipo de protección personal (EPP)
colocar protección a las baterías	Manipulación de metal (fierro galvanizado)	Corte en las manos de operario	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada
Bajar llave general de suministro eléctrico	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica

(Continua)

(Continuación)

Tarea	Peligro	Riesgo	Probabilidad					Índice de Severidad	Probabilidad x Severidad	Nivel de Riesgo	Riesgo Significativo	Medidas de Control
			Índice de personas expuestas (A)	Índice de Procedimientos Existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)					
Colocar el panel fotovoltaico con funda de protección	Inadecuada manipulación de herramientas	Cortes, golpes y lesiones a operarios	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	El panel solar debe ser manipulado por dos operarios a la vez con sus epps
Colocar llave termomagnética entre el panel y el inversor	Inadecuada manipulación de herramientas	Lesiones a operarios	1	1	1	1	4	1	4	TRIVIAL	NO	Respetar procedimientos y uso de los epps
Colocar cables del panel fotovoltaico al inversor	Caída de herramientas u operarios	Golpes y lesiones a operarios	1	1	1	3	6	2	12	MODERADO	SI	Uso del arnés de seguridad y su línea de vida
Colocar llave termomagnética entre las baterías e inversor	Inadecuada manipulación de herramientas	Lesiones a operarios	1	1	1	1	4	1	4	TRIVIAL	NO	Respetar procedimientos y uso de los epps
Conectar inversor al tablero general	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica
Conectar baterías al inversor	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica

(Continua)

(Continuación)

Tarea	Peligro	Riesgo	Probabilidad					Índice de Severidad	Probabilidad x Severidad	Nivel de Riesgo	Riesgo Significativo	Medidas de Control
			Índice de personas expuestas (A)	Índice de Procedimientos Existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)					
Realizar conexión de puesta a tierra	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica
Subir llave general de suministro eléctrico	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica
Quitar funda de seguridad del panel fotovoltaico	Corriente eléctrica	Choque eléctrico	1	1	1	3	6	2	12	MODERADO	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica
Realizar pruebas de funcionamiento	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	2	12	MODERADO	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica
Guardar materiales de trabajo	Caída de materiales sobre operarios	Lesiones a operarios	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de equipo de protección personal (EPP)
Realizar conexión de puesta a tierra	Corriente eléctrica	Choque eléctrico incluso electrocución	1	1	1	3	6	3	18	IMPORTANTE	SI	Aislamiento y uso de protección dieléctrica

Elaboración propia

Tabla 5. 45

Matriz IPERC para elaboración de base de madera

Tarea	Peligro	Riesgo	Probabilidad					Índice de Severidad	Probabilidad x Severidad	Nivel de riesgo	Riesgo significativo	Medidas de Control
			Índice de personas expuestas (A)	Índice de Procedimientos Existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)					
Medir y marcar longitudes	Astillado de la madera	Penetración de astillas en la mano del operario	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada
Cortar listón de madera	Manipular elementos cerca del disco de corte	Corte de dedos de la mano	1	1	1	2	5	2	10	MODERADO	SI	Uso de guantes y respetar la distancia de seguridad al elemento de corte
Atornillar	Inadecuada manipulación del atornillador inalámbrico	Corte en las manos del operario	1	1	1	2	5	2	10	MODERADO	SI	Uso de guates y adecuada sujeción de las piezas a unir
Inspección de resistencia de uniones	Astillado de la madera	Penetración de astillas en la mano del operario	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada

Elaboración propia

Tabla 5. 46

Matriz IPERC para elaboración de estructuras de soporte

Tarea	Peligro	Riesgo	Probabilidad					Índice de Severidad	Probabilidad x Severidad	Nivel de riesgo	Riesgo significativo	Medidas de control
			Índice de personas expuestas (A)	Índice de Procedimientos Existentes (B)	Índice de Capacitación (C)	Índice de Exposición al Riesgo (D)	Índice de Probabilidad (A+B+C+D)					
Medir y marcar longitudes	Manipular aluminio (metal)	Cortes en la mano del operario	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada
Cortar varillas de aluminio	Manipular elementos cerca del disco de corte	Corte de los dedos de la mano del operario	1	1	1	2	5	2	10	MODERADO	SI	Uso de guantes y respetar la distancia de seguridad al elemento de corte
Taladrar agujeros pasantes	Manipular elementos cerca de la broca de perforación	Corte de los dedos de la mano del operario	1	1	1	2	5	2	10	MODERADO	SI	Uso de guantes y respetar la distancia de seguridad al elemento de corte
Limar rebabas	Manipular aluminio (metal)	Cortes en la mano del operario	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada
Inspeccionar coincidencia de agujeros	Manipular aluminio (metal)	Cortes en la mano del operario	1	1	1	2	5	1	5	TOLERABLE	NO	Uso de guates y ropa adecuada

Elaboración propia

La Tabla 5.49 muestra los EPPs que se usarán como medidas mitigadoras de los riesgos que se detectaron en las matrices IPERC, así como su vida útil.

Tabla 5. 47

EPS para instalación de S.F.

EPPS	Cantidad requerida por una persona	Unidad de medida
Casco de seguridad con ratchet color azul	1	Unidad
Lentes antiempañantes	1	Unidad
Guantes anticorte	1	Unidad
Guantes dieléctricos para trabajar hasta 500v	1	Unidad
Arnés de seguridad 1 argolla y línea de vida	1	Unidad
Zapato dieléctrico con punta composite	1	Par
Overol azul de drill con cinta reflectiva	1	Unidad

Elaboración propia

Tabla 5. 48

EPPS para elaboración de estructuras de soporte

EPPS	Cantidad requerida por una persona	Unidad de medida
Protector facial completo (para carpintería metálica)	1	Unidad
Guantes anticorte	1	Unidad
Orejas profesionales	1	Par
Botas punta de acero	1	Par
Overol azul de drill con cinta reflectiva	1	Unidad

Elaboración propia

Tabla 5. 49

EPPS para elaboración de soporte de madera

EPPS	Cantidad requerida por una persona	Unidad de medida
Lentes antiempañantes	1	Unidad
Mascarilla para polvo N95	1	Unidad
Guantes multiusos	1	Par
Botas punta de acero	1	Par
Overol azul de drill con cinta reflectiva	1	Unidad

Elaboración propia

5.8. Sistema de mantenimiento

Cumplir el plan de mantenimiento establecido permitirá que se pueda alcanzar los objetivos del proyecto, ya que permitirá dar continuidad al programa de producción planificado. Se realizarán dos tipos de mantenimiento:

- **Mantenimiento no planificado:** también conocido como mantenimiento reactivo es aquel que se usa cuando se ha producido una falla o averías y se necesita reparar.
- **Mantenimiento planificado:** Se llevará a cabo un plan de mantenimiento preventivo que busca evitar o mitigar las consecuencias de las fallas que puedan producirse.

Tabla 5. 50

Plan de mantenimiento de máquinas

Máquina	Actividad	Encargado	Descripción	Frecuencia	Instrumentos	Repuestos o materiales
Taladro de banco	Conservación	Operario de planta	Limpieza	Después de uso de 1 lote	Paño limpieza	
		Operario de planta	Lubricación	Cada 6 meses		Aceite
	Sustitución preventiva	Operario de planta	Encerar	Cada 6 meses	Cera en pasta	
		Operario de planta	Cambio de broca	Cada 1.000 perforaciones	- Paño limpieza	Broca para metal
Máquina de corte	Inspección	Operario de planta	Inspección de oxidación	Cada mes	-	
	Conservación	Operario de planta	Limpieza	Después de uso de 1 lote	Paño limpieza	
		Operario de planta	Lubricación	Cada 6 meses		Aceite
	Sustitución preventiva	Técnico	Cambio de disco de metal	Cada 750 perforaciones	Disco	Disco para aluminio
Técnico		Cambio de disco de madera	Cada 1.000 perforaciones		Disco para madera	
Taladro manual	Conservación	Operario	Limpieza	Después de 1 día de uso	Paño limpieza	
		Operario	Lubricación	Cada 6 meses		Aceite
	Sustitución preventiva	Operario	Cambio de broca para anclaje	Cada 500 perforaciones	-	Broca multi-construcción
		Operario	Cambio de broca multi-construcción	Cada 1.000 perforaciones	-	Broca multi-construcción

Elaboración propia

Tabla 5. 51

Requerimiento de brocas y discos de corte

Herramienta	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Broca de concreto para anclaje	9	11	12	13	14	15
Broca multiconstrucción	4	5	5	6	6	7
Broca para metal	25	31	33	36	38	41
Disco de corte de aluminio	10	12	13	14	15	16
Disco de corte de madera	3	3	3	4	4	4

Elaboración propia

Respecto al vehículo comprado para la movilización de componentes de la instalación y pareja de instaladores, se ha programado anualmente mantenimiento planificado a partir del año 3, ya que la distancia el kilometraje es relativamente pequeño. Además, el concesionario otorga el primer año el mantenimiento; sin embargo, si se debe pagar el seguro del vehículo cada año y el SOAT.

Con respecto al mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos, como mencionamos el Capítulo II este debe llevarse a cabo de manera preventiva y correctiva. La oferta de valor incluye mantenimiento al final del primer año de la instalación del sistema.

El mantenimiento preventivo de los sistemas fotovoltaicos es sencillo, ya que estos sistemas se consideran de bajo costo de mantenimiento comparado con otros sistemas que generan energía eléctrica. Asimismo, las actividades de mantenimiento preventivo carecen de dificultad y muchas de estas son llevadas por el usuario final sin necesidad de requerir personal especializado

Los paneles requieren de limpieza del polvo y suciedad que puedan impedir el ingreso de la energía solar a las células fotovoltaicas y de esta manera disminuyan la eficiencia del panel. Antes de limpiar los paneles se debe desconectar el panel del inversor para evitar descargas de energía. Asimismo, se debe evitar diferencias de temperatura entre el agua y el panel que podrían ocasionar fisuras del vidrio (Almarza et al., 2016). Por otra parte, es importante trimestralmente inspeccionar si existen objetos que puedan hacer sombra al panel o si el mismo presenta alguna rotura, deslaminado.

Los inversores por su parte no requieren de mucho mantenimiento, es importante considerar la inspección de la zona dónde se encuentra que siga siendo ventilada y no haya modificada por insectos o roedores. Por otra parte, el técnico encargado del

mantenimiento será responsable de la inspección de las conexiones internas del mismo y funcionamiento del ventilador.

Las estructuras de soporte por ser de aluminio no necesitan mantenimiento para evitar la corrosión, solo se revisará el estado de los pernos y sujeciones. En el caso de las baterías gel estas son libres de mantenimiento; sin embargo periódicamente se revisarán los bornes de estas.

Tabla 5. 52

Plan de mantenimiento preventivo del sistema fotovoltaico

Componente del S.F.	Actividad	Encargado	Frecuencia
Panel fotovoltaico	Limpieza	Usuario	Máximo mensualmente en zona de mucho polvo o lluvia
	Inspección	Usuario	Trimestralmente
Inversor	Inspección	Usuario	Mensualmente
	Inspección	Técnico electricista	El primer año de instalación y luego cada dos años
Conexiones de cables	Revisión de conexiones	Técnico electricista	El primer año de instalación y luego cada dos años
Estructura de soporte	Revisión de pernos y fijaciones	Técnico electricista	El primer año de instalación y luego cada dos años
Baterías	Inspección	Técnico electricista	El primer año de instalación y luego cada dos años

Elaboración propia

Respecto con el mantenimiento correctivo, en general los sistemas fotovoltaicos son sistemas con poca ocurrencia de fallos, entre sus componentes el inversor es el componente que presenta mayor probabilidad de fallo aunque “la confiabilidad de los inversores en el mercado ha aumentado considerablemente en los últimos años. Sin embargo, debe considerar la avería del inversor al menos una vez durante la vida útil del sistema” (Almarza et al., 2016, pág. 38). Las causas de falla del inversor y las soluciones de éstas se presentan en el manual de usuario entregado al cliente en el momento de la instalación. Algunas de estas fallas, por ejemplo, pueden solucionarse por el propio cliente y así lo indica el manual.

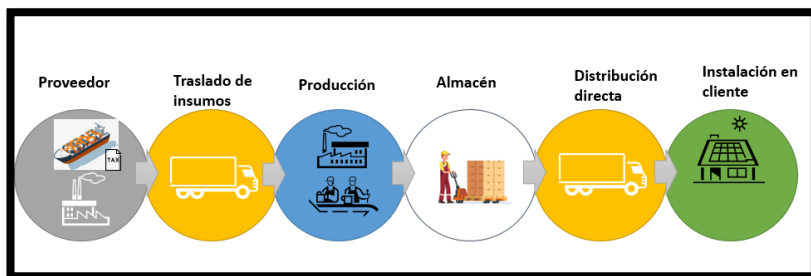
5.9. Diseño de la cadena de suministro

La cadena de suministro se define como la integración de empresas proveedoras, fabricantes, clientes y canales de distribución. Para el presente proyecto los componentes de la cadena de suministro serán los siguientes:

- Proveedor: los proveedores serán de dos tipos, nacionales e internacionales, en el caso de los proveedores nacionales estos ofrecerán el servicio de traslado hacia la planta. Por otra parte, los proveedores internacionales enviarán los productos por barco usando el Incoterm Cost Insurance and Freight – CIF.
- Traslado de insumos: el incoterm CIF solo abarca hasta que la mercancía está en puerto, por lo que, la distribución desde el puerto hacia la planta es costada por la empresa.
- Almacén: los componentes del sistema fotovoltaicos se almacenan hasta que sean requeridos para una instalación, a su vez las varillas para realizar las estructuras de soporte y base de madera se guardan hasta ser procesadas.
- Producción: se realizan las estructuras de soporte y las bases de madera.
- Almacén: los componentes del sistema fotovoltaico junto con las estructuras de soporte, la base de madera y los materiales que complementan la instalación se almacenan hasta que se proceda a realizar una instalación.
- Distribución directa: traslado de los componentes del sistema fotovoltaico hacia el cliente
- Instalación en el cliente: en esta etapa se procede a brindarle el servicio de instalación al cliente.

Figura 5. 23

Cadena de suministro



Elaboración propia

5.10. Programa de producción

La instalación de sistemas fotovoltaicos no tiene inventario inicial ni inventario final debido que se realiza en la vivienda del cliente. En ese sentido, el programa de producción anual será igual a la demanda.

Tabla 5. 53

Programa de producción

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Número de instalaciones realizadas	499	616	661	710	761	817

Elaboración propia

Se ha realizado el programa de pedidos para los componentes del sistema fotovoltaicos, los cuales serán importados mediante barco, teniendo en cuenta el lead time de los pedidos de 2 meses y la variabilidad de espera aproximadamente medio mes. Asimismo, el plan de pedidos será cada tres meses para no sobredimensionar el almacén, pero tampoco quedarse con un stock que impida seguir operando en caso surja algún imprevisto en el tiempo de entrega del proveedor. Cada año el stock mínimo debe ser necesario para realizar instalaciones en medio mes.

Tabla 5. 54

Programa de pedidos año 1 (Kit Fotovoltaico)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	41	41	41	41	41	41	41	41	42	42	42	45
Recepción Programada				120			120			140		
Inventario Inicial	180	139	98	57	136	95	54	133	92	50	148	106
Inventario Final	139	98	57	136	95	54	133	92	50	148	106	61
Lanzamiento de pedidos		120			120			140			140	

Elaboración propia

Tabla 5. 55

Programa de pedidos año 6

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	69
Recepción Programada	210			200			220			200		
Inventario Inicial	33	175	107	39	171	103	35	187	119	51	183	115
Inventario Final	175	107	39	171	103	35	187	119	51	183	115	46
Lanzamiento de pedidos		200			220			200			180	

Elaboración propia

El plan de pedidos detallado de todos los años del proyecto se presenta en el **Anexo 6**. Por otra parte, las bases de madera y estructura de soporte se realizarán para el requerimiento que se necesite en una semana de instalaciones.

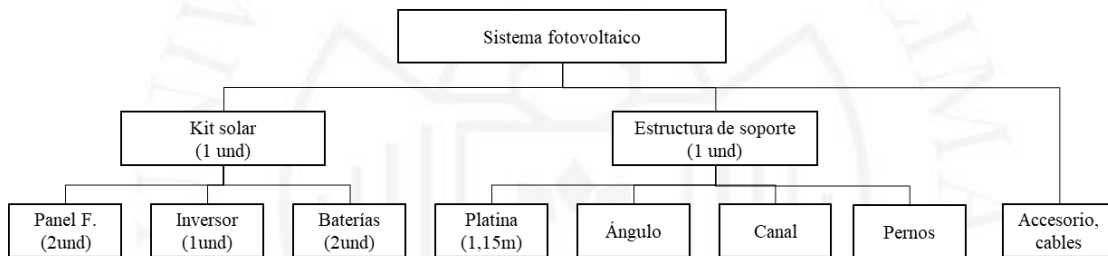
5.11. Requerimiento de insumos, servicios y personal indirecto

5.11.1. Materia prima, insumos y otros materiales

En la presente sección se detalla la cantidad de materiales e insumos que se requieren para una instalación fotovoltaica. Para tener mayor visibilidad, se realizó un diagrama de Gozinto, en el cual se descompuso un sistema fotovoltaico en tres partes: el kit solar, la estructura de soporte junto con los accesorios, cables, entre otros.

Figura 5. 24

Diagrama de Gozinto



Elaboración propia

A continuación, se presenta el requerimiento del Kit Solar compuesto por dos paneles fotovoltaico, un inversor híbrido y dos baterías.

Tabla 5. 56

Requerimiento de componentes del sistema fotovoltaico

Componente	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Panel solar 270W	Unidad	998	1.232	1.322	1.420	1.522	1.634
Baterías	Unidad	998	1.232	1.322	1.420	1.522	1.634
Inversor	Unidad	499	616	661	710	761	817

Elaboración propia

La estructura de soporte se realizará con perfiles de aluminio anodizado, estos vienen comercialmente en varillas de 6m. En la sección 5.2.2.1 Descripción del proceso se presentó los tipos de varillas utilizar.

Tabla 5. 57

Requerimiento de varillas de aluminio

Material	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ángulo igual 1 ½" x 1/8"	Varilla	791	977	1.048	1.126	1.207	1.295
Canal 1 13/16" x 25/32" X 3/32"	Varilla	499	616	661	710	761	817
Platina 1 1/12"x 1/8"	Varilla	84	103	111	119	127	137

Elaboración propia

Tabla 5. 58

Requerimiento de otros materiales para estructura de soporte

Material	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Etiquetas	Unidad	1.497,00	1.848,00	1.983,00	2.130,00	2.283,00	2.451,00
Cinta de embalaje 100 m	Metros	249,50	308,00	330,50	355,00	380,50	408,50
Strech film 50 cm x 200 m	Metros	249,50	308,00	330,50	355,00	380,50	408,50

Elaboración propia

Además, se tiene en cuenta el requerimiento para realizar las bases de madera para el gabinete de baterías.

Tabla 5. 59

Requerimiento para bases de madera de gabinete de baterías

Material	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Listón de madera 1"x2"x 10.5 pies	Listón	250	308	331	355	381	409
Tornillo autorroscante para madera 4 x 80 mm	Unidad	2.994	3.696	3.966	4.260	4.566	4.902

Elaboración propia

Se lista la cantidad de materiales necesarios para la instalación de sistemas fotovoltaicos, considerando el número de instalaciones programadas a realizar.

Tabla 5. 60

Requerimiento anual de materiales para instalaciones fotovoltaicas

Material	Cantidad unitaria	Unidad de medida	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Tornillo autorroscante de 1/8"x3/4"	8	Unidad	3.992	4.928	5.288	5.680	6.088	6.536
Tarugos para tornillo 1/8"x3/4"	8	Unidad	3.992	4.928	5.288	5.680	6.088	6.536
Gabinete de baterías	1	Unidad	499	616	661	710	761	817
Cable 6 AWG	2,4	Metros	208	257	275	296	317	340
Terminal de compresión 6AWG	4	Unidad	1.996	2.464	2.644	2.840	3.044	3.268
Caja para 3 llaves termomagnéticas	1	Unidad	499	616	661	710	761	817
Cable vulcanizado 14 AWG *	10	Metros	4.990	6.160	6.610	7.100	7.610	8.170
Cable puesta a tierra 14 AWG*	7	Metros	3.493	4.312	4.627	4.970	5.327	5.719
Tubo corrugado de 1/2"	7	Metros	3.493	4.312	4.627	4.970	5.327	5.719
Abrazadera de fierro galvanizado	7	Unidad	4	5	5	5	6	6
Llave termomagnética	3	Unidad	1.497	1.848	1.983	2.130	2.283	2.451
Conector MC4	4	Unidad	1.996	2.464	2.644	2.840	3.044	3.268
Presor	6	Unidad	2.994	3.696	3.966	4.260	4.566	4.902
Clavo para pared 3/4"	7	Unidad	3.493	4.312	4.627	4.970	5.327	5.719
Perno de expansión galvanizado 5/16"x2"	9	Unidad	4.491	5.544	5.949	6.390	6.849	7.353
Perno de cabeza hexagonal 1/4" x 3/4" con arandela de ajuste y tuerca	19	Unidad	9.481	11.704	12.559	13.490	14.459	15.523

Elaboración propia

Se añade al requerimiento otros materiales que serán utilizados en las instalaciones pero que no quedarán como parte del sistema fotovoltaico.

Tabla 5. 61

Otros materiales utilizados en la instalación de S.F.

Material	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Cuerda 9 mm x 30 m	Rollo	1	1	1	1	1	1
Cinta aislante	Metros	200	246	264	284	304	327
Letreo de señalización	Unidad	1	2	2	2	2	2
Hojas Bond de Informe de Instalación	Millar	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Protección para subir el panel	Unidad	2	4	4	4	4	4
Cobertura para panel	Unidad	1	2	2	2	2	2

Elaboración propia

Finalmente, se presentan los materiales utilizados para las actividades administrativas de la planta y del puesto de venta, entre ellos mobiliarios equipo de computación y otros.

Tabla 5. 62

Requerimiento mobiliario de punto de venta (todo el proyecto)

Concepto	Numero requerido
Computadoras	1
Televisor	1
Escritorio en L	1
Impresora multifuncional	1
Estante de melamina para oficina	1
Sillas de atención	3
Sillón de espera	1
POS Inalámbrico	2
Logo de la empresa para fachada	1
Total	

Elaboración propia

Tabla 5. 63

Requerimiento mobiliario de zona administrativa (todo el proyecto)

Concepto	Numero requerido
Oficinas	
Escritorio con silla	5
Estante	3
Computadoras	6
Impresora multifuncional	1
Comedor	
Televisor	1
Juego de comedor	3
Frigider	1
Cafetera	1
Microondas	1
Mueble de comedor	1
Recepción	
Sillón de espera	1
Televisor	1
Mueble de recepción	1
Sala de capacitación	
Escritorio con sillas	1
Proyector	1
Total	

Elaboración propia

5.11.2. Servicios: energía eléctrica y agua

Los procesos del presente proyecto no implican gasto en agua, para este servicio solo se considera lo consumido por las personas administrativas, aproximadamente 20 L (incluye al ejecutivo de ventas), mientras que para el operario de planta se requiere de aproximadamente 100 L de agua diarios. Para técnicos y operarios se ha calculado 20 L ya que permanecen poco tiempo dentro de la planta.

Tabla 5. 64

Requerimiento de agua (m³)

Tipo de empleado	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Técnicos y operarios	12,5	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Operario de planta	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6	15,6
Personal administrativo	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4
Total	65,5	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0

Elaboración propia

Por otra parte, el consumo de electricidad de la zona de producción (máquinas y luminaria), el uso de luz de instalación de sistemas fotovoltaicos no será costado por el proyecto ya que se realiza en la vivienda del cliente; aparte se calculó el gasto en luminarias y equipos administrativos.

Tabla 5. 65

Requerimiento de luz (kWh) de producción

Máquina/luminaria	Potencia (W)	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Taladro de banco	350	9.703	11.978	12.853	13.806	14.797	15.886
Máquina de corte	1.800	24.738	30.545	32.765	35.205	37.728	40.505
Luminaria de zona de producción	18	64.670	79.834	85.666	92.016	98.626	105.883
Total en Wh-año		99.111	122.356	131.283	141.027	151.150	162.274

Elaboración propia

Tabla 5. 66

Requerimiento de luz (kWh) de Administrativo

Equipo/luminaria	Cantidad	Potencia	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Computadoras	7	120	1.834,56	1.834,56	1.834,56	1.834,56	1.834,56	1.834,56
Impresora multifuncional	1		31,20	31,20	31,20	31,20	31,20	31,20
Televisor	2	90	280,80	280,80	280,80	280,80	280,80	280,80
Frigider	1		230,00	230,00	230,00	230,00	230,00	230,00
Cafetera	1	550	85,80	85,80	85,80	85,80	85,80	85,80
Microondas	1	700	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20	109,20
Proyector	1	200	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40	62,40
Luminaria	20	12	299,52	299,52	299,52	299,52	299,52	299,52
Total			2.933,48	2.933,48	2.933,48	2.933,48	2.933,48	2.933,48

Elaboración propia

Debido a que los instaladores del sistema fotovoltaicos requieren desplazarse hasta la vivienda del cliente, se ha mencionado la necesidad de un vehículo que los transporte. En el año 0 se realizará la compra de una camioneta; sin embargo, en el año 2 se unirá una pareja más de técnico y operario, en ese caso se alquilará una camioneta para que puedan atender las actividades que necesitan.

Tabla 5. 67

Requerimiento alquiler de camioneta (días)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Nº de día de alquiler	0	106	148	183	217	260

Elaboración propia

Con respecto al requerimiento de combustible, se ha calculado en función a los 55 minutos diarios que la pareja se desplaza de la planta hacia la vivienda de los clientes y posterior retorno más el tiempo individual de transporte para las visitas de inspección y mantenimiento.

Tabla 5. 68

Requerimiento de combustible (galones)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Minutos requeridos	299,17	476,08	528,08	568,00	607,50	655,83
Combustible	927,42	1.475,86	1.637,06	1.760,80	1.883,25	2.033,08

Elaboración propia

5.11.3. Determinación del número de trabajadores indirectos

De acuerdo con Diaz y Noriega (2018) la mano de obra indirecta “está conformada por trabajadores que realizan actividades de apoyo a los procesos de fabricación”. El personal indirecto que conforma el capital humano requerido para el presente proyecto es el siguiente:

Tabla 5. 69

Número de trabajadores indirectos

Puesto	Número requerido
Jefe de Operaciones y Supply	1
Asistente de Supply	1
Total	2

Elaboración propia

5.11.4. Servicios de terceros

Se toma la decisión de tercerizar servicios que no están relacionados con la actividad principal del proyecto y que destinar personal de la empresa podría representar mayores costos e inversión innecesaria. Los servicios que serán tercerizar son los siguientes:

- Servicio de limpieza
- Servicio de vigilancia
- Servicio de asesoría contable

- Transporte: Necesario para llevar kits fotovoltaicos de Lima a Arequipa

5.12. Disposición de Planta

5.12.1. Características físicas del proyecto

Durante el diseño de las instalaciones para la planta se siguieron los aspectos relevantes contemplados en el Reglamento Nacional de Edificaciones para la construcción de ambientes industriales.

En cuanto al material de construcción, se usarán muros de ladrillo confinado y vigas de acero para paredes externas y columnas de la instalación, debido a que son resistentes y tienen alta durabilidad, además de ser adecuados para una zona sísmica como lo es el Perú; dichas paredes deberán tener 3 m. de altura y el techo estará compuesto de vigas con paneles metálicos o calaminas. Las paredes internas, estarán hechas de *dry-wall* debido a su menor costo y fácil instalación en caso se decida hacer una redistribución de planta en el futuro. El piso de la planta será de cemento pulido, debido a su fácil limpieza.

Para evitar el riesgo de que escapen contaminantes y afecten a otras áreas o al medio ambiente, el área de producción estará completamente cerrada y contará con los sistemas de ventilación necesarios, mientras que otros ambientes cumplirán con lo establecido por las normas, teniendo un área de ventilación no menor al 5% de la superficie a ventilar.

5.12.2. Determinación de las zonas físicas requeridas

La planta contará con un total de 11 áreas que son las siguientes:

1. Área de producción
2. Almacén de acumulación
3. Almacén de materias primas
4. Patio de maniobras
5. Estacionamientos
6. Baño para administrativos
7. Baño y vestidores para personal de producción

8. Comedor
9. Oficinas
10. Sala de reunión
11. Recepción
- 2.

5.12.3. Cálculo de áreas para cada zona

Área de producción

El espacio requerido para el área de producción de las estructuras de soporte y la base de madera se calculó según el método de Guerchet, el cual se basa en el cálculo de superficies estáticas (SS), de gravitación (SG) y de evolución (SE) de los elementos estáticos y móviles que estarán presentes en la planta. Asimismo, se consideran el número de uso (N), y el número de elementos móviles o estáticos de un tipo (n), como se muestra a continuación:

Tabla 5. 70

Cálculo de superficie estática y gravitación

Zona	Elementos	L (m)	A (m)	H (m)	N	n	Ss	Sg
Zona de medición	Mesa de medición	6	0,5	0,9	1	1	3,00	3,00
Zona de corte	Mesa de corte	1,8	0,6	1,53	1	1	1,08	1,08
Zona de taladrado	Mesa de taladro	2,5	0,6	1,48	1	1	1,50	1,50
Zona de trabajo manual	Mesa de trabajo	2	0,8	0,9	1	1	1,60	1,60
Zona de inspección y empaque	Mesa de inspección y empaque	2	0,8	0,9	1	1	1,60	1,60
Elemento móvil	Carretilla de transporte	0,72	0,8	1,8	-	2	1,44	0,00
Elemento móvil	Operarios	-	-	1,65	-	1	0,50	0,00

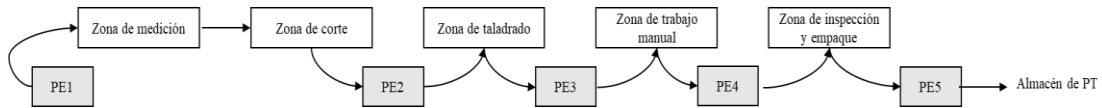
Elaboración propia

Factor espera

Adicionalmente, el método establece que se debe evaluar si los puntos de espera (P.E.) caben dentro de la superficie de gravitación de la máquina correspondiente, o si se ocuparán un área adicional en la zona de producción, siendo la condición de independencia que el área del P.E. supere el 30% del Sg correspondiente.

Figura 5. 25

Puntos de espera en zona de producción



Elaboración propia

Tabla 5. 71

Cálculo del factor espera

Punto de espera	L	A	H	N	n	Ss	Sg	Sg PE/ Sg de estación
PE1	6,0	1,0	0,9	1	1	6,00	6,00	200%
PE2	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	45%
PE3	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	33%
PE4	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	31%
PE5	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	31%

Elaboración propia

De este análisis parcial, se concluye que todos los puntos de espera son dependientes y que todos se encuentran incluidos dentro de la superficie de gravitación correspondiente.

Cálculo del coeficiente de evolución K

Una vez añadidos los puntos de espera que representarán un área adicional, se calcularon las alturas promedio de los elementos móviles ($\bar{h}_{E.M.}$) y de los elementos estáticos ($\bar{h}_{E.E.}$), obteniéndose 1,78 m y 1,09 m respectivamente. Con estos valores, se calculó la constante **K**:

$$K = \frac{(\bar{h}_{E.M.})}{(\bar{h}_{E.E.})} = \frac{1,78}{2 \times 1,09} = 0,82$$

Tabla 5. 72

Matriz de Guerchet

Elementos	L (m)	A (m)	H (m)	N	n	Ss	Sg	Ss x n	Ss x n x H	Se	ST
PE1	6	1	0,9	1	1	6,00	6,00	6,00	5,40	9,82	21,82
Mesa de medición	6	0,5	0,9	1	1	3,00	3,00	3,00	2,70	4,91	10,91
Mesa de corte	1,8	0,6	1,53	1	1	1,08	1,08	1,08	1,65	1,77	3,93
PE2	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	0,49	0,83	0,80	1,78
Mesa de taladro	2,5	0,6	1,48	1	1	1,50	1,50	1,50	2,22	2,45	5,45
PE3	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	0,49	0,83	0,80	1,78
Mesa de trabajo	2	0,8	0,9	1	1	1,60	1,60	1,60	1,44	2,62	5,82
PE4	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	0,49	0,83	0,80	1,78
Mesa de inspección y empaque	2	0,8	0,9	1	1	1,60	1,60	1,60	1,44	2,62	5,82
PE5	0,7	0,7	1,7	1	1	0,49	0,49	0,49	0,83	0,80	1,78
Sub total elementos estáticos							16,74	18,18			60,88
Carretilla de transporte	0,72	0,8	1,8	-	2	1,44	0,00	2,88	5,18	1,18	5,24
Operarios	-	-	1,65	-	1	0,50	0,00	0,50	0,83	0,41	0,91
Sub total elementos móviles							3,38	6,01			6,15
Total											67,02

Elaboración propia

Finalmente, se calculó el área mínima total de 67,02 m² aproximadamente. Cabe resaltar que por motivos de disposición de la planta en general y para dar mayor espacio de desplazamiento el área de producción medirá 71,25 m².

Factor movimiento

El factor movimiento es un componente significativo en la disposición de planta ya que cualquier cambio en el sistema de manejo de materiales debe hacerse en paralelo con la disposición de planta (Díaz Garay y Noriega, 2018).

En la planta se llevan a cabo dos procesos: fabricación de las estructuras de soporte del panel fotovoltaico y preparación de la base de madera. En esta sección se describirán los movimientos para ambos procesos.

Tabla 5. 73

Cuadro de movimientos del proceso de fabricación de estructuras de soporte

Material	Punto de inicio	Punto de llegada	Medio de acarreo
Varillas de aluminio anodizado	Patio de maniobras	Almacén de materias primas	Manual
Etiqueta	Patio de maniobras	Almacén de materias primas	Carretilla de transporte
Strech film	Patio de maniobras	Almacén de materias primas	Carretilla de transporte
Cinta de embalaje	Patio de maniobras	Almacén de materias primas	Carretilla de transporte
Varillas de aluminio anodizado	Almacén de materias primas	Punto de espera 1	Manual
Varillas de aluminio anodizado	Punto de espera 1	Mesa de medición	Manual
Varillas de aluminio anodizado	Mesa de medición	Mesa de corte	Manual
Varillas de aluminio anodizado cortadas	Mesa de corte	Punto de espera 2	Manual
Varillas de aluminio anodizado cortadas	Punto de espera 2	Mesa de taladro	Manual
Varillas de aluminio anodizado cortadas con agujeros	Mesa de taladro	Punto de espera 3	Manual
Varillas de aluminio anodizado cortadas con agujeros	Punto de espera 3	Mesa de trabajo	Manual
Varillas de aluminio anodizado cortadas con agujeros	Mesa de trabajo	Punto de espera 4	Manual
Etiqueta	Almacén de materias primas	Zona de inspección empacado	Manual
Strech film	Almacén de materias primas	Zona de inspección empacado	Manual
Cinta de embalaje	Almacén de materias primas	Zona de inspección empacado	Manual
Varillas de aluminio anodizado cortadas con agujeros	Punto de espera 4	Zona de inspección empacado	Manual
Elementos de aluminio anodizados empacados	Zona de inspección empacado	Almacén de acumulación	Carretilla de transporte

Elaboración propia

Tabla 5. 74

Cuadro de movimientos del proceso de preparación de base de madera

Material	Punto de inicio	Punto de llegada	Medio de acarreo
Listón de madera	Patio de maniobras	Almacén de materias primas	Manual
Tornillo	Patio de maniobras	Almacén de materias primas	Carretilla de transporte
Listón de madera	Almacén de materias primas	Punto de espera 1	Manual
Listón de madera	Punto de espera 1	Mesa de medición	Manual
Listón de madera	Mesa de medición	Mesa de corte	Manual
Pedazos de madera	Mesa de corte	Punto de espera 2	Manual
Pedazos de madera	Punto de espera 2	Mesa de trabajo	Carretilla de transporte
Tornillos	Almacén de materias primas	Mesa de trabajo	Manual
Base de madera	Mesa de trabajo	Almacén de acumulación	Carretilla de transporte

Elaboración propia

Almacén de materias primas

Para determinar el dimensionamiento del almacén se seleccionó los materiales que se encontraran en el mismo. Estos serán los materiales para la madera del gabinete de baterías y las estructuras de soporte. Asimismo, se solicitará al proveedor de maderas en lotes de 40 listones y al de aluminios 45 varillas semanales (incluye ángulo, canal y platina).

Las varillas de aluminio y madera se dispondrán en estantes fijos para almacenar varillas y listones con niveles con peso de 60 kg, ancho 0.4 metros y 6 metros de largo. De acuerdo con el peso de cada varilla y listón se determinó que se necesitan 2 niveles para almacenar madera y 3 para las varillas de aluminio.

Tabla 5. 75

Varillas y listones de madera en almacén de materiales

Material	Cantidad	Unidad de varilla	Peso total
Ángulo igual	26	Varillas	88,40
Canal	13	Varillas	52,00
Platina	6	Varillas	12,00
Listón de madera	40	Listones	96,00

Nota: El peso del aluminio se calculó en base a su densidad 2.698,4 kg/m³

Elaboración propia

Finalmente, en el espacio dejado libre por la madera (ya que esta tiene menor medida de largo que las varillas de aluminio) se almacenaran los tornillos autorroscantes,

las etiquetas para la estructura de soporte, la cinta de embalaje y el stretch film para empacar. Con base en la información presentada se decidió que la medida del almacén sea de 19,5 m².

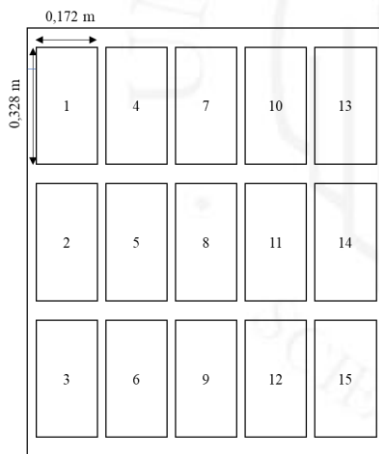
Almacén de acumulación

Este almacén sirve para la acumulación de las componentes y materiales requeridos para la instalación del sistema fotovoltaico. Primero, se dimensionó el espacio requerido para los paneles fotovoltaicos, las baterías e inversores. De acuerdo con la sección 5.10 el lote máximo a almacenar será de 180 kit fotovoltaicos.

Se necesita almacenar 360 baterías, la medida de las baterías es de 328 mm de ancho, 220 mm de alto y 172 mm de profundidad. Estas se almacenarán en parihuelas de 1,0 m x 1,2 m con capacidad de carga de 900 kg. La distribución de baterías será de un nivel cada parihuela alcanzando 15 unidades. Asimismo, cada nivel tendrá 0,42 m de alto, quedando 7 niveles para apilación.

Figura 5. 26

Distribución de baterías en parihuela

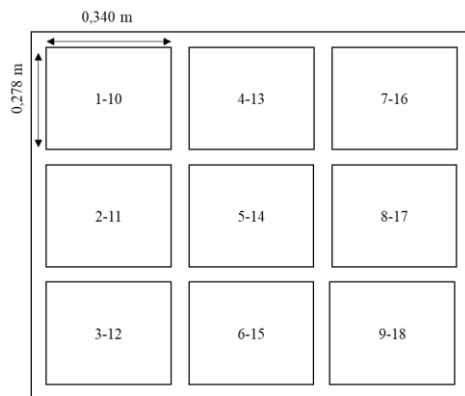


Elaboración propia

Se necesita almacenar 180 inversores, estos están dispuestos en cajas unitarias, cada una tiene una medida aproximadamente de 278 mm de ancho, 340 mm de largo y 108 mm de profundidad. Estas se almacenarán en parihuelas de 1,0 m x 1,2 m con capacidad de carga de 900 kg. La distribución de inversores será de dos niveles en cada parihuela alcanzando 18 inversores. Asimismo, cada nivel tendrá 0,376 m de alto, quedando 7 niveles para apilación.

Figura 5. 27

Distribución de inversores en parihuela



Elaboración propia

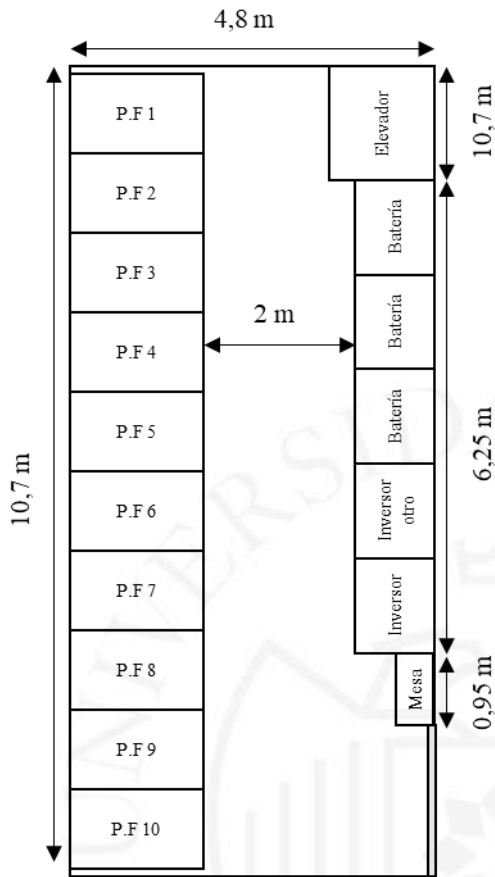
Los paneles fotovoltaicos se almacenan en cajas de 2 unidades, los cuales se apilan en 3 cajas de alto en una parihuela de 1,0 x1,75 m. Cada caja tiene aproximadamente 992 mm de ancho, 1.650 mm de largo y 40 mm de grosor. Se necesita almacenar 360 paneles, es decir 180 cajas. Cada nivel será de 0,5 metros de alto, se dispondrán 6 niveles debido a la altura del almacén.

Con esta información, se determinó la cantidad y dimensiones de los estantes. Se dejará un espacio entre parihuelas de 5 cm. Por otra parte, se necesita de un elevador de un máximo de elevación de 3 metros, al cual se le ha dispuesto un espacio en almacén. Asimismo, se tiene una mesa de trabajo para el asistente de supply.

Existen espacios libres en los estantes donde se almaceran los pernos, estructuras de soporte, base de madera entre otros. Estos espacios han sido denominados “otro”.

Figura 5. 28

Distribución de almacén de acumulación



Elaboración propia

Asimismo, se determinó el número parihuelas y equipo de acarreo de materiales necesarios en el almacén de acumulación.

Tabla 5. 76

Equipos y materiales de almacén de acumulación

Material/equipo	Cantidad (en unidades)
Parihuela 1,7 m x1,0 m	60
Parihuela 1,2 m x1,0 m	32
Carretillas	2
Estibadora manual de 3 m de elevación	1
Mesa	1

Elaboración propia

Finalmente, con el espacio requerido para los estantes donde se almacenarán los componentes del sistema fotovoltaico, una mesa de trabajo y el estacionamiento del

elevador se tiene un área total del almacén de acumulación de **51,36 m²**, tal como se evidencia en la Figura 5.28.

Estacionamientos

En la planta se tendrá dos estacionamientos donde se estacionarán las dos camionetas que se utilizan en el presente proyecto. Para calcular el área requerida se sigue con lo expuesto por El Reglamento Nacional de Edificaciones (2013) que establece que 2 estacionamientos continuos deben tener un ancho libre de 2,5 m por estacionamiento, largo de 5,0 m y altura de 2,1 m, por esta razón, el área total de estacionamiento será de **25,0 m²**.

Patio de maniobras

Debido que se espera la descarga de materiales recibidos por los proveedores el patio de maniobras deberá ser lo suficientemente amplio para la descarga de un camión de dimensiones aproximadas de 4,8 m x 2,3 m x 2,3m. Con esta premisa, la dimensión del patio de maniobras debe ser superior a 54 m², la dimensión final del patio de maniobras será de 54,84 m², la cual ha sido ajustada de acuerdo con el espacio que se tenía en la planta.

Sala de reuniones

Para la sala de reuniones se consideró lo expuesto por Neufert (2010) quien señala que el área requerida para la sala de reuniones es de 2,5 m por persona. Se consideró que la capacidad de la sala de reuniones sería para 5 personas, asumiendo que todo el personal administrativo se reúna. La dimensión necesaria es de 12,5 m² más un extra que se le dará de 1,0 m², siendo el área total de la sala de reuniones de **13,5 m²**.

Baños administrativos

El Reglamento Nacional de Edificaciones (2005) establece que para oficinas con 6 empleados se debe contar con un baño mixto con lavamanos, urinario e inodoro. En el caso del presente proyecto, se tienen 6 personas en el área administrativa, incluyendo a la secretaria, por esa razón se tendrá un solo baño el cual tendrá un área de **3,5 m²**.

Baño y vestidores para personal de planta

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (2005), para los 5 empleados de producción (2 técnicos, 2 operarios instaladores, 1 operario de planta y un

Encargado de Operaciones) se debe contar con 2 baños, uno para hombres y uno para mujeres; sin embargo, debido a las actividades de producción solo se requieren operarios y técnicos hombres, por este motivo solo se contará con un baño.

Siguiendo con lo estipulado en el Código Nacional de Edificación, las instalaciones industriales deben ser provistas de 1 ducha cada 10 trabajadores por turno y un área de vestuarios a razón de 1,5m² por trabajador por turno de trabajo. Debido a que se tienen 5 personas de producción la instalación estará provista de 1 ducha de 2,5m², 5 vestidores de 1,5m². El área total de baño y vestidores será de **13 m²**.

Comedor

Se consideró el comedor como un área de esparcimiento, de acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificación, para determinar el aforo de un patio de comidas, se considera el espacio de 1,5 m² por persona. Como en este proyecto se tiene 11 personas que trabajan en la planta se necesita 16,5 m². Adicionalmente, se ha considerado un baño para el área de comedor de 3,5 m². Finalmente, se dejó un espacio para tener un kitchenette, el área total de la zona será de **22,5 m²**.

Oficinas

Es importante mencionar que solamente el Gerente General tendrá una oficina propia, el resto de personal administrativo estará en cubículos de trabajo. De acuerdo con Sule (2010), la estación de trabajo mínima es de 4,5 m², el Asistente de Supply y el de Finanzas tendrán este espacio para laborar.

Los espacios de trabajo de los jefes y el Gerente General se han determinado de acuerdo en el espacio del terreno. El Gerente General contará con una oficina independiente de 8,4 m², en la cual puede atender a dos personas. El Jefe de Operaciones y Supply tendrá un espacio de trabajo de 6,0 m² y el Jefe de Administración y Finanzas, uno de 5,75 m².

Tabla 5. 77

Dimensión de oficinas

Puesto	Dimensión de lugar de trabajo (m2)
Gerente General	8,4
Jefe de operaciones y Supply	6,0
Jefe de Administración y Finanzas	5,75
Asistente de Supply	4,5
Asistente de Finanzas	4,5
Total	29,15

Elaboración propia

Recepción

En la recepción, se encontrará la secretaria, la cual tendrá el espacio de una estación mínima de trabajo, es decir 4,5 m².

5.12.4. Dispositivos de seguridad industrial y señalización

Respecto a la seguridad industrial, los dos almacenes y la zona de producción contarán con extintores, detectores de incendios con sus respectivas alarmas en caso se detecte. Asimismo, se contará con un pozo a tierra para proteger al personal de descargas eléctricas.

En los interiores de la instalación, el área de producción contará con puertas plegables dobles para facilitar el ingreso de los operarios y el transporte de los materiales. En las áreas administrativas, el comedor, baños y otras áreas, se utilizarán puertas simples, que tendrán un ancho de 0,9 m. La planta será debidamente señalizada de acuerdo con la Noma Técnica 339.010- 1 2015 Señales de Seguridad (2015), la cual indica que los colores de seguridad significan lo siguiente:

- Rojo: Prohibición, material de prevención y de lucha contra incendios
- Azul: Señal de obligación
- Verde: Evacuación
- Amarillo: Riesgo de peligro

Figura 5. 29

Señalización



Fuente: Noma Técnica 339.010- 1 2015 Señales de Seguridad (2015)

5.12.5. Disposición general

La distribución general de la planta se diseñó según la técnica de análisis relacional propuesta por Richard Muther en 1970. La técnica consiste en analizar los factores existentes entre las distintas áreas de la planta, ya sean productivas o administrativas, con el fin de encontrar su mejor ubicación relativa posible. Pese a su antigüedad, el método ha demostrado ser efectivo y se mantiene vigente como herramienta para el diseño de instalaciones. En este sentido, se tomará en cuenta los siguientes factores para determinar la proximidad o lejanía más adecuada entre las áreas:

1. Exposición a sustancias tóxicas
2. Control de almacenes, entradas y salidas
3. Por ruido
4. Conveniencia
5. Mínima distancia recorrida
6. Por no ser necesario

Según el método, se elaboró la tabla relacional, en la que se muestran las relaciones de proximidad evaluadas según los factores antes mencionados y la escala de valores de proximidad.

Tabla 5. 78

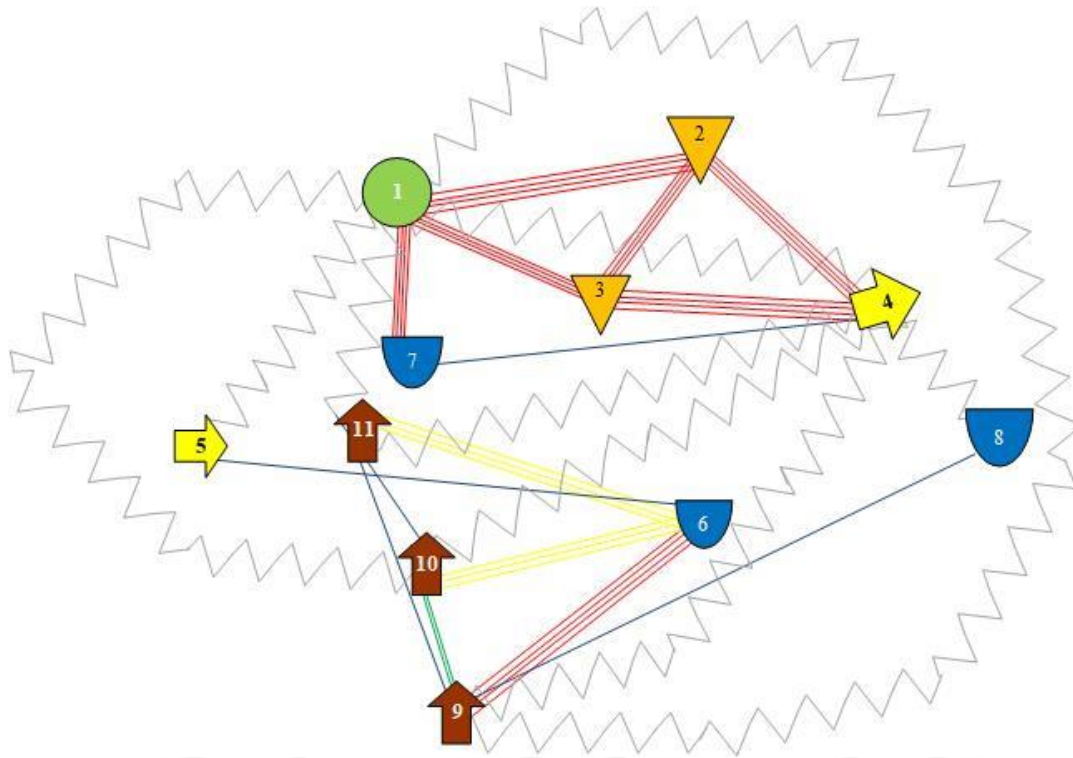
Códigos y valores de proximidad

Código	Valor de proximidad
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente necesario
I	Importante
O	Normal u ordinario
U	Sin importancia
X	No recomendable
XX	Altamente no recomendable

Elaboración propia

Figura 5. 31

Diagrama relacional de las zonas de la planta



Elaboración propia

Según el diagrama relacional y con las dimensiones necesarias para cada área, se elaboró el plano de las instalaciones:

Tabla 5. 80

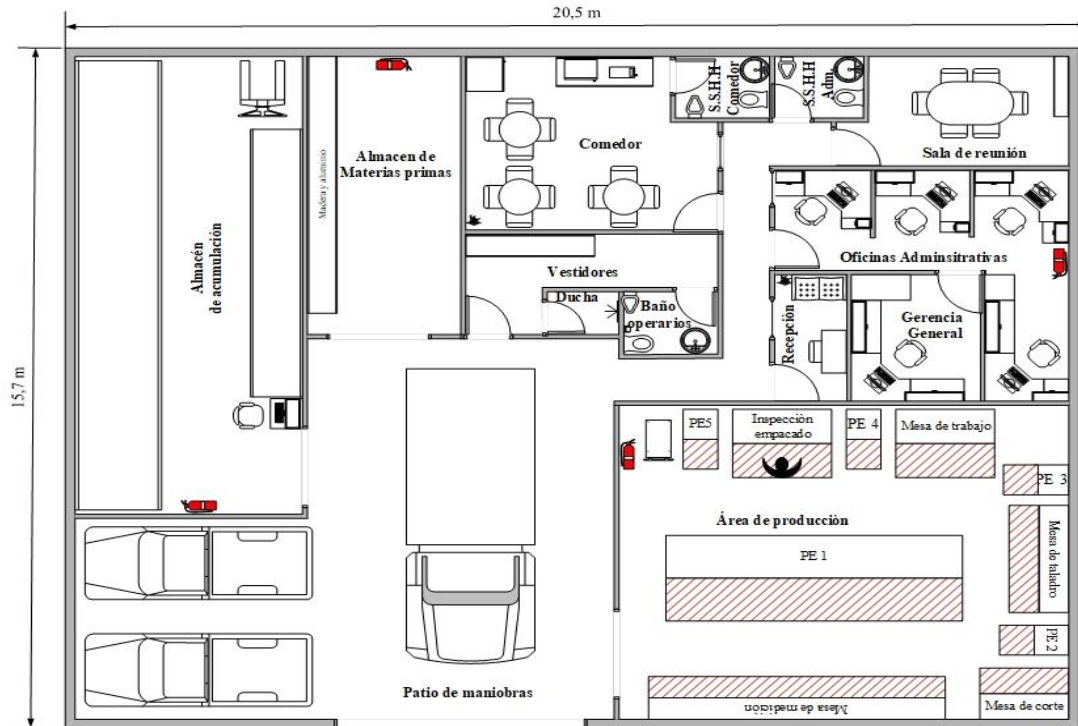
Dimensiones de área de planta


Área	Dimensión m2
Área de producción	71,25
Almacén de acumulación	51,36
Almacén de materias primas	19,5
Patio de maniobras	54,84
Estacionamientos	25,0
Baño para administrativos	3,5
Baño y vestidores para personal de producción	13,5
Comedor	22,5
Oficinas	29,15
Sala de reunión	13,5
Recepción	4,5

Elaboración propia

Figura 5. 32

Plano de las instalaciones



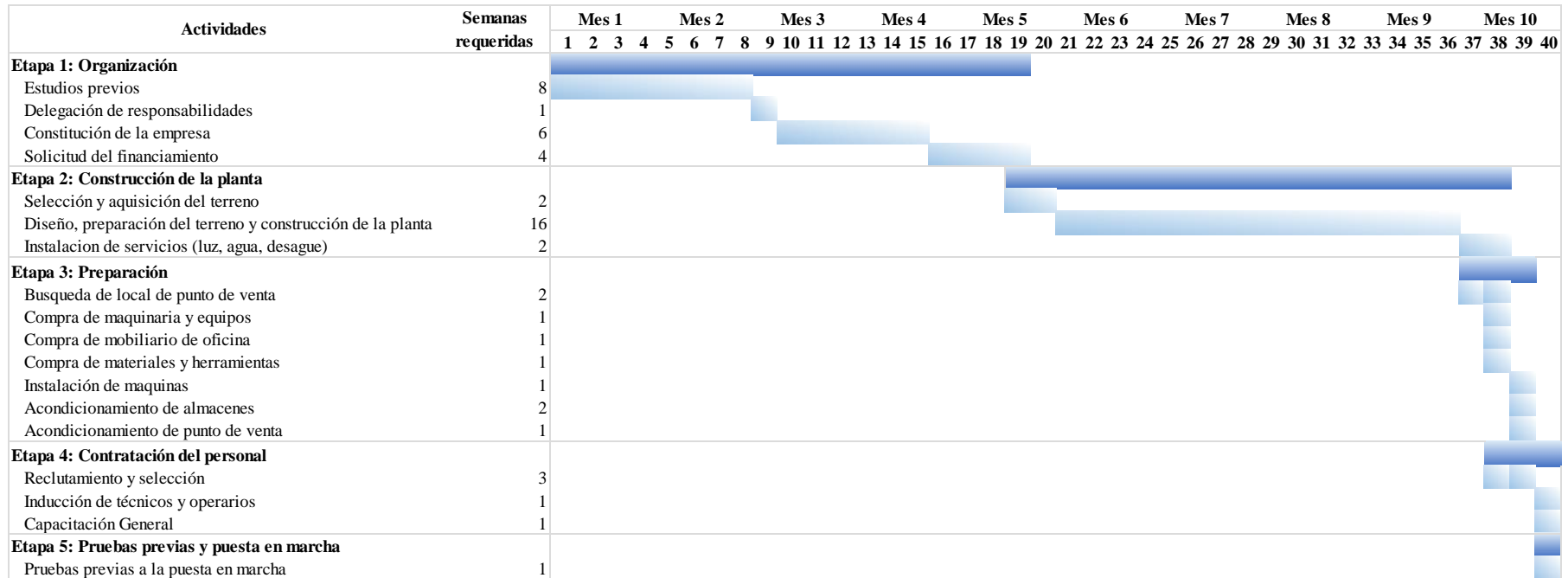
	Universidad de Lima Facultad de Ingeniería y Arquitectura Carrera de Ingeniería Industrial	PLANO DE PLANTA PARA PROYECTO DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	
	Escala: 1:100	Fecha: 10/01/2020	Área: 321,85 m ²

Elaboración propia

5.13. Cronograma de implementación del proyecto

Figura 5. 33

Cronograma



Elaboración propia

CAPÍTULO VI: ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN

6.1. Formación de la organización empresarial

La plana gerencial del proyecto es la siguiente: Jefatura de Operaciones, Jefatura de Administración y Finanzas, Jefatura Comercial. La razón por la que se ha diferenciado entre gerencias y jefaturas es respecto a la carga laboral y actividades que tendrían dentro del alcance de sus funciones.

El proyecto tiene como *core* la instalación de sistemas fotovoltaicos; por lo tanto, la Jefatura de Operaciones y supply es la que brindará la ventaja competitiva respecto a los competidores, este tendrá a su cargo un asiste de Supply, un operario de planta y los técnicos especializados en electricidad y energía solar para dimensionar el sistema e instalar el sistema fotovoltaico.

La Jefatura de Administración y Finanzas, es un área con actividades de soporte; como finanzas, recursos humanos y administración.

Por último, la Jefatura Comercial se encarga de encontrar potenciales clientes, atender los requerimientos y necesidades de estos, la gestión de ventas de la Empresa y fidelización de clientes.

En el presente proyecto, el Jefe de Administración y Finanzas será responsable a la vez de la Jefatura Comercial.

6.2. Requerimientos de personal directivo, administrativo y de servicios; y funciones generales de los principales puestos

A continuación, se presentan las funciones y requerimientos de la primera línea gerencial y jefaturas del proyecto:

Tabla 6. 1

MOF Gerente General

I. Identificación del puesto		
Nombre del puesto:	Gerente General	
Puesto al que reporta:	Accionistas	
II. Funciones del puesto		
<p>a. Formular junto con los accionistas las metas y el plan estratégico de la empresa a mediano y largo plazo.</p> <p>b. Liderar y supervisar que se ejecuten las metas y planes estratégicos de la empresa.</p> <p>c. Cumplir y hacer cumplir las disposiciones de los accionistas.</p> <p>d. Supervisar y controlar el desarrollo de todas las actividades de la empresa.</p> <p>e. Representar a la empresa ante instituciones judiciales, administrativas, laborales, municipales, entre otros.</p> <p>f. Dirigir a las Jefaturas; así como promover su participación en las reuniones internas.</p> <p>g. Reportar a los accionistas acerca de la gestión de la empresa, a fin de dar a conocer los avances y logros obtenidos.</p> <p>h. Aprobar y ejecutar el presupuesto de la empresa.</p> <p>i. Organizar la empresa poniendo en práctica las políticas de la empresa.</p> <p>j. Revisar los estados financieros de la empresa en el periodo de tiempo establecido.</p>		
III. Requerimientos		
Educación	<i>Nivel</i>	MBA
	<i>Especialidad</i>	Administración, Ingeniería Industrial, Ingeniería Eléctrica, Economía o afines.
Otros conocimientos	<i>Idiomas</i>	Inglés – Nivel de dominio: Avanzado
	<i>Informática</i>	Ms Office – Nivel de dominio: Avanzado
Experiencia	<i>Puesto ocupado (dentro y/o fuera de la organización)</i>	<i>Nº de años</i>
	Gerente General o Gerente de Administración, Operaciones, Finanzas y/o afines.	7 años

Elaboración propia

Tabla 6. 2

MOF Jefe de Administración y Finanzas

I. Identificación del puesto		
Nombre del puesto:	Jefe de Administración y Finanzas	
Puesto al que reporta:	Gerente General	
II. Funciones del puesto		
<ul style="list-style-type: none"> a. Organizar y mantener actualizados los análisis económicos para la toma de decisiones. b. Elaborar el presupuesto financiero de la empresa. c. Revisar y proponer oportunidades de mejora en los presupuestos de cada área de la empresa. d. Dirigir la administración de recursos humanos de la empresa. e. Promover la cultura organizacional. f. Dirigir las actividades financieras de la empresa. g. Administrar la salida de caja chica, los viáticos y entregas a rendir. h. Asegurar que se cumplan las obligaciones tributarias y financieras de la empresa. i. Dirigir y controlar el desarrollo, adquisición, y mantenimiento de las tecnologías y sistemas de información. j. Realizar otras funciones afines. 		
III. Requerimientos		
Educación	<i>Nivel</i>	Licenciado o Titulado
	<i>Especialidad</i>	Administración, Ingeniería Industrial, Economía o afines.
Otros conocimientos	<i>Idiomas</i>	Inglés – Nivel de dominio: Avanzado
	<i>Informática</i>	Ms Office – Nivel de dominio: Avanzado
		Sistema ERP – Nivel de dominio: Avanzado
Experiencia	<i>Puesto ocupado (dentro y/o fuera de la organización)</i>	<i>Nº de años</i>
	Jefe, Coordinador de Administración, Finanzas y/o afines.	4 años

Elaboración propia

Tabla 6. 3

MOF Jefe de Operaciones y Supply

I. Identificación del puesto		
Nombre del puesto:	Gerente de Operaciones y Supply	
Puesto al que reporta:	Gerente General	
II. Funciones del puesto		
<p>a. Planificar, organizar, dirigir y controlar la ejecución del plan de actividades y el presupuesto de la Gerencia de Operaciones.</p> <p>b. Formular y ejecutar el plan de operaciones para la producción de productos.</p> <p>c. Formular y ejecutar el plan de operaciones para el servicio de instalación del sistema fotovoltaico.</p> <p>d. Formular, supervisar y ejecutar los planes de mantenimiento.</p> <p>e. Formular, supervisar y dirigir el plan de seguridad y salud ocupacional</p> <p>f. Coordinar y supervisar con los diferentes gerentes y/o jefes correspondientes el adecuado uso de los recursos humanos, financieros y materiales.</p> <p>g. Vigilar el cumplimiento de las disposiciones técnico – administrativo que sean dadas por la empresa.</p> <p>h. Formular, supervisar y dirigir proyectos de remediación ambiental</p> <p>i. Asegurar la calidad de los productos terminados y la buena operación del sistema fotovoltaico</p> <p>j. Evaluar, seleccionar y comprar materias primas e insumos.</p> <p>k. Gestionar el inventario.</p> <p>l. Asegurar que las existencias, insumos y productos terminados atiendan las necesidades de los clientes internos y externos.</p> <p>m. Asegurar que se cumplan las políticas y tiempos para la logística de entrada y salida.</p>		
III. Requerimientos		
Educación	<i>Nivel</i>	Licenciado o Titulado
	<i>Especialidad</i>	Ingeniería Industrial, Economía o afines.
	<i>Otros conocimientos</i>	Diplomado / Magister en electricidad, energía solar
Otros conocimientos	<i>Idiomas</i>	Inglés – Nivel de dominio: Avanzado
	<i>Informática</i>	Ms Office – Nivel de dominio: Avanzado
		Sistema ERP – Nivel de dominio: Avanzado
Experiencia	<i>Puesto ocupado (dentro y/o fuera de la organización)</i>	<i>Nº de años</i>
	Jefe, Coordinador de operaciones, electricidad o afines	5 años

Elaboración propia

Tabla 6. 4

MOF Jefe Comercial

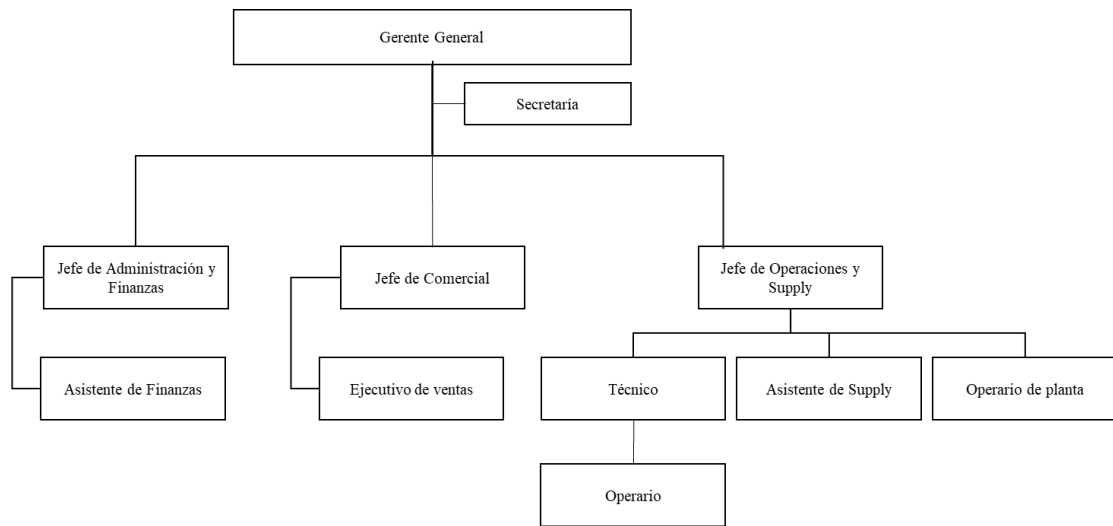
I. Identificación del puesto		
Nombre del puesto:	Jefe Comercial	
Puesto al que reporta:	Gerente General	
II. Funciones del puesto		
a. Motivar y capacitar a la fuerza de ventas b. Investigar y desarrollar una base de datos de potenciales clientes. c. Verificar que se atiendan las demandas y necesidades de los clientes d. Elaborar el presupuesto comercial de la Empresa.		
III. Requerimientos		
Educación	<i>Nivel</i>	Licenciado o Titulado
	<i>Especialidad</i>	Administración, Ingeniería Industrial, Economía o afines.
Otros conocimientos	<i>Idiomas</i>	Inglés – Nivel de dominio: Avanzado
	<i>Informática</i>	Ms Office – Nivel de dominio: Avanzado
		Sistema ERP – Nivel de dominio: Avanzado
Experiencia	<i>Puesto ocupado (dentro y/o fuera de la organización)</i>	<i>N° de años</i>
	Jefe, Coordinador de Administración, Finanzas y/o comercial	4 años

Elaboración propia

6.3. Esquema de la estructura organizacional

La estructura organizacional para las operaciones del proyecto se muestra en la Figura 6.1, siendo la Jefatura de Operaciones la que concentra mayor personal.

Figura 6. 1
Organigrama



Elaboración propia

CAPÍTULO VII: PRESUPUESTOS Y EVALUACIÓN DEL PROYECTO

7.1. Inversiones

La inversión total del proyecto asciende a S/765.086 y se divide en activo fijo tangible, activo fijo intangible y capital de trabajo para operar.

Tabla 7. 1

Inversión total del proyecto (S/)

Concepto	Importe
Activo fijo tangible	490.689
Activo fijo intangible	36.465
Capital de trabajo	237.932
Total inversión	765.086

Elaboración propia

7.1.1. Estimación de las inversiones de largo plazo (tangibles e intangibles)

Activo fijo tangible

La inversión requerida para el proyecto es considerada mediana debido que no requiere de maquinarias costosas y altamente especializadas. En este sentido, los mayores costes de inversión son el terreno y los equipos de trabajo.

Tabla 7. 2

Inversión activo fijo tangible (S/)

Concepto	Importe
Terreno	321.528
Obras civiles e infraestructura	82.991
Máquinas y mobiliario de planta	2.539
Herramientas de planta	9.554
Mobiliario administrativo	21.622
Mobiliario de punto de venta	6.719
Imprevistos fabriles	2.490
vehículo	32.425
Equipo y mobiliario de almacén	8.321
Imprevistos no fabriles	2.500
Total activo fijo tangible	490.689

Elaboración propia

El costo del terreno se calculó considerando un precio de USD 300/m² de acuerdo con la página web Urbania y un área total de 321,85 m², teniendo así un total de S/ 321.528 considerando el tipo de cambio a S/3,33 por dólar. Adicionalmente, se consideró el costo de obras civiles para construcción e infraestructura, detallado en el Anexo 7. Se guardó un margen de 3% para imprevistos fabriles.

El monto total de inversión en maquinarias y equipos de trabajo es S/2.538, mientras que, la inversión inicial en herramientas para la instalación de sistemas fotovoltaicos asciende a S/9.554.41.

Tabla 7. 3

Inversión en maquinaria/equipos de planta (S/)

Máquina	Monto
Taladro de Banco	513
Máquina de corte	525
Mesas de trabajo	1.500
Total	2.538

Elaboración propia

Tabla 7. 4

Inversión en herramientas (S/)

Herramienta	Monto
Pinza pelacables	25,08
Escalera telescópica	2.627,03
Lima plana para aluminio	50,85
Multímetro	84,75
Alicate de corte	10,17
Alicate universal aislado	47,46
Juego de destornilladores	22,03
Wincha contra impacto	37,20
Martillo de uña con mango ergonómico	33,81
Juego de llaves ratch	84,66
Extensión Profesional en carrete	84,75
Atornillador Inalámbrico	84,75
Pinza amperimétrica	1.355,93
Taladro profesional	228,73
Sub Total	4.777,20
Total para dos parejas	9.554,41

Elaboración propia

Los activos fijos no fabriles que se consideran necesarios son computadoras, mobiliario administrativo, mobiliario y equipos de almacén mobiliario para el punto de venta y reserva para imprevistos no fabriles dando un total de S/39.162.

Tabla 7. 5

Inversión en almacén (S/)

Material/equipo	Monto
Parihuela 1,7 m x1,0 m	1.525
Parihuela 1,2 m x1,0 m	474
Mesa	212
Estantes	2.102
Carretillas	357
Apilador Elevador Hidráulico	3.651
Total	8.321

Elaboración propia

Tabla 7. 6

Inversión en mobiliario y equipo zona administrativa de planta (S/)

Concepto	Numero requerido	Monto
Oficinas		
Escritorio con silla	5	1.525,42
Estante	3	711,86
Computadoras	6	12.711,86
Impresora multifuncional	1	541,53
Comedor		
Televisor	1	550,85
Juego de comedor	3	1.525,42
Frigider	1	422,88
Cafetera	1	67,80
Microondas	1	160,17
Mueble de comedor	1	227,97
Recepción		
Sillón de espera	1	422,88
Televisor	1	550,85
Mueble de recepción	1	550,85
Sala de capacitación		
Escritorio con silla	1	338,98
Proyector	1	1.312,71
Total		21.622,03

Elaboración propia

Tabla 7. 7

Inversión en mobiliario y equipo de punto de venta (S/)

Concepto	Numero requerido	Monto
Computadoras	1	2.118,64
Televisor	1	550,85
Escritorio en L	1	508,47
Impresora multifuncional	1	541,53
Estante de melamina para oficina	1	254,24
Sillas de atención	3	406,78
Sillón de espera	1	169,49
POS Inalámbrico	2	644,07
Logo de la empresa para fachada	1	1.525,42
Total		6.719,49

Elaboración propia

Por otra parte, se consideró invertir en una camioneta que permita trasladar los componentes y herramientas hacia la vivienda del cliente. Esta tiene un costo de S/32.425.

Activo fijo intangible

En cuanto al activo fijo intangible, consta del estudio de factibilidad del proyecto, inversión en constitución y organización de la empresa, los permisos y licencias, software y el seguro vehicular del vehículo por un valor total de S/ 23.881,36.

Tabla 7. 8

Inversión activo fijo intangible (S/)

Concepto	Valor
Proyecto de instalaciones solares	12.000,00
Constitución y organización	1.500,00
Permisos y licencias	1.200,00
Software	7.910,17
Seguro Vehicular	1.271,19
Gastos pre - operativos	12.583,33
Total	36.464,69

Elaboración propia

Para los gastos preoperativos se considera el pago de sueldo de una secretaria y otros gastos preoperativo, en este último está incluido el acondicionamiento de la oficina y el pago de publicidad antes de la apertura de operaciones.

Tabla 7. 9

Gastos preoperativos (S/)

Concepto	Valor
Secretaria	8.583
Otros gastos preoperativos	
Acondicionamiento de oficina	3.000
Gasto en publicidad y marketing	1.000
Total Gastos preoperativos	12.583

Elaboración propia

7.1.2. Estimación de las inversiones de corto plazo (Capital de trabajo)

El capital de trabajo requerido para el proyecto fue calculado en base al método del período de desfase, el cual considera que dicho capital debe ser suficiente para cubrir el gasto equivalente al ciclo de conversión de efectivo (ciclo de caja). De este modo, se tiene que:

$$\text{Capital de trabajo} = \frac{\text{Gasto de operación anual} \times \text{ciclo de conversión de efectivo (días)}}{365}$$

Además, se sabe que el valor del ciclo de caja es igual a la suma del periodo promedio de pago (PPP) y el periodo promedio de inventarios (PPI), disminuidos en el periodo promedio de cobranzas (PPC):

$$\text{Ciclo de caja} = \text{PPC} + \text{PPI} - \text{PPP}$$

Dado que los componentes de sistema fotovoltaico se obtienen mediante importaciones, los pagos a proveedores se realizarán con 30 días de anticipación mediante cartas de crédito, que serán de tipo irrevocable y de pago a la vista. Por esta razón el periodo promedio de pago es de 30 días.

En cuanto al PPC, la modalidad de cobro será de 50% al contado, al momento de realizar la firma del contrato de instalación, y el resto al finalizar dicha instalación, aproximadamente 10 días después. Como resultado, el PPC es de 5 días.

Finalmente, como se mencionó en la sección 5.10 Requerimiento de producción, el producto terminado del proyecto es una instalación fotovoltaica, la cual no tiene inventario por instalarse en la vivienda del cliente. Sin embargo, los componentes del

sistema fotovoltaico (“Kit fotovoltaico”) se quedan en almacén de acuerdo con el plan de pedidos definidos en la misma sección. El periodo promedio de inventarios se puede calcular como el inventario promedio de Kits fotovoltaicos dividido el costo del inventario anual de los mismos. Se tiene los siguientes datos:

- Inventario de kits fotovoltaicos en unidades: 97
- Unidades vendidas en el año: 499
- Costo del kit fotovoltaico: 2.437,91

Se obtiene el siguiente PPI:

$$PPI = \frac{I_{prom} \text{ kit fotovoltaico}}{\text{Costo del kit fotovoltaico}} = \frac{237.493}{1.216.517} \times 360 \text{ días} = 70 \text{ días}$$

Como resultado, se tiene un ciclo de conversión de efectivo de:

$$\text{Ciclo de caja} = 5 + 70 - 30 = 45 \text{ días}$$

Finalmente, se sumaron todos los gastos que se tendrán que asumir en el año 1.

Tabla 7. 10

Capital de trabajo

Concepto	Importe
Materia prima	1.406.568
Mano de obra directa	70.211
Mano de obra indirecta	92.700
Otros costos indirectos de fabricación	56.325
Sueldos administrativos	209.433
Sueldo y comisiones de venta	16.963
Gasto de punto de venta	1.674
Gastos de alquiler de oficina	12.000
Inversión en publicidad	1.800
Agua	240
Electricidad	1.760
Telefonía e internet	1.831
Utiles de oficina	1.530
Transporte de Lima-Arequipa	11.223
Servicios tercerizados	19.200
Total	1.903.458
Gasto diario	5.287
Ciclo de conversión de efectivo	45
Capital de trabajo	237.932,20

Elaboración propia

7.2. Costos de producción

En la presente sección, se determinará el costo de producción, conformado por el costo de materia prima, el costo de mano de obra directa y el costo indirecto de fabricación (CIF).

Tabla 7. 11

Costo de producción (S/)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Materia prima	1.406.568	1.736.375	1.863.208	2.001.331	2.145.094	2.302.911
Mano de obra directa	70.211	108.492	108.492	108.492	108.492	108.492
Costo indirecto de fabricación	155.048	171.359	176.347	179.679	183.900	188.543
Costo de producción	1.631.827	2.016.226	2.148.048	2.289.502	2.437.487	2.599.946

Elaboración propia

7.2.1. Costos de la materia primas

En base a los costos unitarios de los materiales y al programa de producción presentado en el Capítulo V, se calculó el siguiente presupuesto de costos de materia prima.

En relación con los costos de los componentes del sistema fotovoltaico, se determinó el tipo de cambio en S/ 3,33 por dólar y al precio FOB de cada componente se multiplico por 1,35 por gastos de desaduanaje e impuestos. También, se detallan los costos de los materiales de instalación.

Tabla 7. 12

Costo de componentes del sistema fotovoltaico (S/)

Materiales	Costo unitario	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Modulo	297,38	296.783	366.369	393.133	422.276	452.608	485.915
Inversor	989,01	493.516	609.230	653.736	702.197	752.637	808.021
Baterías	427,07	426.218	526.153	564.590	606.443	650.004	697.836
Instalación	-	190.051	234.623	251.750	270.415	289.845	311.138
Total		1.406.568	1.736.375	1.863.208	2.001.331	2.145.094	2.302.911

Elaboración propia

Tabla 7. 13

Costo de materiales de instalación (S/)

Material	Costo unitario	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Tornillo autorroscante de 1/8"x3/4"	0,03	Unidad	118	146	157	168	181	194
Tarugos para tornillo 1/8"x3/4"	0,03	Unidad	135	167	179	193	206	222
Gabinete de baterías	33,90	Unidad	16.915	20.881	22.407	24.068	25.797	27.695
Cable 6 AWG	4,79	Metros	996	1.229	1.319	1.416	1.518	1.630
Terminal de compresión 6AWG	0,68	Unidad	1.353	1.671	1.793	1.925	2.064	2.216
Caja para 3 llaves termomagnéticas	16,86	Unidad	8.415	10.388	11.147	11.974	12.834	13.778
Cable vulcanizado 14 AWG *	1,95	Metros	9.726	12.007	12.884	13.839	14.833	15.925
Cable puesto a tierra 14 AWG*	0,80	Metros	2.800	3.457	3.709	3.984	4.271	4.585
Tubo corrugado de 1/2"	1,69	Metros	5.891	7.272	7.803	8.382	8.984	9.645
Abrazadera de hierro galvanizado	0,17	Unidad	67	84	84	84	101	101
Llave termomagnética	28,64	Unidad	42.880	52.934	56.801	61.012	65.394	70.207
Conector MC4	6,78	Unidad	13.532	16.705	17.925	19.254	20.637	22.156
Presor	2,54	Unidad	7.612	9.397	10.083	10.831	11.608	12.463
Clavo para pared 3/4"	0,04	Unidad	140	172	185	199	213	229
Perno de expansión galvanizado 5/16"x2"	1,4	Unidad	6.478	7.997	8.581	9.217	9.879	10.606
Perno de cabeza hexagonal 1/4" x 3/4" con arandela de ajuste y tuerca	0,7	Unidad	6.225	7.685	8.246	8.858	9.494	10.193
Total			123.285	152.192	163.304	175.404	188.014	201.842

Elaboración propia

Tabla 7. 14

Costo de varillas de aluminio (S/)

Material	Costo unitario	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ángulo igual 1 1/2" x 1/8"	53,31	Varilla	42.164	52.079	55.864	60.022	64.339	69.030
Canal 1 13/16" x 25/32" X 3/32"	42,37	Varilla	21.144	26.102	28.008	30.085	32.246	34.619
Platina 1 1/12"x 1/8"	23,81	Varilla	2.000	2.453	2.643	2.834	3.024	3.262
Total			65.309	80.634	86.516	92.940	99.609	106.911

Elaboración propia

Tabla 7. 15

Costo de otros materiales para estructura de soporte (S/)

Material	Costo unitario	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Cinta de embalaje 100 m	0,04	Metros	10,57	13,05	14,00	15,04	16,12	17,31
Etiquetas	0,004	Unidad	5,46	6,73	7,23	7,76	8,32	8,93
Strech film 50 cm x 200 m	0,15	Metros	37,00	45,68	49,01	52,65	56,43	60,58
Total			16,03	19,79	21,23	22,80	24,44	26,24

Elaboración propia

Tabla 7. 16

Costo de otros materiales para base de madera (S/)

Material	Costo unitario	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Listón de madera 1"x2"x 10.5 pies	4,66	Listón	1.165	1.436	1.543	1.655	1.776	1.906
Tornillo autorroscante para madera 4 x80 mm	0.09	Unidad	277	341	366	394	422	453
Total			1.442	1.777	1.909	2.048	2.198	2.359

Elaboración propia

7.2.2. Costo de la mano de obra directa

En la presente sección, se muestran los costos de la mano de obra directa, es decir todos los empleados que se encargan directamente de las instalaciones solares y el operario de planta encargado de producir estructuras de soporte y bases de madera, el requerimiento se determinó en el Capítulo V.

Tabla 7. 17

Costo de unitario de mano de obra directa (S/)

Puesto	Mensual					Anual
	Número requerido	Remuneración	Sueldos al año	CTS	Essalud	Remuneración
Técnico	1	1.300,00	14	1.517	2.600	22.317
Operario	1	930	14	1.085	1.860	15.965
Operario de planta	1	930	14	1.085	1.860	15.965

Elaboración propia

Tabla 7. 18

Costo de mano de obra directa (S/)

Puesto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Técnico	22.317	44.633	44.633	44.633	44.633	44.633
Operario	31.929	47.894	47.894	47.894	47.894	47.894
Operario de planta	15.965	15.965	15.965	15.965	15.965	15.965
Total	70.211	108.492	108.492	108.492	108.492	108.492

Elaboración propia

7.2.3. Costo Indirecto de Fabricación

En esta sección se presentan los costos indirectos de fabricación que representa los costos que no están involucrados directamente con el producto, en este caso, la instalación fotovoltaica.

Tabla 7. 19

Costos indirectos de fabricación (S/)

Costo indirecto de fabricación	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Mano de obra indirecta	92.700	92.700	92.700	92.700	92.700	92.700
Depreciación fabril	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
Otros costos indirectos de fabricación	56.325	72.636	77.624	80.956	85.177	89.820
Total	155.048	171.359	176.347	179.679	183.900	188.543

Elaboración propia

Depreciación y amortización

Se detalla el cálculo de la depreciación de los bienes e intangibles del proyecto.

Tabla 7. 20

Resumen de depreciación y amortización (S/)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total	Valor contable 2024	Valor de mercado 2024
Depreciación no fabril	12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369	61.468	9.475	16.738
Depreciación fabril	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	36.139	387.116	354.322
Amortización	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	13.566	0	0
Total	20.846	20.846	20.846	20.846	17.138	10.653	111.174	396.591	371.060

Elaboración propia

Tabla 7. 21

Depreciación no fabril (S/)

Concepto	Monto	% Depreciación	Valor depreciable	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total depreciación	Valor contable 2024	Valor de mercado 2024
Vehículo año 1	32.425	20%	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485	6.485		32.425	0	9.900
Computadoras	14.831	25%	3.708	3.708	3.708	3.708	3.708			14.831	0	2.100
Impresora multifuncional	1.083	10%	108	108	108	108	108	108	108	650	433	217
Artefactos	2.303	10%	230	230	230	230	230	230	230	1.382	921	461
Muebles/equipos de puesto de venta	2.864	10%	286	286	286	286	286	286	286	1.719	1.146	573
Muebles de zona administrativa de planta	5.303	10%	530	530	530	530	530	530	530	3.182	2.121	1.061
Proyector	1.313	10%	131	131	131	131	131	131	131	788	525	263
Mobiliario de almacén	4.669	10%	467	467	467	467	467	467	467	2.802	1.868	934
Apilador Elevador Hidráulico	3.651	10%	365	365	365	365	365	365	365	2.191	1.461	730
Imprevistos no fabriles	2500	10%	250	250	250	250	250	250	250	1.500	1.000	500
Total				12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369	61.468	9.475	16.738

Elaboración propia

Tabla 7. 22

Depreciación fabril (S/)

Máquina/Herramienta	Monto	% Depreciación	Valor depreciable	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total depreciación	Valor contable 2024	Valor de mercado 2024
Terreno	321.528	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	321.528	321.528
Edificaciones	82.991	5%	4.149,53	4.150	4.150	4.150	4.150	4.150	4.150	24.897	58.093	29.047
Imprevistos fabriles	2.489,72	10%	248,97	249	249	249	249	249	249	1.494	996	498
Máquinas	1.039	10%	103,90	104	104	104	104	104	104	623	416	208
Escalera telescópica 1	5.254	10%	525,41	525	525	525	525	525	525	3.152	2.102	1.051
Escalera telescópica 2	5.254	10%	525,41	525	525	525	525	525	525	3.152	2.102	1.051
Muebles para producción	1.500	10%	150,00	150	150	150	150	150	150	900	600	300
Pinza Amperimétrica 1	1.600	10%	160,00	160	160	160	160	160	160	960	640	320
Pinza Amperimétrica 2	1.600	10%	160,00	160	160	160	160	160	160	960	640	320
Total				6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	36.139	387.116	354.322

Elaboración propia

Tabla 7. 23

Amortización (S/)

Máquina/ Herramienta	Monto	% Depreciación	Valor depreciable	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Total amortización	Valor contable 2024	Valor de mercado 2024
Proyecto de instalaciones solares	12.000	10%	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	7.200	0	0
Constitución y organización	1.500	10%	150	150	150	150	150	150	150	900	0	0
Permisos y licencias	1.200	10%	120	120	120	120	120	120	120	720	0	0
Software	7.910	10%	791	791	791	791	791	791	791	4.746	0	0
Total				2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	13.566	0	0

Elaboración propia

Mano de obra indirecta

Tabla 7. 24

Costo de unitario de mano de obra indirecta (S/)

Puesto	Número requerido	Remuneración mensual	Sueldos al año	CTS (S/)	Essalud (S/)	Remuneración anual (S/)
Jefe de operaciones y supply	1	3.800	14	4.433	7.600	65.233
Asistente de Supply	1	1.600	14	1.867	3.200	27.467

Elaboración propia

Tabla 7. 25

Costo de mano de obra indirecta (S/)

Puesto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Jefe de operaciones y supply	65.233	65.233	65.233	65.233	65.233	65.233
Asistente de Supply	27.467	27.467	27.467	27.467	27.467	27.467
Total	92.700	92.700	92.700	92.700	92.700	92.700

Elaboración propia

Otros costos indirectos de fabricación

Otros costos indirectos de fabricación son los relacionados con los servicios para la producción o derivados de ellos, mantenimientos de máquinas, requerimiento de combustibles, compra de EPPS para los operarios y técnicos, impuestos prediales, el servicio tercerizado de vigilancia y materiales/ herramientas de planta que se descompone en herramientas de corte, alquiler de camioneta y otros materiales para instalación del S.F.

Tabla 7. 26

Otros costos indirectos de fabricación (S/)

Otros costos indirectos	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Mantenimiento de máquinas	25	1.597	2.832	2.796	2.761	2.727
Agua	180	260	260	260	260	260
Combustible	9.274	14.759	16.371	17.608	18.833	20.331
Electricidad	59	73	79	85	91	97
EPPS	2.657	3.961	3.031	3.031	3.031	3.031
Capacitación	500	500	500	0	500	500
Impuestos predial y arbitrios	1.308	1.308	1.308	1.308	1.308	1.308
Vigilancia de planta	40.678	40.678	40.678	40.678	40.678	40.678
Materiales/herramientas de instalación	1.642	2.079	2.206	2.380	2.526	2.687
Alquiler de camioneta	0	7.420	10.360	12.810	15.190	18.200
Total	56.325	72.636	77.624	80.956	85.177	89.820

Elaboración propia

Tabla 7. 27

Herramientas de corte (S/)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Broca de concreto para anclaje	30,45	37,59	40,33	43,32	46,43	49,85
Broca multi construcción	40,26	49,70	53,33	57,28	61,40	65,91
Broca para metal	748,50	924,00	991,50	1.065,00	1.141,50	1.225,50
Disco de corte de aluminio	501,69	619,53	664,47	714,03	765,15	821,49
Disco de corte de madera	101,44	101,44	101,44	135,25	135,25	135,25
Total	1.422,34	1.732,25	1.851,08	2.014,89	2.149,74	2.298,01

Elaboración propia

Tabla 7. 28

Otros materiales usados en las instalaciones S.F. (S/)

Material	Unidad	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Cuerda 9 mm x 30 m	Rollo	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63
Cinta aislante	Metros	72,08	88,98	95,48	102,56	109,92	118,01
Letreo de señalización	Unidad	16,95	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
Hojas Bond de informes	Millar	33,56	41,95	43,63	46,98	50,34	55,37
Protección para subir el panel	Unidad	42,37	84,75	84,75	84,75	84,75	84,75
Cobertura para panel	Unidad	42,37	84,75	84,75	84,75	84,75	84,75
Total		219,96	346,94	355,12	365,56	376,28	389,40

Elaboración propia

7.3. Presupuesto operativo

7.3.1. Presupuesto de ingreso por ventas

De acuerdo con lo mencionado en el Capítulo V, el precio de venta del proyecto será S/4.900 incluido IGV. Para el presente presupuesto se considera el precio sin IGV S/ 4.237,29.

Tabla 7. 29

Presupuesto por ingreso por ventas (S/)

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Demanda (instalaciones)	499	616	661	710	761	817
Precio	4.153	4.153	4.153	4.153	4.153	4.153
Ingresos	2.072.119	2.557.966	2.744.831	2.948.305	3.160.085	3.392.627

Elaboración propia

7.3.2. Presupuesto operativo de costos

Para el presupuesto operativo de costos, se determinó el costo de ventas, si bien en el Capítulo V sección 10 se mencionó que debido a que el producto es una instalación del sistema fotovoltaico no se puede tener inventario de productos terminados, es por esta razón que el costo de ventas será igual al costo de producción.

Tabla 7. 30

Costo unitario de producción

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
MP e Insumos	1.406.568	1.736.375	1.863.208	2.001.331	2.145.094	2.302.911
MOD	70.211	108.492	108.492	108.492	108.492	108.492
CIF	155.048	171.359	176.347	179.679	183.900	188.543
Total Costo de Prod	1.631.827	2.016.226	2.148.048	2.289.502	2.437.487	2.599.946
Instalaciones realizadas	499	616	661	710	761	817
Costo unitario de Prod	3.270	3.273	3.250	3.225	3.203	3.182

Elaboración propia

Tabla 7. 31

Presupuesto operativo de costo de venta (S/)

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
(+) Inventario inicial	0	0	0	0	0	0
(+) Costo de prod	1.631.827	2.016.226	2.148.048	2.289.502	2.437.487	2.599.946
(-) Inventario final	0	0	0	0	0	0
Costo de ventas	1.631.827	2.016.226	2.148.048	2.289.502	2.437.487	2.599.946

Elaboración propia

7.3.3. Presupuesto operativo de gastos

En cuanto a los gastos, se consideran las remuneraciones administrativas, correspondientes a los puestos administrativos. Además, se tienen los sueldos y comisiones pagados al ejecutivo de ventas, se toma como sueldo fijo el sueldo mínimo

(S/ 930). Asimismo, se contempla el servicio de contaduría, limpieza, gastos en el punto de venta que suman un total anual de S/292.476 en el año 1.

Tabla 7. 32

Presupuesto operativo de gastos

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Sueldos administrativos	209.433	209.433	209.433	209.433	209.433	209.433
Sueldo y comisiones de venta	16.963	17.197	17.287	17.385	17.487	17.599
Gasto de punto de venta	1.674	1.784	1.788	1.833	1.837	1.925
Gastos de alquiler de oficina	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Agua	240	240	240	240	240	240
Electricidad	1.760	1.760	1.760	1.760	1.760	1.760
Telefonía e internet	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831
Depreciación no fabril	12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
Amortización de intangibles	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
Inversión en publicidad	1.800	2.200	2.400	2.500	2.800	2.950
Útiles de oficina	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530
Transporte de Lima-Arequipa	11.223	13.854	14.866	15.968	17.115	18.374
Servicios tercerizados						
Contador	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Limpieza	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200
Total	292.476	295.851	297.157	298.503	296.347	291.472

Elaboración propia

Tabla 7. 33

Gasto de sueldos administrativos anuales

Puesto	Número requerido	Remuneración mensual	Sueldos al año	CTS	Essalud	Remuneración anual
Gerente General	1	5.800	14	6.767	11.600	99.566,67
Jefe de Administración y Finanzas	1	3.800	14	4.433	7.600	65.233,33
Asistente de Finanzas	1	1.600	14	1.867	3.200	27.466,67
Secretaria	1	1.000	14	1.167	2.000	17.166,67

Elaboración propia

Tabla 7. 34

Gastos de punto de venta (S/)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Gigantografía	67,80	67,80	67,80	67,80	67,80	67,80
Papel Bond	33,56	41,95	45,31	48,66	52,02	55,37
Tablero facturas 1/2 de oficio	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
Tablero boletas 1/2 de oficio	84,75	84,75	84,75	84,75	84,75	84,75
Lapiceros de oficina	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
Corrector	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
Resaltador	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
Cuaderno de trabajo	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90	33,90
Merchandising	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Tinta de impresora	592,03	676,61	676,61	718,90	718,90	803,47
Papel de POS	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Material de limpieza						
Legía	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05
Papel higiénico	405,76	405,76	405,76	405,76	405,76	405,76
Saca sarro	49,07	49,07	49,07	49,07	49,07	49,07
Jabón líquido	101,19	118,05	118,05	118,05	118,05	118,05
Total	1.674,49	1.784,32	1.787,68	1.833,32	1.836,68	1.924,61

Elaboración propia

7.4. Presupuestos financieros

7.4.1. Presupuesto de servicio de deuda

Para el financiamiento se eligió al Banco Continental BBVA, que ofrece una tasa de 11,41% anual para proyectos de inversión de pequeñas empresas. Las características del financiamiento son las siguientes:

Tabla 7. 35

Estructura de deuda

Concepto	
Inversión total	765.086
Financiación con capital propio	459.052(60%)
Financiación con banco	306.034(40%)
Tasa anual	11,41%
Tipo de cuota	Cuota creciente

Elaboración propia

En la siguiente tabla, se muestra el cronograma de servicio de deuda de cuotas crecientes que será financiado por el banco.

Tabla 7. 36

Presupuesto de servicio a la deuda

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Deuda inicial	306.034	291.461	262.315	218.596	160.304	87.438
Cuota	49.492	62.402	73.649	83.234	91.156	97.415
Amortización de la deuda	14.573	29.146	43.719	58.292	72.865	87.438
Interés	34.919	33.256	29.930	24.942	18.291	9.977
Saldo	291.461	262.315	218.596	160.304	87.438	0

Elaboración propia

7.4.2. Presupuesto de estado resultados

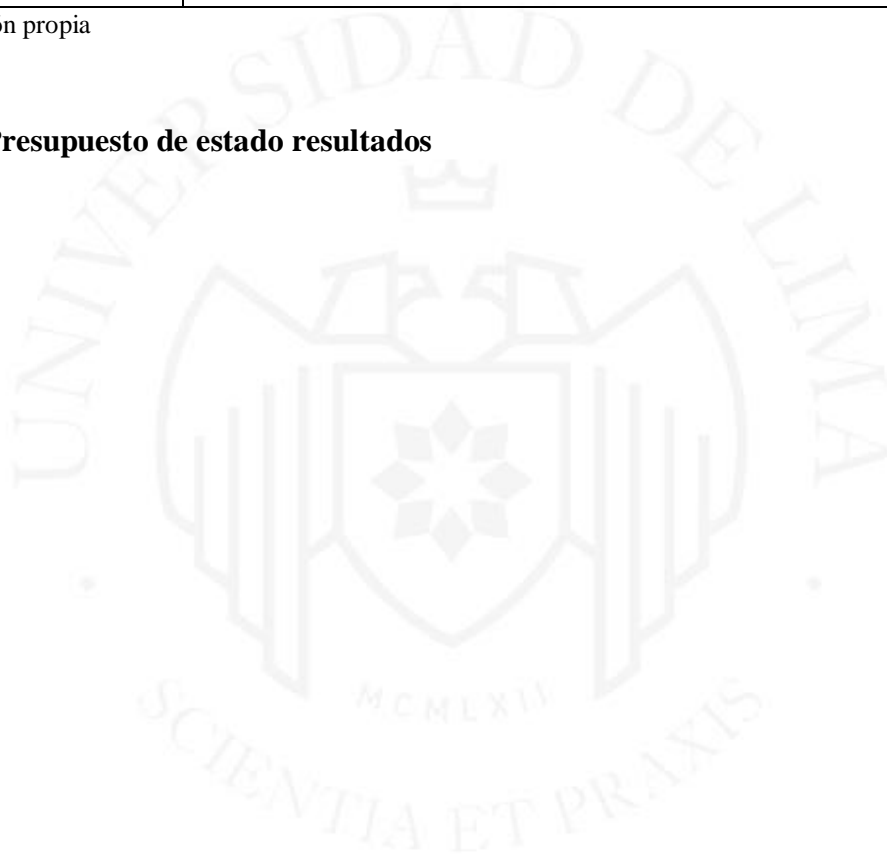


Tabla 7. 37

Presupuesto de estado de resultados (S/)

Concepto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ingreso por ventas	2.072.119	2.557.966	2.744.831	2.948.305	3.160.085	3.392.627
(-) Costo de ventas	1.631.827	2.016.226	2.148.048	2.289.502	2.437.487	2.599.946
(=) Utilidad Bruta	440.292	541.740	596.783	658.803	722.598	792.681
(-) Gastos generales	292.476	295.851	297.157	298.503	296.347	291.472
(-) Depreciación no fabril	12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(-) Amortización	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Valor de mercado						371.060
(-) Valor en libros						396.591
(=) Utilidad Operativa	132.993	231.066	284.803	345.478	415.136	471.048
(-) Gastos financieros	34.919	33.256	29.930	24.942	18.291	9.977
(=) Utilidad antes de impuestos	98.074	197.810	254.873	320.536	396.845	461.072
(-) Impuesto a la renta	28.932	58.354	75.188	94.558	117.069	136.016
(=) Utilidad antes de reserva legal	69.142	139.456	179.686	225.978	279.776	325.055
(-) Reserva legal	6.914	13.946	17.969	22.598	27.978	32.506
(=) Utilidad disponible	62.228	125.511	161.717	203.380	251.798	292.550

Elaboración propia

7.4.3. Presupuesto de estado de situación financiera(apertura)

Tabla 7. 38

Presupuesto de estado situación financiera (S/)

Activo		Pasivo y patrimonio	
Activo corriente		Pasivo corriente	
Caja	237.932	Pasivo no corriente	
		Deudas a largo plazo	306.034
Activo no corriente		Patrimonio	
Activos fijos tangibles	490.689	Capital accionista	459.052
Activos fijos intangibles	36.465		
Total activo	765.086	Total pasivo y patrimonio	765.086

Elaboración propia

7.4.4. Flujo de fondos netos

7.4.5. Flujo de fondos económicos

El flujo de fondos económicos se calculó a partir de la utilidad antes de reserva legal, a los cuales se les sumó las cuentas que no representan un desembolso monetario para la empresa durante su operación.

Tabla 7. 39

Flujo de fondos económicos (S/)

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión	-765.086						
Utilidad antes de reserva legal		69.142	139.456	179.686	225.978	279.776	325.055
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Amortización de intangibles		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Capital de trabajo							237.932
(+) Valor en libros							396.591
(+) Intereses x (1-t)		24.618	23.445	21.101	17.584	12.895	7.034
FNRI Económico	-765.086	114.606	183.747	221.632	264.408	309.809	977.266

Elaboración propia

7.4.6. Flujo de fondos financieros

Para obtener los flujos financieros, se consideró adicionalmente el monto de financiamiento en el año de apertura, así como la amortización de la deuda y el pago de intereses por concepto de préstamo bancario.

Tabla 7. 40

Flujo de fondos financieros (S/)

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-765.086						
Préstamo	306.034						
Utilidad antes de reserva legal		69.142	139.456	179.686	225.978	279.776	325.055
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							237.932
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.573	29.146	43.719	58.292	72.865	87.438
FNRI Financiero	-459.052	75.415	131.156	156.812	188.532	224.048	882.794

Elaboración propia

7.5. Evaluación económica y financiera

7.5.1. Indicadores de inversión económica: VAN, TIR, B/C, PR

Como paso previo al cálculo de los indicadores de inversión, es necesario calcular el costo del capital de inversión (COK), el cual representa el costo de oportunidad que podría obtener un accionista de la empresa al invertir en un proyecto de la misma naturaleza en el mercado peruano.

Para esto, se utilizó el Modelo de Valorización de Activos Financieros (CAPM, por sus siglas en inglés), el cual se basa en el rendimiento promedio de las inversiones de un mercado determinado (R_m), la tasa de retorno libre de riesgos (R_f) y el coeficiente β , que se interpreta como el coeficiente de volatilidad de un activo financiero con respecto a la volatilidad del mercado.

Para el presente trabajo, se empleó el rendimiento de bonos soberanos de los Estados Unidos a 10 años como el rendimiento libre de riesgo, y un riesgo de mercado para el sector de energía eléctrica de 21,15% y un coeficiente β de 0,55 (Núñez Ramos, 2013). Asimismo, se sumó la tasa de riesgo país de 1,42%.

De este modo, se calculó un COK de 14,49%, según la siguiente fórmula:

$$\text{COK} = R_f + \beta \times (R_m - R_f) + R_p = 3,19 + 0,55 \times (21,15\% - 3,19\%) + 1,42\% = 14,49\%$$

Tabla 7. 41

Flujos económicos actualizados (S/)

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FNRI Económico	-765.086	114.606	183.747	221.632	264.408	309.809	977.266
Factor de actualización	1,00	0,87	0,76	0,67	0,58	0,51	0,44
VAN	-765.086	100.105	140.190	147.699	153.911	157.520	434.014
Flujo de caja acumulado		100.105	240.295	387.994	541.905	699.425	1.133.439
Valor actual neto		-664.981	-524.791	-377.092	-223.181	-65.661	368.353

Elaboración propia

Tabla 7. 42

Indicadores de inversión económica

VAN económico (S/)	368.353
Relación(B/C) (S/)	1,48
TIR	26%
Periodo de recupero	5,74 (5 años 8 meses 25 días)

Elaboración propia

7.5.2. Indicadores de inversión financiera: VAN, TIR, B/C, PR

Del mismo modo se calculó el C.P.P.C del proyecto, con la tasa de interés bancaria y el COK. Es importante mencionar que para la evaluación financiera del proyecto se utilizó el COK.

Tabla 7. 43

Determinación del C.P.P.C

Rubro	Importe	% Participación	Costo Dinero	Tasa de descuento
Capital propio	S/459.052	60%	14,49%	8,691%
Préstamo bancario	S/306.034	40%	11,41%	3,218%
Total	S/765.086	100%		11,91%

Elaboración propia

Tabla 7. 44

Flujos financieros actualizados (S/)

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
FNRI Financiero	-459.052	75.415	131.156	156.812	188.532	224.048	882.794
Factor de actualización	1,00	0,87	0,76	0,67	0,58	0,51	0,44
VAN	-459.052	65.873	100.065	104.502	109.743	113.916	392.058
Flujo de caja acumulado		65.873	165.938	270.440	380.184	494.100	886.158
Valor actual neto		-393.179	-293.113	-188.611	-78.868	35.048	427.106

Elaboración propia

Tabla 7. 45

Indicadores de inversión financiera

VAN financiero (S/)	427.106
Relación(B/C) (S/)	1,93
TIR	34%
Periodo de recupero	4,93 (4 años 11 meses 4 días)

Elaboración propia

7.5.3. Análisis de ratios e indicadores económicos y financieros del proyecto

El análisis financiero realizado en el presente proyecto ha demostrado que este es rentable económica y financieramente ya que la TIR en ambos casos siempre es mayor al COK (14,49%). Además, el periodo de recupero del estudio demuestra muestra que se necesitan 4 años, 11 meses y 4 días para recuperar la inversión. Esto se debe principalmente en que los primeros años se generan menos ganancias ya que la demanda es más pequeña.

Asimismo, en el año 6 es cuando el flujo llega a ser el triple respecto a su año anterior, esto se debe a que se tomó la decisión de comprar un terreno ya que se recupera totalmente su valor de salvamiento. Hay que añadir que la diferencia en costo de metros cuadrados de alquiler y compra no era tan amplia, lo que hubiese generado solo aumento en el costo de producción sin generar algún retorno. La relación beneficio costo en ambos casos es mayor a 1, ratio que indica que para los dos escenarios se genera ganancia.

7.5.4. Análisis de sensibilidad del proyecto

En esta sección se evaluará como responderían los indicadores de viabilidad del proyecto al presentarse variaciones sobre el escenario proyectado originalmente, los cuales se presentan en detalle en el **Anexo 8**.

En el presente estudio, se analizó el comportamiento de los indicadores de rentabilidad financieros si existiera variabilidad en la demanda, se puede observar que si ante un decrecimiento de la demanda la TIR continua mayor que el COK, sin embargo, el periodo de recupero se extiende, llegando a ser más del doble de años de recupero respecto al escenario original. Asimismo, el periodo continúa siendo rentable debido a que una disminución en la demanda al 5% aún genera ganancias, ya que el punto de equilibrio del proyecto es de 384 instalaciones; asimismo, si la demanda baja en 10% se siguen necesitando el mismo número de técnicos y operarios lo que genera que se tenga el mismo gasto administrativo pero con menos demanda, siendo uno de los factores por los cuales la rentabilidad del proyecto disminuye.

Tabla 7. 46

Análisis de sensibilidad con variable demanda

Escenario	VAN Financiero	Relación(B/C)	TIR	Periodo de recupero
Demanda crece +10%	629.235	2,34	43%	3,62
Demanda crece +5%	531.053	2,14	38%	4,17
Demanda se mantiene	427.106	1,93	34%	4,93
Demanda decrece -5%	321.456	1,71	29%	6,10
Demanda decrece -10%	213.686	1,48	24%	8,70

Elaboración propia

Por otra parte, se analizó la sensibilidad de la variable precio en el proyecto siendo esta la más sensible, ya que si el precio decrece en 10% el proyecto deja de ser rentable. Esto se justifica en que el costo de producción del producto es aproximadamente el 78% del precio. Asimismo, si el precio aumenta la rentabilidad aumenta en gran proporción llegando a ser el periodo de recupero de 2 años aproximadamente.

Tabla 7. 47

Análisis de sensibilidad con variable precio

Escenario	VAN Financiero	Relación(B/C)	TIR	Periodo de recupero
Precio crece +10%	1.161.742	3,53	67%	2,12
Precio crece +5%	794.424	2,73	50%	2,95
Precio se mantiene	427.106	1,93	34%	4,93
Precio decrece -5%	59.788	1,13	17%	15,61
Precio decrece -10%	-307.529	0,33	0%	-12,88

Elaboración propia

Finalmente, debido a que los componentes del sistema fotovoltaicos son importados el tipo de cambio es una variable importante para analizar, asimismo, las camionetas y el terreno también son comprados en dólares. Se observa que si el tipo de cambio disminuye 5% el VAN aumenta en aproximadamente 54%; mientras que en el caso que tipo de cambio aumente 5%, el VAN disminuye 54%.

Tabla 7. 48

Análisis de sensibilidad con variable tipo de cambio

Escenario	VAN Financiero	Relación(B/C)	TIR	Periodo de recupero
TC aumenta +5%	198.166	1,42	23%	8,68
TC se mantiene	427.106	1,93	34%	4,93
TC disminuye -5%	656.047	2,48	45%	3,39

Elaboración propia

CAPÍTULO VIII: EVALUACIÓN SOCIAL DEL PROYECTO

8.1. Indicadores sociales

La evaluación social de proyecto permite identificar su contribución en beneficio de la sociedad.

El valor agregado: el valor agregado representa el aporte, medido en unidades monetarias, que se añade a las materias primas e insumos. Se ha considerado la tasa de C.P.P.C para traer los flujos al presente ya que es un proyecto privado.

Tabla 8. 1

Valor agregado del proyecto

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Utilidad antes de Impuestos	98.074	197.810	254.873	320.536	396.845	461.072
Salarios anuales	388.309	426.591	426.591	426.591	426.591	426.591
Interés de deuda	34.919	33.256	29.930	24.942	18.291	9.977
Depreciación	18.585	18.585	18.585	18.585	14.877	8.392
Valor agregado	539.887	676.241	729.979	790.654	856.603	906.031
Tasa C.P.C.C	11,91%					
Valor agregado acumulado actual	3.353.546					

Elaboración propia

Por otra parte, la densidad del capital se define como la relación de la inversión total con el número de empleos generados.

Tabla 8. 2

Densidad del capital

Inversión del capital	765.086
Nº de empleos	12
Densidad de capital	63.757

Elaboración propia

La intensidad del capital es la relación entre la inversión del capital invertido versus el valor agregado.

Tabla 8. 3

Intensidad del capital

Inversión del capital	765.086
Valor agregado	3.353.546
Intensidad del capital	0,23

Elaboración propia

La relación producto-capital mide la relación del valor agregado respecto a la inversión total del proyecto.

Tabla 8. 4

Relación producto capital

Valor agregado	3.353.546
Inversión total	765.086
Relación producto capital	4,38

Elaboración propia

8.2. Interpretación de indicadores sociales

La primera interpretación de los indicadores sociales calculados en la sección anterior sería que el presente proyecto tiene un impacto positivo para la sociedad con un valor agregado en el presente de S/3.353.546.

Con respecto a la densidad de capital, cada puesto de trabajo requiere una inversión de S/63.757. Por otra parte, la intensidad de capital implica que para obtener un sol de valor agregado se necesita una inversión de S/0,23, lo cual es un valor relativamente bajo y significa que con poca inversión generas mayor valor para la sociedad.

Finalmente, la relación producto capital permite apreciar que por cada sol invertido se genera 4,38 soles en beneficio de la sociedad, lo cual es una relación bastante favorable.

CONCLUSIONES

- La puesta en marcha de una empresa instaladora de sistemas fotovoltaicos es factible desde el punto económico financiero, teniendo una TIR financiera de 34%, y una relación Beneficio/Costo de S/ 1,93. Asimismo, la TIR económica resulto ser 26% y la relación Beneficio/Costo es de S/ 1,48, lo cual demuestra que el proyecto resulta factible aún si no hubiese financiamiento externo.
- El presente proyecto es factible tecnológicamente ya los componentes del sistema fotovoltaico, especialmente los paneles fotovoltaicos, año tras año tienen eficiencias que generan una mejor relación costo/beneficio. Asimismo, las máquinas y herramientas necesarias para la instalación del sistema fotovoltaico son accesibles ya que son en su mayoría manuales y de fácil adquisición en el mercado Arequipeño.
- Existe un público que está dispuesto a adquirir el producto, a pesar de que la demanda del proyecto se ve disminuida por la frecuencia de compra, ya que un sistema fotovoltaico tiene una duración de 20 a 25 años.
- Si bien los componentes del sistema fotovoltaico han ido bajando sus precios, el precio de un sistema fotovoltaico aún es elevado, motivo por el cual este producto esta segmentado para niveles socioeconómicos AB.
- En relación con el anterior punto, se puede afirmar que ensamblar las estructuras de soporte y cortar las bases de madera para el gabinete de baterías permite generar ahorro en el costo de la instalación de un sistema fotovoltaico; lo cual otorga a los clientes un producto a precio competitivo con mayor calidad que el de los competidores.
- La falta de estudios de mercado y la informalidad de muchas empresas del sector no permiten que se pueda determinar la participación de mercado de los competidores o conocer cuántos paneles fotovoltaicos hay instalados en el sector urbano.
- El aprovechamiento de la energía solar se viene incrementando en los últimos años, sobre todo en países como China, Estados Unidos, la Unión Europea, los

cuales mediante regulaciones y apoyo a la industria, incentivan la compra sistemas solares. En el Perú, la “cultura solar” está en crecimiento; especialmente en la región Arequipa que viene aprovechando la energía solar mediante el uso de termas solares.

- El mercado limita el tamaño de planta, asimismo, el punto de equilibrio es de 384 instalaciones, monto que dista de las 499 instalaciones proyectadas a realizarse en el año 1.
- Respecto al proceso de instalación de un sistema fotovoltaico, este implica actividades manuales en su totalidad que requieren de personal especializado en electricidad. Asimismo, realizar la visita técnica al cliente y proporcionar el mantenimiento en el primer año de la instalación generan que la cantidad de instalaciones que pueda realizar un técnico se vea disminuida.
- El proceso de instalación de sistemas fotovoltaicos presenta varios riesgos “importantes” en relación con la seguridad ocupacional, por eso es de vital importancia el uso de EPPS y entrenamiento al personal en esta materia.
- La gestión de almacenes es importante debido a que los componentes del sistema fotovoltaicos serán importados y tienen un lead time de dos meses. Por ese motivo, se debe tener un stock de seguridad en caso exista variabilidad.
- El 64% de la inversión del proyecto es activo fijo tangible, esto se debe a que se decidió comprar un terreno en el distrito de Cerro Colorado para las operaciones de producción de estructuras de soporte y corte de bases de madera, almacenes y zonas administrativas; esta decisión fue influenciada por el valor de salvamento que tiene un terreno, que permite recuperar al final del proyecto su valor en su totalidad. Asimismo, la diferencia entre el costo de compra de terreno por m² y el alquiler por m² era de menos de 50% por lo que se decidió optar por la compra.
- El precio es la variable de mayor sensibilidad del proyecto, en caso de que este disminuya un 10% llegando a ser S/4,410 incluido IGV, el proyecto dejaría de ser rentable. Esto se debe a que el costo de producción es aproximadamente 78% respecto al precio.
- El proyecto genera un valor agregado de S/3.353.546 y genera S/4,38 de valor por cada sol invertido, es decir tiene un impacto positivo en la sociedad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda posteriormente abrir la venta de sistemas fotovoltaicos a industrias o comercios que tienen una participación incipiente de compra en el mercado de energía solar fotovoltaica. Asimismo, se recomienda añadir nuevas oficinas de ventas en regiones del país donde las condiciones climáticas son favorables para aprovechar la energía fotovoltaica, como Moquegua e Ica.
- Evaluar el impacto que tendría en el mercado las disposiciones del Estado respecto al incentivo para la utilización de energía solar.
- Realizar convenios con instrucciones financieras para que permita al cliente tener un plan de financiamiento del producto y de esta manera incentivar la compra.
- Evaluar si existe un mercado interesado en adquirir el servicio de mantenimiento del sistema fotovoltaico, y si resulta éste resulta viable económicamente para el proyecto.
- Si se decide ampliar el horizonte del proyecto se debería establecer un plan de recojo de los componentes que hayan llegado al final de su vida útil y se debería tener en cuenta los ingresos generados por la compra de los componentes (baterías, inversores) que sean necesario reemplazar.

REFERENCIAS

- Acciona. (s.f.). *Energía solar fotovoltaica*. Recuperado de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Adondevivir. (s.f.). Venta de terrenos. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://www.adondevivir.com/terrenos-en-venta.html>
- Agencia Bloomberg. (21 de Marzo de 2018). Enel inicia producción en planta solar Rubí de 180 megavatios en Perú. *Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/empresas/enel-inicia-produccion-planta-solar-rubi-180-megavatios-peru-229879-noticia/>
- Almarza, D., Hernandez Venegas, J., Soto Olea, G., Santana Oyarzún, C. (2016). *Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos: programa techos solares públicos*. Ministerio de Energía Gobierno de Chile.
- Alonso Lorenzo, J. (2019). *Medidas de seguridad en instalaciones fotovoltaicas*. Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/seguridad-en-sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica/>
- Andia Cipriano, M. (2017). *Estudio de factibilidad para una empresa ejecutora de proyectos de generación de energía solar fotovoltaica para el sector industrial de Arequipa*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Católica San Pablo, Arequipa.
- Andina. (20 de Marzo de 2018). *Conoce la planta de energía solar fotovoltaica Rubí, la más grande de Perú*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-planta-energia-solar-fotovoltaica-rubi-mas-grande-del-peru-703799.aspx>
- Apoyo & Asociados. (Agosto 2019). *Sector Energía*. Recuperado de: <http://www.aai.com.pe/wp-content/uploads/2019/08/Sectorial-Junio-2019.pdf>
- Arequipa: Infraestructura vial de distritos en emergencia. (04 de Marzo de 2017). *Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/arequipa-infraestructura-vial-de-distritos-en-emergencia-735067/>
- Asociación Peruana de Empresas de Investigación de Mercados. (Julio de 2018). *NIVELES SOCIOECONÓMICOS 2018*. Lima.

- AutoSolar. (09 de Junio de 2017). *Diferencias entre el Silicio Monocristalino y Multicristalino o Policristalino*. Recuperado de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-silicio-monocristalino-y-multicristalino-o-policristalino>
- AutoSolar. (s.f.). *Baterías AGM*. Recuperado de <https://autosolar.pe/baterias-agm>
- BloomberNEF. (2019). *New Energy Outlook 2019* [Nuevo panorama energético]. Recuperado de: <https://bnef.turtl.co/story/neo2019/page/1?teaser=true>
- Bosch. (s.f.). *Brocas para mampostería y hormigón*. Recuperado de <https://www.bosch-professional.com/pe/es/brocas-2593052-ocs-ac/>
- Cañizo, C. d., Coso, G. d., & Sinke, W. (2008). Crystalline silicon solar module technology: Towards the 1 € per watt-peak goal. *Progress in Photovoltaics*
- Chevrolet .(s.f.). *N300-work* . Recuperado de <https://www.chevrolet.com.pe/pick-ups/n300-work-camioneta-pick-up>
- Colville, Finlay. (23 de Enero de 2019). *Top 10 solar module suppliers in 2018* [Top 10 de proveedores de modulos en el 2018]. Recuperado de <https://www.pv-tech.org/editors-blog/top-10-solar-module-suppliers-in-2018>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (02 de Abril de 2019). *Informe de la actividad portuaria de América Latina y el Caribe 2018*. Recuperado de https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/datos_estadisticos_del_informe_de_la_actividad_portuaria_alc_2018.pdf
- Congreso de la República. (06 de Marzo de 2002). *La electrificación rural en el Perú, un problema*. Recuperado de <http://www2.congreso.gob.pe/sicr/tradocestproc/clproley2001.nsf/pley/B9FC4CC8E55A557F05256D25005D5CEB?opendocument>
- Decreto Legislativo N°1221, Decreto Legislativo que Mejora la Regulación de la Distribución de Electricidad para Promover el Acceso a la Energía Eléctrica en el Perú. (24 de setiembre de 2015). <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-legislativo-que-mejora-la-regulacion-de-la-distribuc-decreto-legislativo-n-1221-1291565-11>
- De La Puente, M. (26 de Febrero de 2019). Consumo de energía: ¿demanda vs. eficiencia? *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia-consumo-energia-%C2%BFdemanda-vs-eficiencia-76069.aspx>

- Díaz Garay, B., y Noriega, M. T. (2018). *Manual para el diseño de instalaciones manufactureras y de servicios*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.
- Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. (04 de julio de 2012). <https://www.boe.es/doue/2012/197/L00038-00071.pdf>
- Ecosolutions. (s.f.). *Fotovoltaica aislada* [Infografía]. Recuperado de <http://www.burntsiena.es/ecoweb/fotovoltaicaaislada.php>
- Eco Soch. (s.f.). *On Grid Solar PV System*. Recuperado de <https://www.ecosoch.com/grid-solar-pv-system/>
- Edipesa. (s.f.). *SKIL Taladro de Banco 3320 1/2pulg c/guía laser*. Recuperado de <https://www.edipesa.com.pe/tienda/herramientas-el%C3%A9ctricas/taladro-de-banco-3320-skil-detalle>
- El sur como potencia solar. (07 de Abril de 2018). *La República*. Recuperado de <https://larepublica.pe/domingo/1223545-potencia-solar-en-el-sur/>
- Energías Renovables. (25 de Noviembre de 2014). *Tipo de penesles fotovoltaicos*. Recuperado de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos-paneles-fotovoltaicos/>
- Fluke. (s.f.). Pinza amperimétrica de verdadero valor eficaz de CA/CC Fluke 374 FC. Recuperado de <https://www.fluke.com/es-pe/producto/comprobacion-electrica/pinzas-amperimetricas/fluke-374-fc#>
- Furukawa. (s.f.). *Aluminios PFK: Catologos de perfiles*.
- Gayoso, A. y López, J.M. (s.f.). *¿Por qué el sector eléctrico es clave para el desarrollo del país?*. Statkraft. Recuperado de <https://www.statkraft.com.pe/prensa/statkraft-blog/analisis-del-sector/por-que-el-sector-electrico-es-clave-para-el-desarrollo-del-pais/>
- Gerencia Regional de Salud Gobierno Regional de Arequipa. (s.f.). Provincia de Arequipa [Mapa]. Recuperado de <https://www.saludarequipa.gob.pe/epidemiologia/ASIS/docs/regional/provincial.htm>
- Google. (s.f.). [indicaciones de google maps para conducir desde Lima, Perú, a La Libertad, Perú. Recuperado el 10 de noviembre de 2019, de <https://www.google.com/maps/dir/Trujillo/Arequipa/>

- Gutiérrez Ramos, A. (11 de Agosto de 2018). El gran potencial de la energía solar. *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/noticia-el-gran-potencial-de-energia-solar-70012.aspx>
- Harvard Business School. (s.f.). *The Five Forces* [Las Cinco Fuerzas]. Recuperado de: <https://www.isc.hbs.edu/strategy/business-strategy/Pages/the-five-forces.aspx>
- Hitesh, B. (5 de Agosto de 2019). *Substitute Goods: Types, Examples and Role of Substitute Goods*. Recuperado de Marketing 91: <https://www.marketing91.com/substitute-goods/>
- Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial. (15 de abril de 2019). Perú Apuesta por las Energías Renovables. Recuperado de https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r874_1/informe%20economico.pdf
- Instituto Peruano de Economía. (16 de Setiembre de 2019). Arequipa con y sin minería. *El Comercio*. Recuperado de <https://www.ipe.org.pe/portal/arequipa-con-y-sin-mineria/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Octubre de 2018). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales Arequipa 2017*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1551/
- International Energy Agency. (Marzo de 2019). Global Energy & CO2 Status Report 2019 [Reporte de Estado de la Energía Global & CO2 2019]. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>
- International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, International Renewable Energy Agency. (2016). *End of Life Management Solar: Photovoltaic Panels*. Recuperado de http://iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf
- Jinko Solar. (2015). JKM270PP-60 255-270 Watt Poly Crystalline Module. Recuperado de <https://autosolar.pe/pdf/Ficha-tecnica-panel-Jinko-270W.pdf>
- Leaf Energy. (08 de abril 2019). Kid Solar Plus [Fotografía]. Facebook
- Mártel, I. (23 de Junio de 2017). ¿Cómo lograr energía limpia y abundante?: de la célula solar al sistema fotovoltaico. *Público*. Recuperado de <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/06/23/como-lograr-energia-limpia-y-abundante-de-la-celula-solar-al-sistema-fotovoltaico/>

- Medina, M. (14 de Noviembre de 2018). Energía eléctrica: Tarifas subieron 50% en los últimos ocho años. *Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/economia/energia-electrica-tarifas-subieron-50-en-los-ultimos-8-anos-853675/>
- Mendoza Rodríguez, C. (2012). *Viabilidad técnica-económica de una central solar termoeléctrica de colectores cilíndricos parabólicos para su implementación de México* [Tesis de titulación]. Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio digital de la Facultad de Ingeniería - UNAM. <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/277>
- Mercado Libre. (s.f.). Alicata Universal Aislado. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-432368816-alicate-aislado-1000v-universal-778-stanley-84-002-_JM?quantity=1#position=1&type=item&tracking_id=965b9b66-e077-48db-b026-97f3c16f8357
- Mercado Libre. (s.f.). *Sierra Ingleteadora De 10 PuLG. / 1800w Truper*. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.pe/MPE-436894224-sierra-ingleteadora-de-10-pulg-1800w-truper-_JM?matt_tool=40464734&matt_word&gclid=Cj0KCQjwgNXtBRC6ARIsAIP P7RtvIcss67IGfRsH30uS-foXbCMAh12uCcybibvBriDRpNRiNNsmMGgaApVFEALw_wcB&quantity=1
- Ministerio de Energía y Minas . (2007). *Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Doméstico*. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (Setiembre de 2019). Balance Nacional de Energía. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/balance-nacional-energia-2017>
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Plan Nacional de Electrificación Rural 2016-2025*.
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Uso Eficiente de la Energía: Guía Metodológica para Docentes de Secundaria*. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/giee/descargas-sec.html>
- Ministerio de la Producción. (2015). *Parques industriales*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Agosto de 2017). Mapa Vial de la Provincia de Arequipa Departamento de Arequipa [Mapa]. Recuperado de

- https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/Mapas%20Provinciales/Arequipa/AR-01%20Arequipa.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2016). *Evaluación del Impacto Ambiental, 2011 - 2016:Proceso seguro y confiable para la toma de decisiones*.
<https://sinia.minam.gob.pe/documentos/evaluacion-impacto-ambiental-2011-2016>
- MPP Solar (s.f.) *PIP-HSE1/MSE1 SERIES Off- Grid Solar Inverter*.
- Municipalidad Distrital Huaro-Quispicanchi. (23 de abril de 2018). Electrificación para todos [Fotografía]. Facebook.
- Norma Técnica de Edificación E.M.080: Instalaciones con energía solar.
http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/EM.80_INSTALACIONES.pdf
- Norma Técnica Peruana NTP 339.010 - 1 2015: SEÑALES DE SEGURIDAD: colores, símbolos, formas y dimensiones de señales de seguridad. Parte 1: reglas para el diseño de las señales de seguridad. Recuperado de
<https://www.ccimasenalizaciones.pe/images/pdf/documentos/ntp-399010-1-2015-senales-de-seguridad.pdf>
- Norma Técnica Peruana NTP 399.403 2006: Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp. Especificaciones Técnicas y Método para la Calificación Energética.
- Núñez Ramos, M. G. (2013). *Modelo para la creación de una empresa de generación de energía renovable a través de electricidad fotovoltaica como envolvente arquitectónico*. Tesis de Pregrado, Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Postgrados, Quito, Ecuador.
- O’Ryan, F. (06 de Enero de 2019). Energía solar superará al gas y se ubicará como la tercera fuente de generación eléctrica en Chile. *La Tercera*. Recuperado de
<https://www.latercera.com/pulso/noticia/energia-solar-superara-al-gas-se-ubicara-la-tercera-fuente-generacion-electrica-chile/473294/>
- Osinergmin. (2016). *La Industria de la Electricidad en el Perú*. Lima.
- Ovacen. (s.f.). *La industria solar frente al reciclaje*. Recuperado de
<https://ovacen.com/paneles-solares-vida-util/>
- Quintana Herrera, D. (noviembre de 2019). Cálculo de la energía fotovoltaica generada por el sistema fotovoltaico. [Comunicación Personal]
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (01 de Marzo de 2017). *Grupo de Apoyo al Sector Rural*. Recuperado de <http://gruporural.pucp.edu.pe/>

- Pozo Ortiz, L. M. (2010). Plan de negocios para el ensamblaje, instalación y distribución de paneles solares como método de energía alternativa para el Ecuador. Informe de materia de graduación, Escuela Superior Politécnica del litoral, Guayaquil. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10505/1/Tesis%20LAT%20Final.pdf>
- Promart. (s.f.). Alicata de corte 7". Recuperado de <https://www.promart.pe/alicate-de-corte-7--10062/p>
- Promart. (s.f.). *Atornillador Inalámbrico 4V+30 accesorios-Stanley*. Recuperado de <https://www.promart.pe/atornillador-inalambrico-4v-30-accesorios-stanley/p>
- Promart. (s.f.). *Juego de limas x5 piezas*. Recuperado de <https://www.promart.pe/juego-de-5-limas/p>
- Promart. (s.f.). *Juego de llaves ratch x7 piezas*. Recuperado de <https://www.promart.pe/juego-de-7-llaves-ratch-en-mm/p>
- Promart. (s.f.). Martillo de uña con mango de fibra 16 onzas. Recuperado de <https://www.promart.pe/martillo-de-u%C3%B1a-c-mango-de-fibra-16-oz-70408/p>
- Promart. (s.f.). *Multímetro digital profesional FIX 7677 Bosch*. Recuperado de <https://www.promart.pe/multimetro-digital-profesional-fix-7677-bosch/p>
- Promart. (s.f.). *Pinza pelacables 4 mordazas*. Recuperado de <https://www.promart.pe/pinza-pelacables-de-9--8-calibres-4-mordazas/p>
- Promart (s.f.). *Wincha contra impacto 10 metros*. Recuperado de <https://www.promart.pe/wincha-contra-impacto-10-m-54822/p>
- PV InfoLink. (26 de Noviembre de 2018). Five major PV trends to watch in 2019 [5 tendencias fotovoltaicas para el 2019]. Recuperado de <https://www.infolink-group.com/en/solar/analysis-trends/Five-major-PV-trends>
- Ricalde , F., y Moreno, C. (5 de Junio de 2018). Solo 3% de la energía en Perú viene del aire o del sol. *RPP Noticias*. Recuperado de <https://rpp.pe/mundo/medio-ambiente/solo-3-de-la-energia-en-peru-viene-del-aire-o-del-sol-noticia-1063314>
- Ritar Power. (s.f.). DG12-100 (12V100Ah). Recuperado de <https://www.ritarpower.com>
- Roca, J. (24 de Enero de 2019). Los 10 mayores fabricantes de módulos solares en 2018: JinkoSolar, líder con 11 GW. *El Periódico de la Energía*. Recuperado de <https://elperiodicodelaenergia.com/los-10-mayores-fabricantes-de-modulos-solares-en-2018-jinkosolar-lider-con-11-gw/>

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMI. (s.f.). *Energía Solar Incidente Diaria: Departamento de Arequipa (1975-1990)* [Mapa].
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMI. (s.f.). *Energía Solar Incidente Diaria Promedio Anual (1975-1990)* [Mapa].
- Sociedad Nacional de Industrias. (Junio 2019). *Situación peruana: evaluamos el estado de los parques industriales*. Industria Peruana, (937). Recuperado de <https://www.sni.org.pe/wp-content/uploads/2019/06/Revista-junio-2019-937-baja-1.pdf>
- Sodimac. (s.f.). *Broca Metal 1/8 - 3.2 mm x 2 unidades*. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/2075377/Broca-Metal-1-8-3.2-mm-x-2-unidades/2075377>
- Sodimac. (s.f.). *Escalera Telescópica Fibra de Vidrio 32 Pasos Profesional*. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/2726254/escalera-profesional-telescopica-fibra-vidrio-32-pasos>
- Sodimac. (s.f.). *Extensión Profesional en carrete 3x14AWG 20m*. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/1981706/Extension-Profesional-en-carrete-3x14AWG-20m/1981706>
- Sodimac. (s.f.). *Juego de Desarmadores Ergonómico 6 Piezas*. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/3551547/Juego-de-Desarmadores-Ergonomico-6-Piezas/3551547>
- Sodimac. (s.f.). *Taladro Percutor 1/2" 750W Eléctrico*. Recuperado de <https://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/product/114073/taladro-percutor-1-2%22-750w-electrico>
- Sun Supply. (2017). *Tipos de sistemas solares fotovoltaicos y sus aplicaciones*. Recuperado de <https://www.sunsupplyco.com/tipos-de-sistemas-solares/>
- Urbania. (s.f.). *Venta de terrenos*. Recuperado el 10 de octubre de 2019, de <https://urbania.pe/buscar/venta-de-terrenos>

BIBLIOGRAFÍA

Decreto Supremo N° 005-2012-TR, Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (25 de abril 2012). Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/reglamento-de-la-ley-n-29783-ley-de-seguridad-y-salud-en-e-decreto-supremo-n-005-2012-tr-781249-1/>

Gamio, P. (2017). Energía: un cambio necesario en el Perú. Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente(1). doi:<https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201701.004>

Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. (20 de agosto de 2011). Recuperado de <https://www.sunafil.gob.pe/images/docs/normatividad/LEYDESEGURIDADSA LUDTRABAJO-29783.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta paneles fotovoltaicos

La siguiente encuesta busca conocer sus preferencias con respecto al uso de energía solar fotovoltaica. La información será usada para fines académicos, por lo que se agradece que responda de manera sincera y objetiva.

1. ¿Vives en la provincia de Arequipa?

Sí

No (fin de la encuesta)

2. ¿Vives en casa o departamento?

Casa

Departamento (fin de la encuesta)

3. ¿En qué distrito vives?

4. Selecciona tu rango de edad (años)

15-25 años

26-35 años

36-45 años

36-45 años

55 a más

5. ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual?

Menos de S/100

Entre S/100-S/150

Entre S/150-S/200

Más de S/200

6. ¿Qué tan importante es para usted el cuidado del medio ambiente?

Sin importancia

De poca importancia

Moderadamente importante

Importante

Muy importante

7. ¿Ha oído hablar de los módulos fotovoltaicos* (paneles solares) de uso doméstico?

Sí

No

8. ¿Estaría dispuesto a instalar un sistema solar en su domicilio?

Un sistema fotovoltaico consta de paneles solares, un banco de baterías y un inversor de corriente, con una vida útil de 25 años. La inversión inicial varía entre los S/4.000 y S/6.000 y representa un ahorro en su recibo eléctrico a partir del 5to año de instalación.

Se requiere tener acceso a los aires de su vivienda, y un espacio de 4 m².

Sí

No (fin de la encuesta)

9. Del 1 al 10 ¿Qué tan dispuesto estaría a hacerlo? Siendo 10 completamente dispuesto

1 6

2 7

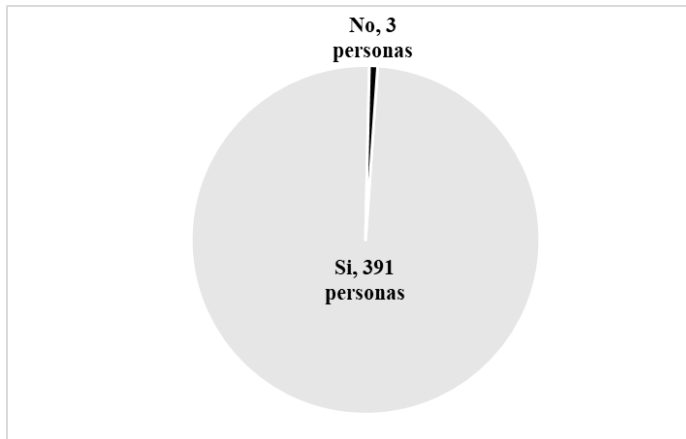
3 8

4 9

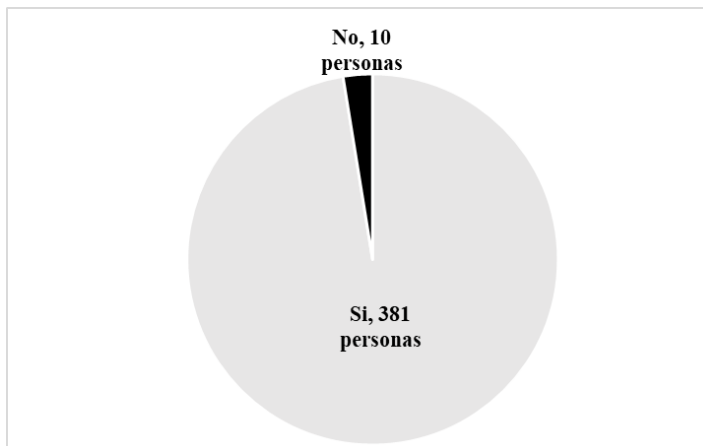
5 10

Anexo 2: Resultados de encuesta

1. ¿Vives en la provincia de Arequipa?

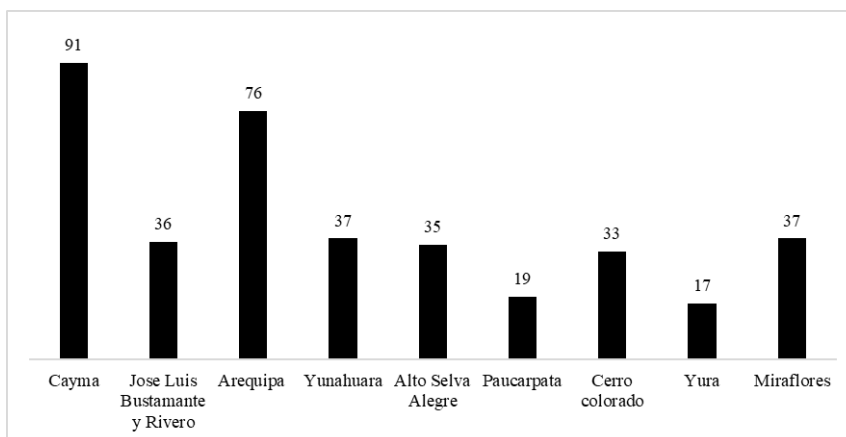


2. ¿Vives en casa o departamento?

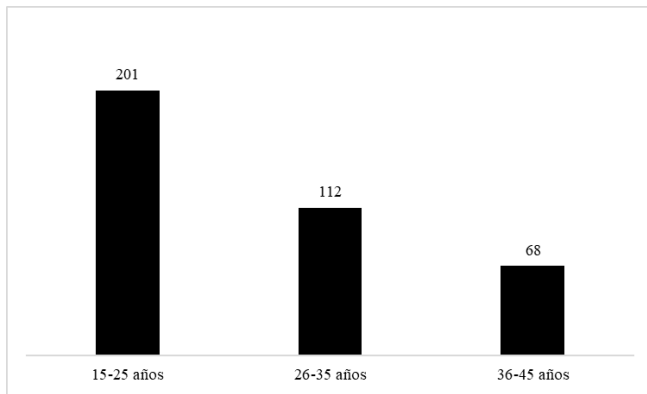


4.

3. ¿En qué distrito vives?



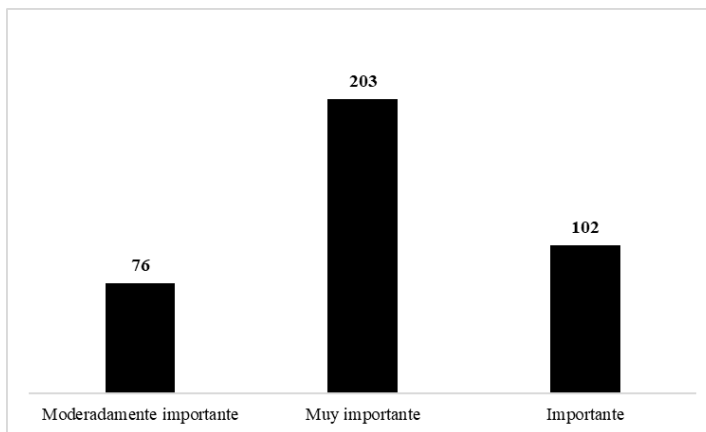
4. Selecciona tu rango de edad (años)



5. ¿A cuánto asciende su consumo eléctrico mensual?

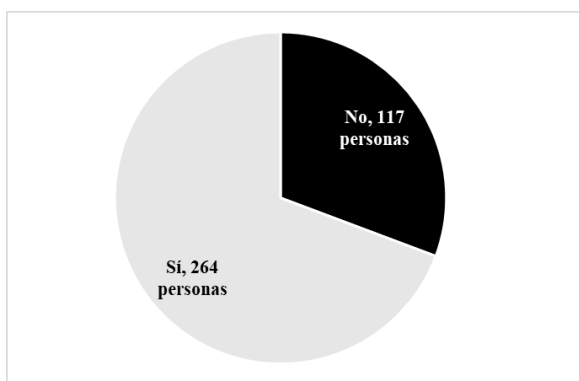
Rangos de precios	Número de encuestados	% del total
Entre S/100-S/150	232	61%
Entre S/150-S/200	72	19%
Menos de S/100	76	20%
Total	381	100%

6. ¿Qué tan importante es para usted el cuidado del medio ambiente?



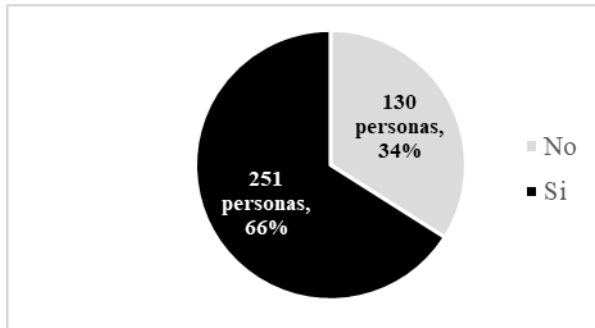
5.

7. ¿Ha oído hablar de los módulos fotovoltaicos* (paneles solares) de uso doméstico?



8. ¿Estaría dispuesto a instalar un sistema solar en su domicilio?

Un sistema fotovoltaico consta de paneles solares, un banco de baterías y un inversor de corriente, con una vida útil de 25 años. La inversión inicial varía entre los S/4.000 y S/6.000 y representa un ahorro en su recibo eléctrico a partir del 5to año de instalación. Se requiere tener acceso a los aires de su vivienda, y un espacio de 4 m2.



9. Del 1 al 10 ¿Qué tan dispuesto estaría a hacerlo? Siendo 10 completamente dispuesto

Del 1 al 10 ¿Qué tan dispuesto estaría a instalar el sistema?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio ponderado
N° de encuestados	1	5	10	18	30	58	63	34	21	11	6,47

Anexo 3: Dimensión del sistema fotovoltaico

Se detalla la potencia de los equipos utilizados en una vivienda:

Equipos/luminarias	Potencia W	Número de equipos/luminaria
Refrigeradora	190,97	1
TV 50 LED	140	2
Licuada	600	1
Microondas	1600	1
Plancha	2200	1
Luminaria	12	15
Modem Wifi	5	1
Lavadora	400	1
Cámara de seguridad	12	1
TV 40 LED	120	1

Se ha modelado el siguiente consumo de la vivienda:

Hora	Potencia	Consumo diario (Wh)
00:00 - 00:30	286,97	143,49
00:30 - 01:00	0,00	0,00
01:00 - 01:30	0,00	0,00
01:30 - 02:00	195,97	97,99
02:00 - 02:30	5,00	2,50
02:30 - 03:00	5,00	2,50
03:00 - 03:30	195,97	97,99
03:30 - 04:00	5,00	2,50
04:00 - 04:30	5,00	2,50
04:30 - 05:00	195,97	97,99
05:00 - 05:30	5,00	2,50
05:30 - 06:00	29,00	14,50
06:00 - 06:30	327,97	163,99
06:30 - 07:00	393,00	196,50
07:00 - 07:30	1.389,00	694,50
07:30 - 08:00	787,97	393,99
08:00 - 08:30	17,00	8,50
08:30 - 09:00	17,00	8,50
09:00 - 09:30	207,97	103,99
09:30 - 10:00	137,00	68,50
10:00 - 10:30	137,00	68,50
10:30 - 11:00	327,97	163,99
11:00 - 11:30	137,00	68,50
11:30 - 12:00	137,00	68,50
12:00 - 12:30	327,97	163,99
12:30 - 13:00	137,00	68,50
13:00 - 13:30	137,00	68,50
13:30 - 14:00	327,97	163,99
14:00 - 14:30	137,00	68,50
14:30 - 15:00	137,00	68,50

(continua)

(Continuación)

Hora	Potencia	Consumo diario (Wh)
15:00 - 15:30	327,97	163,99
15:30 - 16:00	137,00	68,50
16:00 - 16:30	17,00	8,50
16:30 - 17:00	207,97	103,99
17:00 - 17:30	209,00	104,50
17:30 - 18:00	281,00	140,50
18:00 - 18:30	727,97	363,99
18:30 - 19:00	281,00	140,50
19:00 - 19:30	1.081,00	540,50
19:30 - 20:00	871,97	435,99
20:00 - 20:30	929,00	464,50
20:30 - 21:00	681,00	340,50
21:00 - 21:30	871,97	435,99
21:30 - 22:00	1.137,00	568,50
22:00 - 22:30	233,00	116,50
22:30 - 23:00	423,97	211,99
23:00 - 23:30	233,00	116,50
23:30 - 00:00	233,00	116,50

En el cuadro inferior se presenta la generación de energía eléctrica que generan dos paneles de 270 W conectados en serie, de acuerdo con la información proporcionada por el especialista de LEAF ENERGY.

Generación solar de 5:30 am a 18:30 pm

Hora	Generación solar Wh
5:30 - 6:00	12,06
6:00 - 6:30	24,12
6:30 - 7:00	37,72
7:00 - 7:30	63,50
7:30 - 8:00	76,59
8:00 - 8:30	115,46
8:30 - 9:00	141,11
9:00 - 9:30	165,94
9:30 - 10:00	192,43
10:00 - 10:30	205,25
10:30 - 11:00	218,08
11:00 - 11:30	229,76
11:30 - 12:00	243,74
12:00 - 12:30	243,74
12:30 - 13:00	230,91
13:00 - 13:30	216,99
13:30 - 14:00	205,25
14:00 - 14:30	192,43
14:30 - 15:00	166,77
15:00 - 15:30	140,41
15:30 - 16:00	115,46
16:00 - 16:30	76,97
16:30 - 17:00	63,82
17:00 - 17:30	37,72
17:30 - 18:00	24,63
18:00 - 18:30	12,06
Total generado	3.452,90

Fuente: Leaf Energy

Durante las horas en que los paneles fotovoltaicos ofrezcan mayor energía de la que es requerida por el hogar está se va a almacenar en dos baterías de 100 Ah cada una. Como se puede observar la generación solar es mayor a la energía requerida entre las 8:00 a 16:30 horas, lo cual hace un total de energía generada de 3.100,69 Wh.

Análisis de energía entre las 8:00 a 16:30 horas

Concepto	Energía eléctrica Wh
Generación solar	3.100,69
Consumo de la casa	1.401,93
Energía eléctrica excedente generada por los paneles solar	1.698,76

Detalle del banco de baterías

Número	2	
Voltaje	12	V
Ampere-hora	100	Ah
Energía almacenada	2400	Wh

Con la información proporcionada, se determinó que si se almacenara en toda la energía excedente generada por el panel solar se ocuparía un 70,78% de las baterías. Sin embargo, esto reduciría más su vida útil, lo cual tendría una buena relación beneficio costo, por este motivo se decidió descargar las baterías un 60%, dando 1.440 Wh de energía eléctrica acumulada en baterías.

Finalmente, el balance de energía balance en función del consumo energético y la energía generada por el sistema fotovoltaico es el siguiente:

Balance de energía eléctrica de un día		
Consumo total	7.516	Wh
Energía generada por el S.F. útil	3.194	Wh
Energía suministrada por red	4.322	Wh

Anexo 4: Informe de Instalación del Sistema Fotovoltaico

El siguiente Informe de Instalación del Sistema Fotovoltaico sigue el modelo de informe propuesto en la Guía de Instalación de Sistemas Fotovoltaicos Domésticos (2007):

I. Datos de la instalación

<i>Logo de la empresa</i>	<i>Nombre de la empresa</i>
Nombre y apellido del cliente	
Lugar de la instalación	
Fecha	
Nombres de los responsables de realizar la instalación	

II. Características del sistema fotovoltaico

Componente	Marca	Modelo	N° de serie	Cantidad	Datos eléctricos
Modulo					W
Inversor					A
Baterías					Ah

III. Características de la instalación fotovoltaica

Concepto	Sí/No
Accesorios completos	
Estructura de soporte en buen estado	
Elementos de protección en buen estado	
Fijación firme terminales	
Unión firme terminales-componentes	
Caja de conexiones de dimensión apropiada	
Soporte del módulo fotovoltaico fijado al módulo	
Módulo orientado al Norte	
Cableado para condiciones de intemperie	

IV. Mediciones y verificaciones

Concepto	Calificación	Instrumento utilizado
El beneficiario ha recibido orientación básica acerca de la operación del SFD	Sí/No	
Las luminarias encienden	Sí/No	
Verificación de tensión en los terminales del controlador de carga	Sí/No	
Tensión entregada por la batería	(anotar tensión en V)	
Tensión entregada por el módulo	(anotar tensión en V)	

V. Conformidad de la instalación y verificación de funcionamiento

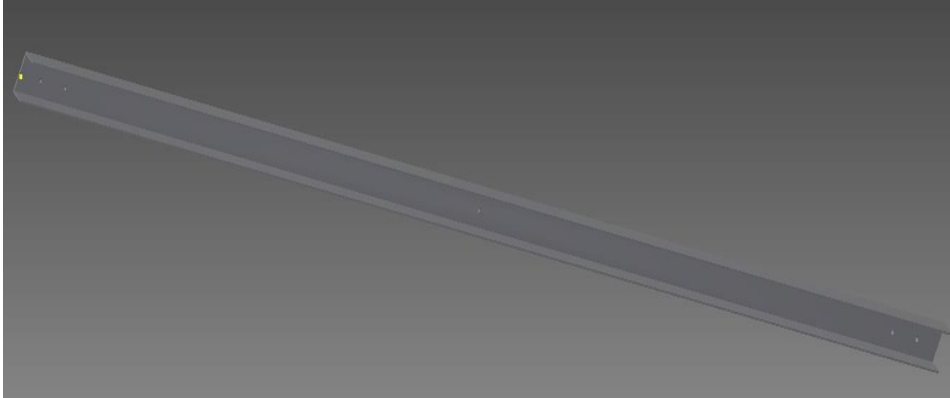
(Lugar), (día) del (mes) de (año)

Técnico

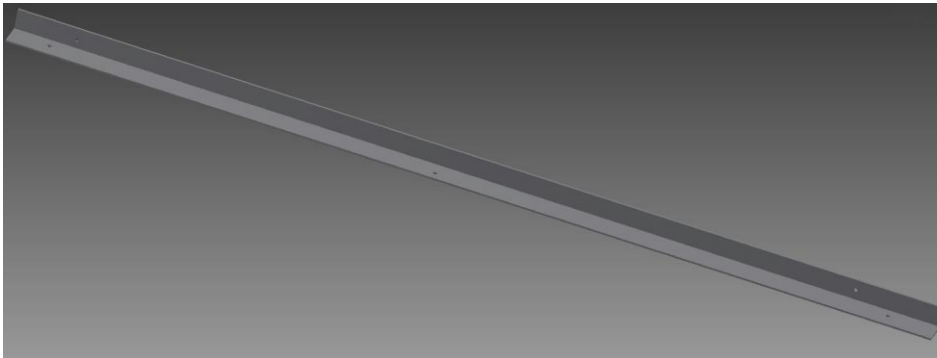
Cliente

Anexo 5: Vista de las piezas de la estructura de soporte

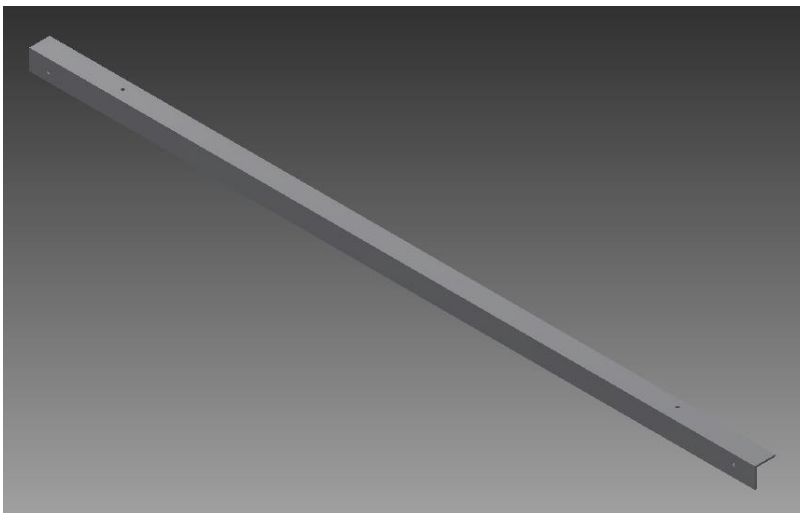
Canal



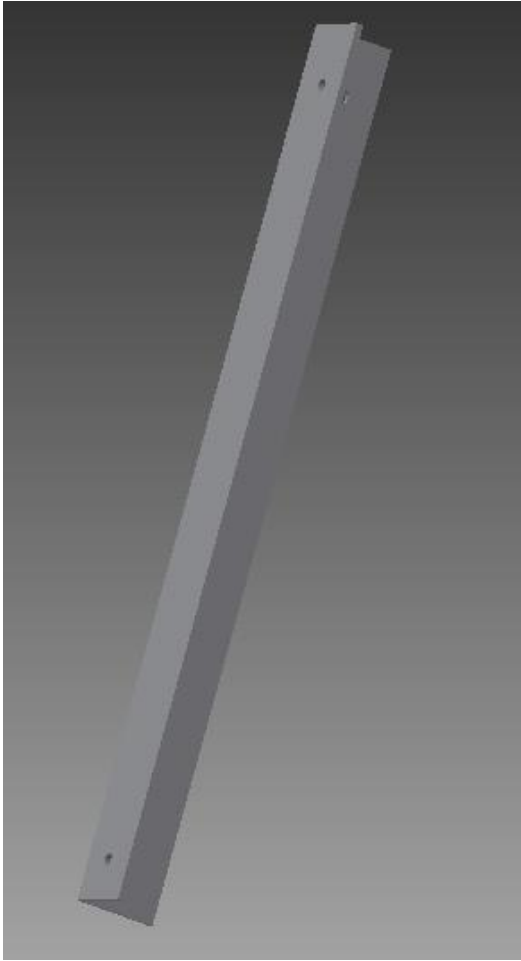
Base de las escuadras de soporte



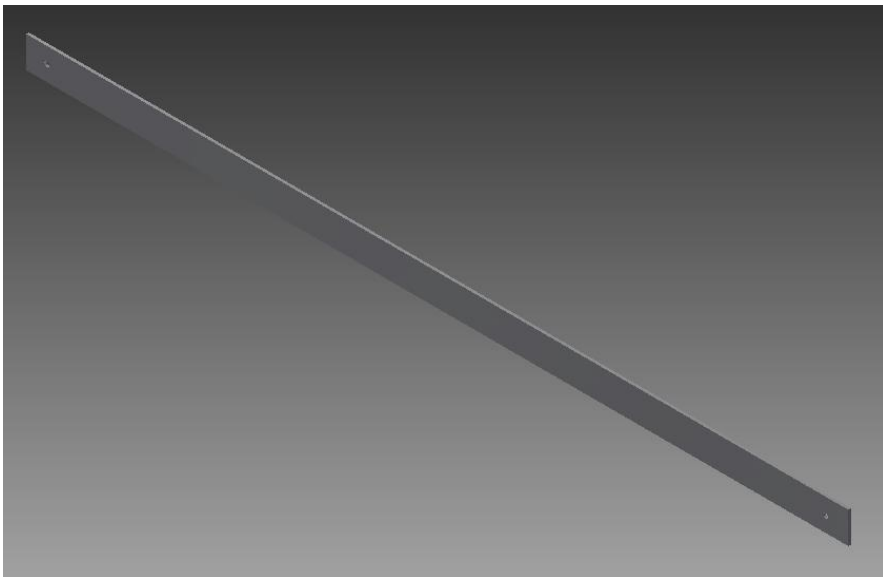
Parte de las escuadras de soporte



Parte vertical de las escuadras de soporte



Platina



Anexo 6: Plan de pedidos del proyecto

Año 1

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	41	41	41	41	41	41	41	41	42	42	42	45
Recepción Programada				120			120			140		
Inventario Inicial	180	139	98	57	136	95	54	133	92	50	148	106
Inventario Final	139	98	57	136	95	54	133	92	50	148	106	61
Lanzamiento de pedidos		120			120			140			140	

Año 2

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	51	51	51	51	51	51	51	51	52	52	52	52
Recepción Programada	140			160			160	0	0	160	0	0
Inventario Inicial	61	150	99	48	157	106	55	164	113	61	169	117
Inventario Final	150	99	48	157	106	55	164	113	61	169	117	65
Lanzamiento de pedidos		160			160			160			160	

Año 3

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	56
Recepción Programada	160	0		160	0	0	160	0	0	160	0	0
Inventario Inicial	65	170	115	60	165	110	55	160	105	50	155	100
Inventario Final	170	115	60	165	110	55	160	105	50	155	100	44
Lanzamiento de pedidos	0	160			160			160			180	0

Año 4

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	60	60
Recepción Programada	180	0		180	0	0	180	0	0	180	0	0
Inventario Inicial	44	165	106	47	168	109	50	171	112	53	174	114
Inventario Final	165	106	47	168	109	50	171	112	53	174	114	54
Lanzamiento de pedidos	0	180			180	0		180		0	180	0

Año 5

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	63	63	63	63	63	63	63	64	64	64	64	64
Recepción Programada	180	0		180	0	0	200	0	0	180	0	0
Inventario Inicial	54	171	108	45	162	99	36	173	109	45	161	97
Inventario Final	171	108	45	162	99	36	173	109	45	161	97	33
Lanzamiento de pedidos	0	180			200			180			210	

Año 6

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Requerimiento Bruto	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	69
Recepción Programada	210	0		200	0	0	220	0	0	200	0	0
Inventario Inicial	33	175	107	39	171	103	35	187	119	51	183	115
Inventario Final	175	107	39	171	103	35	187	119	51	183	115	46
Lanzamiento de pedidos	0	200			220	0		200			180	

Anexo 7: Calculo de costo de construcción y obras civiles

Áreas del terreno

Área total del terreno (m ²)	321,85
Área construida (m ²)	230,31
Área no techada (m ²)	91,54

Elaboración propia

Costo total de construcción y obras civiles

El costo total de construcción y obras civiles asciende a **S/82.990,52**.

Concepto	Costo (S/)
Muro cerco	8.290,00
Piso de concreto	14.811,47
Muros interiores de mampostería	11.261,82
Techos de almacenes y taller	14.186,84
Construcción área administrativa	20.663,35
Instalaciones sanitarias	1.058,10
Instalaciones eléctricas	10.018,90
Portones metálicos	2.700,00
Total	82.990,52

Elaboración propia

Presentamos el desglose de cada concepto:

A. Piso de concreto

Material	Costo, S/
Cemento	5.896,22
Arena gruesa	804,63
Piedra chancada (1/2")	1.673,62
Total materiales	8.374,47

Elaboración propia

Concepto	Costo (S/)
Mano de obra para piso de concreto	6.437,00
Materiales	8.374,47
Total piso de concreto	14.811,47

Elaboración propia

Finalmente, el costo total del piso de concreto es de **S/14.811,47**.

B. Muros interiores de mampostería

Etapas	Costo (S/)
Cimentación	396,86
Sobrecimiento	356,76
Muro ladrillo KK de soga	3.548,20
Total	4.301,82

Elaboración propia

Concepto	Costo (S/)
Mano de obra	2.400,00
Materiales	4.301,82
Tarrajeo	4.560,00
Total muros interiores de mampostería	11.261,82

Elaboración propia

Finalmente, el costo total de los muros interiores de mampostería es de **S/11.261,82**.

C. Techos de almacenes y taller

- Modelo seleccionado: armadura inglesa
- Altura considerada: 1.5 m
- Material de la estructura del techo: varillas de acero de 1/2 plg
- Revestimiento: techo fibraforte rojo 3.05m x 1.10m x 1.2 mm
- Costo x m2 (S/): 99.83 (materiales + M.O.)

Ambiente	Area (m²)	costo x m² (S/)	Costo total (S/)
Almacén de acumulación	51,36	99,83	5.127,27
Almacén de M.P.	19,50	99,83	1.946,69
Taller	71,25	99,83	7.112,89
Total			14.186,84

Elaboración propia

Finalmente, el costo total de los techos de almacenes y taller es de **S/14.186,84**.

D. Construcción de área administrativa

Se considera construcción en drywall S/75,00 x m2 a todo costo :

Ítem	Área(m ²)	Costo x m ² (S/)	Costo (S/)
Paredes	105,60	75,00	7.920,00
Techos	87,00	75,00	6.525,00
Total			14.445,00

Elaboración propia

Ítem	Costo unitario (S/)	Cantidad	Subtotal (S/)	Costo u. instalación (S/)	Subtotal instalación (S/)	Total (S/)
Puertas	176,60	10,00	1.766,00	90,00	900,00	2.666,00
Ventanas	229,90	4,00	919,60	45,00	180,00	1.099,60
Medio baño	181,40	3,00	544,20	60,00	180,00	724,20
Kit de instalación medio baño	52,90	3,00	158,70	0,00	0,00	158,70
Grifos lavatorios	19,90	3,00	59,70	0,00	0,00	59,70
Urinarios	114,90	3,00	344,70	50,00	150,00	494,70
Ducha	51,90	1,00	51,90	50,00	50,00	101,90
Total						5.304,80

Nota: las puertas incluyen marco, cerradura y bisagras; medio compuesta por inodoro, tanque y lavatorio

Elaboración propia

Ítem	Costo (S/)
Mayólica	373,25
Pegamento	60,00
Mano de obra	450,90
Fragua	29,40
Total instalación mayólica	913,55

Elaboración propia

Finalmente, el costo total de construcción del área administrativa es de **S/20.663,35**.

E. Instalaciones sanitarias

- Abastecimiento de agua

Ítem	Costo unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubo 3/4" x 5m	19,00	4,00	76,00
Tubo 1/2" x 5m	9,90	2,00	19,80
Reducción 3/4" a 1/2"	1,00	4,00	4,00
Pegamento pvc 32 onz	53,90	1,00	53,90
Válvula esférica 3/4" pesada	25,90	1,00	25,90
Válvula esférica 1/2" pesada	15,90	3,00	47,70
Total			227,30

Elaboración propia

- Desagüe

Ítem	Costo unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Caja de registro 4"	134,00	1,00	134,00
Tubo de 4" x 3m	20,00	6,00	120,00
Tubo de 2" x 3m	8,30	6,00	49,80
Tee 2"	2,70	10,00	27,00
Total			330,80

Elaboración propia

Concepto	Costo (S/)
Mano de obra para instalaciones sanitarias	500,00
Total instalaciones sanitarias	1.058,10

Elaboración propia

Finalmente, el costo total de instalaciones sanitarias es de **S/1.058,10**.

F. Instalaciones eléctricas

- Cantidad de puntos

Ambiente	Cantidad de puntos
Baño/ducha operarios	2
Comedor y baño	4
Baño administración	1
Sala de reuniones	3
Oficinas	7
Oficina gerente general	3
Recepción	2
Almacén de acumulación	6
Almacén de materias primas	3
Taller	8
Patio de maniobras	1
Estacionamientos	1
Total	41

Elaboración propia

Concepto	Costo (S/)
Mano de obra por punto	50,00
Total mano de obra para punto	2.050,00
Total material y mano de obra para puntos	6.150,00

Elaboración propia

- Tablero general

Cantidad de interruptores termomagnéticos

Ambiente/	Iluminación	Tomacorrientes
Área administrativa	1	1
Taller	1	1
Almacén de acumulación	1	1
Almacén de materias primas	1	1
Otros	1	1
Total	5	5

Elaboración propia

Ítem	Precio unitario S/	Cantidad	Costo (S/)
Tablero metálico 32 polos	579,90	1,00	579,90
Interruptores termomagnéticos	84,90	10,00	849,00
Interruptores diferenciales	180,00	10,00	1.800,00
Total			3.228,90

Elaboración propia

Costo de pozo a tierra

Ítem	Costo (S/)
Kit pozo a tierra, S/	250,00
Rollo de alambre 14 AWG, S/	90,00
Mano de obra, S/	200,00
Total	540,00

Elaboración propia

Concepto	Costo (S/)
Mano de obra para tablero general	100,00
Materiales y pozo a tierra	9.918,9
Total instalaciones eléctricas	10.018,90

Elaboración propia

Finalmente, el costo total de las instalaciones eléctricas es de **S/10.018,90**.

G. Portones metálicos

Ambiente	Costo (S/)
Entrada principal	1.500,00
Almacén de acumulación	400,00
Almacén de materias primas	400,00
Taller	400,00
Total	2.700,00

Elaboración propia

Finalmente, el costo total de los portones de concreto es de **S/2.700**

Anexo 8: Flujos financieros de acuerdo con el análisis de sensibilidad

Flujo financiero si la demanda crece 10%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-782.486						
Préstamo	312.994						
Utilidad antes de reserva legal		113.898	191.775	236.338	287.189	344.509	377.946
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							255.332
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.904	29.809	44.713	59.618	74.522	89.427
FNRI Financiero	-469.492	119.839	182.811	212.470	248.417	287.124	951.095

Flujo financiero si la demanda crece 5%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-773.582						
Préstamo	309.433						
Utilidad antes de reserva legal		91.213	165.155	207.949	256.024	312.416	359.724
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							246.428
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.735	29.470	44.205	58.940	73.674	88.409
FNRI Financiero	-464.149	97.324	156.531	184.590	217.930	255.880	924.987

Flujo financiero si la demanda decrece 5%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-756.136						
Préstamo	302.454						
Utilidad antes de reserva legal		46.722	112.657	151.178	195.828	246.818	289.604
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							228.982
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.403	28.805	43.208	57.610	72.013	86.416
FNRI Financiero	-453.682	53.165	104.698	128.816	159.063	191.943	839.414
Factor de actualización	1,00	0,87	0,76	0,67	0,58	0,51	0,44
VAN	-453.682	46.438	79.879	85.845	92.590	97.592	372.793
Flujo de caja acumulado		46.438	126.317	212.162	304.752	402.344	775.137
Valor actual neto		-407.244	-327.364	-241.519	-148.929	-51.337	321.456

Flujo financiero si la demanda decrece 10%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-747.232						
Préstamo	298.893						
Utilidad antes de reserva legal		24.037	85.803	121.693	164.592	212.908	254.013
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							220.078
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.233	28.466	42.699	56.932	71.165	85.398
FNRI Financiero	-448.339	30.650	78.183	99.839	128.506	158.881	795.938

Flujo financiero si el precio decrece 10%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-765.086						
Préstamo	306.034						
Utilidad antes de reserva legal		-76.942	-40.880	-13.825	18.123	56.990	85.875
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							237.932
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.573	29.146	43.719	58.292	72.865	87.438
FNRI Financiero	-459.052	-70.669	-49.181	-36.699	-19.324	1.262	643.613

Flujo financiero si el precio decrece 5%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-765.086						
Préstamo	306.034						
Utilidad antes de reserva legal		-3.900	49.288	82.930	122.050	168.383	205.465
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							237.932
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.573	29.146	43.719	58.292	72.865	87.438
FNRI Financiero	-459.052	2.373	40.987	60.057	84.604	112.655	763.203

Flujo financiero si el precio crece 5%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-765.086						
Préstamo	306.034						
Utilidad antes de reserva legal		142.185	229.624	276.441	329.906	391.169	444.646
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							237.932
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.573	29.146	43.719	58.292	72.865	87.438
FNRI Financiero	-459.052	148.457	221.324	253.567	292.459	335.441	1.002.384

Flujo financiero si el precio crece 10%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-765.086						
Préstamo	306.034						
Utilidad antes de reserva legal		215.227	319.793	373.196	433.834	502.562	564.236
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.561	12.561	12.561	12.561	8.854	2.369
(+) Capital de trabajo							237.932
(+) Valor en libros							396.591
(-) Amortización de deuda		14.573	29.146	43.719	58.292	72.865	87.438
FNRI Financiero	-459.052	221.499	311.492	350.323	396.387	446.834	1.121.974

Flujo financiero si el TC aumenta 5%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-790.387						
Préstamo	316.155						
Utilidad antes de reserva legal		24.989	85.287	121.727	163.925	213.495	254.613
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.886	12.886	12.886	12.886	9.178	2.369
(+) Capital de trabajo							245.535
(+) Valor en libros							412.668
(-) Amortización de deuda		15.055	30.110	45.165	60.220	75.275	90.330
FNRI Financiero	-474.232	31.104	76.347	97.732	124.875	155.682	833.139

Flujo financiero si el TC disminuye 5%

Concepto	Año 0	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Inversión total	-739.785						
Préstamo	295.914						
Utilidad antes de reserva legal		113.296	193.625	237.644	288.032	346.057	395.498
(+) Amortización de intangible		2.261	2.261	2.261	2.261	2.261	2.261
(+) Depreciación fabril		6.023	6.023	6.023	6.023	6.023	6.023
(+) Depreciación no fabril		12.237	12.237	12.237	12.237	8.530	2.369
(+) Capital de trabajo							230.329
(+) Valor en libros							380.515
(-) Amortización de deuda		14.091	28.182	42.273	56.365	70.456	84.547
FNRI Financiero	-443.871	119.726	185.965	215.892	252.189	292.415	932.448