



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PARA LA
VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y
ELECTRÓNICOS (RAEE) – PANELES FOTOVOLTAICOS EN SAN
ANTONIO RECYCLING S.A. (SAR) Y LA CORRESPONDIENTE
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL”**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Lorena Akemi Muroy Takara (0000-0002-8139-2266)

Asesor:

José Andres Arana Gómez (0000-0002-7815-0098)

Lima – Perú

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Lima, 09 de septiembre del 2022

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Ing. Alexander Emanuel Díaz Sotil
Miembro: Mg. Ing. Yadira Torres Peña
Miembro: Mg. Ing. Keyla Esther Quispe Basualdo

Se reúnen para evaluar el trabajo titulado:

"ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE) - PANELES FOTOVOLTAICOS EN SAN ANTONIO RECYCLING S.A. (SAR) Y LA CORRESPONDIENTE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL"

Presentada por la bachiller:

- **Lorena Akemi Muroy Takara**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. José Arana Gómez

Luego de haber evaluado el informe final y evaluado el desempeño de la bachiller de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime () por mayoría simple (X) calificar a:

Tesista: Lorena Akemi Muroy Takara	Nota (en letras): (Diecisiete) 17		
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Ing. Alexander Emanuel Díaz Sotil
Presidente



Mg. Ing. Yadira Torres Peña
Miembro 1



Mg. Ing. Keyla Esther Quispe Basualdo
Miembro 2



Ing. José Arana Gómez
Asesor

TABLA DE CONTENIDOS

I. RESUMEN	8
II. INTRODUCCIÓN	10
1. <i>Aspectos generales de la empresa</i>	10
2. <i>Marco Teórico</i>	11
2.1. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)	11
2.2. Actores en la gestión de los RAEE	11
2.3. Paneles Fotovoltaicos	13
3. <i>Marco Legal</i>	17
4. <i>Antecedentes</i>	19
5. <i>Justificación</i>	22
III. OBJETIVOS	23
IV. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	23
1. <i>Elaboración e Implementación del Plan de Valorización (PVa) de PF</i>	23
1.1. Descripción inicial	24
1.2. Operaciones	26
1.3. Recursos	30
1.4. Documentos	41
1.5. Cronograma para la implementación del PVa	43
1.6. Seguimiento y Evaluación	44
2. <i>Evaluación de impactos ambientales</i>	47
2.1. Componentes ambientales	47
2.2. Aspectos ambientales	49
2.3. Impactos ambientales	51

2.4.	Métodos para la Identificación de Impactos ambientales	52
2.5.	Valores de evaluación	52
2.6.	Matriz de identificación y valoración de aspectos e impactos ambientales	55
V.	ANÁLISIS Y COMENTARIOS	56
1.	<i>Análisis</i>	56
1.1.	Operaciones	56
1.2.	Registro de Ingresos	62
1.3.	Evaluación de Indicadores	64
1.4.	Registro de salidas	66
1.5.	Evaluación de impactos ambientales	66
1.6.	Valorización de paneles fotovoltaicos en el mundo	72
2.	<i>Comentarios</i>	76
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
VII.	BIBLIOGRAFIA	82
VIII.	ANEXOS	86

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 FLUJO DE PARTICIPACIÓN DE ACTORES EN LA GESTIÓN DE RAEE	13
FIGURA 2 COMPONENTES DEL PANEL FOTOVOLTAICO	14
FIGURA 3 CORTE TRANSVERSAL DEL VIDRIO FOTOVOLTAICO DE SILICIO AMORFO	15
FIGURA 4 LÍNEA DE TIEMPO DEL MARCO LEGAL	15
FIGURA 5 DIMENSIONES DEL PANEL FOTOVOLTAICO	24
FIGURA 6 DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS OPERACIONES EN SAR	29
FIGURA 7 ORGANIGRAMA DE SAR EN EL MANEJO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	30
FIGURA 8 PLANO DE ARQUITECTURA – PLANTA DE VALORIZACIÓN DE SAR	34
FIGURA 8.1 ACERCAMIENTO DEL PLANO DE ARQUITECTURA - ÁREA DE RECEPCIÓN, PESAJE Y ALMACENAMIENTO FINAL DE PF	35
FIGURA 8.2 ACERCAMIENTO DEL PLANO DE ARQUITECTURA - ÁREA DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PF	36
FIGURA 9 DIAGRAMA DE GANTT DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PVA	43
FIGURA 10 VALORES PARA DETERMINAR LA MAGNITUD Y SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	54
FIGURA 11 RECEPCIÓN Y REGISTRO DE LOS PF EN LA PLANTA DE VALORIZACIÓN	56
FIGURA 12 TRATAMIENTO DE LOS PF	57
FIGURA 13 VALORIZACIÓN DEL MATERIAL FERROSO	58
FIGURA 14 DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIALES NO PELIGROSOS	60
FIGURA 15 MAPA DE PROCESOS EN EL MANEJO DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN SAR	60
FIGURA 16 REGISTRO DE INGRESOS SEMANALES POR VIAJES	62
FIGURA 17 REGISTRO DE INGRESOS SEMANALES POR TONELADAS	62
FIGURA 18 EVALUACIÓN SEMANAL Y MENSUAL DE LOS INDICADORES DE TRABAJO	64
FIGURA 19 SEGREGACIÓN SEMANAL EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO	64
FIGURA 20 MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y VALORIZACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES EN LA GESTIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN SAN ANTONIO RECYCLING	67

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. MATERIALES Y CLASIFICACIÓN TEÓRICA DE LOS COMPONENTES DE LOS PF	16
TABLA 2. MATERIALES Y CLASIFICACIÓN REAL DE LOS COMPONENTES DE LOS PF	28
TABLA 3. CANTIDAD DE TRABAJADORES POR PUESTO DE TRABAJO	33
TABLA 4. LISTADO DE HERRAMIENTAS Y EPPS POR PUESTO DE TRABAJO	38
TABLA 5. PRESUPUESTO MENSUAL POR CADA RUBRO ASIGNADO	39
TABLA 6. PRESUPUESTO PROYECTADO A 3 AÑOS (2021-2023)	40
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES	44
TABLA 8. INDICADORES DE SEGUIMIENTO	45
TABLA 9. EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES	46
TABLA 10. COMPONENTES AMBIENTALES A SER CONSIDERADOS	47
TABLA 11. ASPECTOS AMBIENTALES	49
TABLA 12. IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS	50
TABLA 13. REGISTRO DE SALIDA DE MATERIAL	65

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno

AEE: Aparatos Eléctricos y Electrónicos

a-Si:H: Silicio amorfo

EO-RS: Empresa Operadora de Residuos Sólidos

EPPs: Equipos de Protección Personal

EVA: Material Encapsulante

ICLEI: Gobiernos Locales por la Sostenibilidad

MINAM: Ministerio del Ambiente

PC-ABS: Policarbonato – Acrilonitrilo butadieno estireno

PCM: Presidencia de Consejo de Ministros

PF: Panel Fotovoltaico

PP: Polipropileno

PVa: Plan de Valorización

RAEE: Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

REP: Responsabilidad Extendida del Productor

RLGA: Reverse Logistic Group

SAR: San Antonio Recycling

SST: Seguridad y Salud en el Trabajo

I. RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional se desarrolló en la Empresa Operadora de Residuos Sólidos "San Antonio Recycling S.A." con el objetivo de elaborar e implementar un plan de valorización de paneles fotovoltaicos y posteriormente evaluar los impactos ambientales asociados a dicha actividad.

Debido a que el marco normativo peruano en temas de gestión de residuos sólidos y en temas de energía renovable está en constante desarrollo y crecimiento, la generación de paneles fotovoltaicos como residuo aumentará y al mismo tiempo la obligatoriedad en su manejo integral.

Para la elaboración e implementación del plan de valorización de paneles fotovoltaicos se identificaron las operaciones necesarias para la gestión del material, los recursos humanos y financieros, la infraestructura para el procesamiento, documentos guías para protocolizar la valorización, así como el presupuesto necesario para su desarrollo. De igual forma se precisó el cronograma de trabajo e indicadores para el seguimiento y evaluación del plan de valorización.

En cuanto a la evaluación de los impactos ambientales se establecieron aspectos y componentes ambientales relacionados a cada proceso operativo, para posteriormente valorar el impacto haciendo uso de una Matriz de Identificación y Valoración de Aspectos Ambientales.

Los resultados de la implementación del plan de valorización mostraron que de 10 016.5 toneladas de paneles fotovoltaicos recibidos en la empresa, 1 414.02 toneladas de railes metálicos (14.12 %) se valorizaron en el mercado nacional y 8 592.48 toneladas de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo¹ (85.78 %) junto con 10 toneladas de cajas de conexión (0.10 %) fueron dispuestos en infraestructuras autorizadas para su disposición final. Asimismo, se determinó que el 94.7 % de los impactos ambientales fueron “No Significativos”².

Por lo tanto, se concluye que es necesario la implementación de métodos y tecnologías para el tratamiento y reciclaje de los paneles fotovoltaicos, especialmente en la separación del vidrio y la célula de silicio amorfo, teniendo el vidrio limpio un gran potencial de valorización en el mercado peruano. Además, se logró identificar que las actividades propuestas por cada etapa operativa para la valorización de los paneles fotovoltaicos son ambientalmente viables bajo los estándares de procesamiento realizados en esta experiencia.

Palabras clave: Panel; Fotovoltaico; Plan; Valorización; RAEE

¹ El vidrio fotovoltaico de silicio amorfo está compuesto por una célula de silicio amorfo adherida al vidrio y al panel opaco, tal como se muestra en la Figura 3.

² Los valores de severidad, probabilidad y duración se encuentran en el rango de 1-9, teniendo un bajo impacto ambiental.

I. INTRODUCCIÓN

1. Aspectos generales de la empresa

San Antonio Recycling S.A. (SAR) con RUC 20524269873 se ubica en la Urbanización Canto Grande en el distrito de San Juan de Lurigancho en la provincia y departamento de Lima. SAR es una iniciativa empresarial peruana, clasificada como mediana empresa³, dedicada al rubro de recuperación de materiales que nace en el año 2009, especializada en la gestión y manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) con el Registro Autoritativo EO-RS-0110-19-150132 emitido por el Ministerio del Ambiente (MINAM). En donde se le asigna el rol de empresa operadora de residuos, autorizada para: la recolección, el transporte y la valorización.

La visión de SAR es posicionarse y sobresalir por el manejo ambientalmente responsable de los RAEE, tomando en consideración el tiempo de experiencia, el capital humano capacitado y el desarrollo tecnológico. A su vez, tiene la misión de ser un aliado estratégico en la gestión de los RAEE, favoreciendo la extracción y segregación de componentes peligrosos y el aprovechamiento de los residuos.

SAR como empresa operadora realiza las operaciones de recolección selectiva y transporte, también cuenta con una planta de valorización de RAEE donde se lleva a cabo la recepción y clasificación de los residuos para posteriormente poder valorizarlos, almacenarlos y disponer los componentes no aprovechables a infraestructuras de disposición final.

³ Según la Ley N°30056, Ley que modifica diversas leyes para facilitar la inversión, impulsar el desarrollo productivo y el crecimiento empresarial define a la "Mediana Empresa" a aquella que tiene ventas anuales superiores a 1700 IUT y hasta un monto máximo de 2300 UIT.

Todas las actividades desarrolladas en SAR tienen como objetivo el proporcionar soluciones integrales enfocadas a prevenir la contaminación ambiental y salvaguardando la salud de la población. Asimismo, busca la concientización de la importancia de una adecuada gestión de los RAEE y que cada acción contribuya a un modelo de economía circular junto al fortalecimiento del principio de responsabilidad extendida del productor (REP).

2. Marco Teórico

2.1. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

Dentro del marco institucional ambiental peruano, se definen como residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) a los artefactos que “han alcanzado el fin de su vida útil por uso u obsolescencia y que son descartados o desechados por el usuario. Comprende también a sus componentes, accesorios y consumibles” (MINAM, 2019).

2.2. Actores en la gestión de los RAEE

Según el Régimen Especial de Gestión y Manejo RAEE (MINAM, 2019) se define los siguientes tipos de actores vinculados a la gestión de estos residuos:

a. Productores

Un productor es “toda persona natural o entidad privada que realiza actividades vinculadas a los AEE con fines comerciales, sea como fabricante, ensamblador o importador” (MINAM,2019), también tiene la responsabilidad en todo el ciclo de vida del AEE, incluyendo cuando el consumidor lo desecha y se transforma en un RAEE. (MINAM,2019).

Entre sus obligaciones está el “diseñar, implementar y administrar sistemas de manejo de RAEE de forma individual o colectiva” (MINAM,2019).

b. Distribuidor y comercializador

“Es distribuidor o comercializador toda persona natural o jurídica que realiza distribución mayorista o minorista de AEE” (MINAM,2019).

c. Generador

El “generador de RAEE es toda persona natural, entidad privada o entidad pública, que en razón de sus actividades domésticas, industriales, comerciales, de servicios, administrativas o profesionales, utilizan AEE y generan residuos a partir de ellos” (MINAM,2019).

d. Operador

“El operador de RAEE es aquella persona jurídica titular de una planta de valorización de RAEE inscrita en el Registro Autoritativo de Empresas Operadoras de Residuos Sólidos administrado por el MINAM” (MINAM,2019).

Realizan la recolección selectiva, transporte, valorización y disposición final de este tipo de residuos.

Figura 1
Flujo de participación de actores en la gestión de RAEE



Nota: Adaptado de Flujo de gestión y manejo de RAEE [Imagen], por San Antonio Recycling, 2018, SAR, (<https://www.sar.pe/wp-content/uploads/2018/06/sar-flujo-de-gestion-y-manejo-de-los-raee.jpg>)

2.3. Paneles Fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos (PF) son placas de vidrio y estructuras metálicas que tienen como función principal el soportar las celdas fotovoltaicas. Estas celdas son las encargadas de la transformación de energía solar a eléctrica. (Pilco & Jaramillo, 2008).

En la fabricación de PF se utilizan diferentes materiales, entre los más frecuentes se encuentran el silicio mono cristalino, silicio poli cristalino, silicio amorfo, telurio de cadmio, seleniuro de cobre, indio y galio (Chu, 2011).

a) Componentes de los paneles fotovoltaicos

En el caso de los PF de silicio amorfo (a-Si:H) estos están compuestos por un vidrio fotovoltaico de silicio amorfo, una caja de conexión y cuatro raíles metálicos. El vidrio fotovoltaico de a-Si:H tiene como base un panel opaco donde se ubica un sistema de soporte conformado por los raíles, estas estructuras metálicas evitan el uso de los tradicionales marcos de aluminio (Grupo T-Solar Global, s.f.).

Figura 2

Componentes del panel fotovoltaico



Nota: i) Vista frontal del panel, ii) Vista posterior del panel, donde se ubican a. Vidrio fotovoltaico de silicio amorfo, b. Caja de conexión, c. Raíles metálicos; Adaptado de Grupo T-Solar Global, "TS Full SJ TS370", versión 6.0

- Materiales de los componentes de los PF

De acuerdo a lo indicado en la ficha técnica ([Anexo 1](#)) los raíles metálicos están compuestos de acero y el vidrio fotovoltaico de a-Si:H está conformado por una capa de vidrio (1) en la parte superior, junto con una capa de óxido conductor transparente (2). La parte inferior está formada

por un panel opaco (6) y entre la cubierta superior e inferior se encuentran la célula fotovoltaica, que en este caso es de silicio amorfo (3, 4 y 5), como se muestra en la Figura 3.

Ya que en la ficha técnica no se encontró descripción del material de la caja de conexión, se reconoció mediante observación, el "código de identificación de plásticos"⁴ en la carcasa del componente, concluyendo que el material era polipropileno (PP) – plástico tipo 5 ([Anexo 2](#)).

Figura 3

Corte transversal del vidrio fotovoltaico de silicio amorfo



Nota: 1) Vidrio, 2) Óxido conductor transparente, 3) Capa p a-Si, 4) Capa i a-Si, 5) Capa n a-Si, 6) Contacto posterior o panel opaco; Adaptado de Grupo T-Solar Global, "TS Full SJ TS370", versión 6.0

⁴ En 1988 la Sociedad de la Industria de Plásticos (SPI) desarrolló el sistema internacional ASTM de Código de Identificación de Resinas (RIC), para reconocer el tipo de resina plástica del que estaba elaborado un producto. Su propósito era proporcionar información para facilitar el reciclaje de los plásticos posconsumo, por ello ahora se le reconoce como la clasificación de plástico estándar mundial, clasificando a los plásticos en 7 tipos (National Geographic, 2018).

- Reciclaje de los componentes de los PF

El porcentaje de recuperación de los componentes de un PF está determinado por el proceso⁵ de reciclaje y el tipo de panel, logrando valorizar en un 100% los componentes metálicos, entre un 90% a 95% el vidrio y entre un 85% a 95% el silicio y materiales semiconductores (Aparicio et al.,2022).

Para obtener estos porcentajes de valorización es importante considerar la delaminación o la separación del vidrio de la célula fotovoltaica (Romero Campos,2019).

En cuanto al componente metálico, que viene a ser representado por los raíles de acero, se logra el 100% de la valorización gracias al gran potencial de reciclaje de este metal, teniendo la capacidad de ser reciclado innumerables veces sin perder sus propiedades (Gervasio, s.f.)

Según el [Anexo 2](#) es factible reciclar el plástico polipropileno (PP), por lo que se consideraría a las cajas de conexión como valorizables.

⁵ Los procesos más comunes para realizar el reciclaje de PF son: a. Térmicos, donde se busca calentar hasta 500 °C para separar los componentes y b. Mecánico, el cual consiste en triturar el panel para posteriormente separar los componentes haciendo uso de químicos (Aparicio et al., 2022).

Tabla 1.
Materiales y Clasificación teórica de los componentes de los PF

Componente del PF	Materiales	Clasificación
Raíles metálicos	Acero	Valorizable
Caja de conexión	Plástico PP	Valorizable
	Vidrio	
Vidrio fotovoltaico de silicio amorfo	Oxido conductor transparente	Valorizable
	Célula fotovoltaica de silicio amorfo	
	Panel opaco	

Nota: Elaboración propia

3. Marco Legal

El marco legal utilizado para el siguiente trabajo, está establecido según varios instrumentos legales nacionales e internacionales.

MARCO LEGAL NACIONAL:

- Ministerio del Ambiente - MINAM (2009) aprueba el Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental mediante el Decreto Supremo N 019-2009-MINAM, con el objeto de lograr la efectiva identificación, prevención y control de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas.

- Ministerio del Ambiente - MINAM (2016) aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos mediante el Decreto Legislativo N 1278, con la finalidad de propender la maximización constante de la eficacia en el uso de los materiales y asegurar un manejo adecuado.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2017) aprueba el Decreto Supremo N 014-2017-MINAM con el objeto de reglamentar la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos N 1278.
- Ministerio del Ambiente - MINAM (2019) aprueba el Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos mediante el Decreto Supremo N 009-2019-MINAM, estableciendo un conjunto de obligaciones y responsabilidades de los actores involucrados en las diferentes etapas de la gestión y manejo.
- Ministerio del Ambiente – MINAM (2020) Decreto Legislativo N 1501 que modifica el D.L. 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
- Ministerio del Ambiente – MINAM (2021) Decreto Supremo N 035-2021-MINAM que aprueba disposiciones complementarias al D.S. N 009-2019-MINAM
- Ministerio del Ambiente – MINAM (2022) Decreto Supremo N 001-2022-MINAM que modifica el Reglamento del D.L 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y el Reglamento de la Ley 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores.

MARCO LEGAL INTERNACIONAL:

- La Organización Internacional de Normalización - ISO (2015) elabora la Norma Internacional ISO 14001:2015, estableciendo los requisitos para un sistema de gestión ambiental.

Figura 4

Línea de tiempo del marco legal



Nota: Las fechas en azul son los instrumentos legales nacionales y la ploma las internacionales; Elaboración propia

4. Antecedentes

De acuerdo a la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N 27314) se reconoció al Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de RAEE (D.S. 001-2012-MINAM) como parte de la gestión de residuos que realizamos en el país. Esto marcó que los RAEE necesitaban una gestión diferenciada en relación a la gestión implementada para los residuos municipales y no municipales.

En el año 2019, el MINAM derogó el mencionado reglamento y se promulgó el Régimen Especial para el manejo de RAEE (D.S. 009-2019-MINAM). Este instrumento de política pública permitió la inclusión de los paneles fotovoltaicos en la lista de categorías de AEE ([Anexo 3](#)). Asimismo, en el mencionado régimen se tipificó el aumento del porcentaje de las metas de valorización de RAEE para las empresas productoras.

Estas nuevas metas obligan a las mencionadas empresas a tener una tasa de crecimiento de tres (03) por ciento al año en el volumen total del manejo de los

RAEE ([Anexo 4](#)). Esto ha generado una mayor recepción de estos residuos por parte de las empresas operadoras de RAEE.

SAR al ser una empresa operadora de RAEE, procesa en promedio 3000 toneladas⁶ de RAEE por año, por encargo de los sistemas colectivos e individuales bajo el principio ambiental de responsabilidad extendida del productor (REP).

Para el año 2019, junto con el apoyo del sistema colectivo Reserve Logistics Group (RLGA)⁷ se iniciaron las tratativas para la gestión y manejo de 10016.5 toneladas de PF resultantes de la modernización de dos de las siete centrales solares con tecnología fotovoltaica en el Perú (OSINERGMIN, 2019).

La primera es la Central Majes Solar que se encuentra ubicada en el distrito de Majes, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa a una altitud de 1680 msnm, con una radiación solar máxima de 724 W/m^2 , una potencia instalada de 20 MW y una producción anual aproximada de 37 630 MWh (OSINERGMIN 2020a).

La segunda es la Central Solar Repartición que se encuentra ubicada en el distrito de La Joya, provincia de Caylloma, departamento de Arequipa a una altitud de 1187 msnm, con una radiación solar máxima de 724 W/m^2 , una potencia instalada de 20 MW y una producción anual aproximada de 37 440 MWh (OSINERGMIN 2020b).

Cada una está constituida por paneles fotovoltaicos de capa fina con potencias de 350, 370, 390 y 410W, todos ellos orientados hacia el Norte y con una inclinación

⁶ La información de los RAEE procesados se obtiene por las Declaraciones Anuales de Operador de RAEE reportados al Ministerio del Ambiente.

⁷ El Plan Colectivo RLGA, aprobado el 12 de marzo 2014 por PRODUCE, proporciona una gestión integral de la obligación y las necesidades de los productores e importadores de equipos eléctricos y electrónicos en el Perú.

de 15° sobre la horizontal. Además, la puesta en operación comercial se dio el 31/10/2012 y la potencia instalada es entregada al Sistema Interconectado Nacional, logrando entre ambas el 10.15 % de la producción solar total en el Perú (OSINERGMIN 2019, 2020a,2020b).

Tanto la Central Majes como la Central Repartición son operadas por la empresa SOLARIG PERU quienes también son responsables de su mantenimiento. Por esa razón a finales del 2020 se formalizaron las relaciones entre SAR, RLGA y SOLARIG PERU y para el 2021, SAR comenzó a recibir en su planta de valorización de RAEE los PF.

Según el Decreto Legislativo N 1002, el desarrollo de generación eléctrica mediante Recursos Energéticos Renovables (RER) es de interés nacional y necesidad pública, contando con una serie de incentivos. Entre el periodo 2009 – 2018 se tuvo una tasa de crecimiento anual de 47.4 % en la producción eléctrica en centrales RER y para finales del 2018 las centrales RER representaban el 7.2 % del total de la producción eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (OSINERGMIN 2019).

En cuanto a la energía solar, el Perú tiene gran potencial de desarrollo debido a la ubicación privilegiada, próxima a la línea ecuatorial, lo que permite contar con más horas de sol durante la mayor parte del año. Por eso es considerado el segundo recurso energético renovable con mayor potencia (OSINERGMIN 2019).

5. Justificación

El trabajo propuesto se justifica a través de cinco aspectos:

- Los procesos operativos en la valorización de los RAEE varían según la categoría de AEE, en consecuencia, la inclusión de los PF como una nueva categoría evidenció la ausencia de una metodología de trabajo para su valorización en SAR. Convirtiendo la elaboración e implementación del Plan de Valorización de PF en una experiencia pionera en el país.
- Considerando el aumento del porcentaje de las metas⁸ de manejo de RAEE en las empresas productoras junto con la regulación de las sanciones⁹ para su cumplimiento, se proyecta el incremento en el volumen de RAEE que las EO-RS de RAEE valorizaran.
- Como consecuencia del desarrollo, promoción y crecimiento de tecnologías de Recursos Energéticos Renovables en el país, tales como las centrales solares con tecnología fotovoltaica, se generará una mayor cantidad de residuos de PF.
- La importancia del adecuado manejo de los RAEE con una EO-RS radica en que algunas de sus partes poseen componentes peligrosos y no peligrosos, por eso es necesario que se garantice la correcta disposición final en rellenos de seguridad

⁸ El artículo 18 del D.S. 009-2019-MINAM establece las metas de valorización para las categorías 1,2,3 y 4, donde se aprecia un incremento anual del 3%. Y el artículo 6 del D.S.035-2021-MINAM muestra un incremento anual del 1% para la categoría 5 y del 3% para la categoría 8. (El [Anexo 3](#) detalla cada categoría).

⁹ Aprobación del Cuadro de tipificaciones de infracciones administrativas y escala de sanciones aplicable al incumplimiento de las obligaciones para la gestión y manejo de RAEE, mediante la Resolución de Consejo Directivo N°00013-2021-OEFA/CD.

para los peligrosos y rellenos sanitarios para los no peligrosos, reduciendo así la contaminación del entorno.

- La evaluación de los impactos ambientales del Plan de Valorización de los paneles fotovoltaicos aporta información para la toma de decisiones en los procesos operativos, así como en las herramientas y equipos utilizados.

II. OBJETIVOS

Se ha establecido tres (03) objetivos para el desarrollo del presente trabajo:

- Elaborar un plan de valorización de los paneles fotovoltaicos provenientes de la central Majes Solar y de la Central Solar Repartición
- Implementar el plan de valorización en la infraestructura de valorización de RAEE en la empresa SAR.
- Evaluar los impactos ambientales asociados a la implementación del mencionado PVa.

III. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

1. Elaboración e Implementación del Plan de Valorización (PVa) de PF

Un plan es el conjunto de medidas que se proyecta realizar para cumplir una serie de objetivos. Desarrollado de manera adecuada, se puede observar la distribución metódica y sistemática de los recursos y evaluar las estrategias para obtener eficacia, economía de costos y alto rendimiento (Bello,2021).

Además, el artículo 37 del Decreto Legislativo que modifica la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos considera a la valorización como:

La alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos. Dicha operación consiste en la transformación química y/o biológica de los residuos sólidos, para constituirse de manera total o parcial, como insumos, materiales o recursos en los diversos procesos.
(MINAM,2020b)

Lo que significa que la elaboración e implementación del PVa de paneles fotovoltaicos describe los procesos y medidas consideradas en el tratamiento de este residuo.

1.1. Descripción inicial

La importancia de la recopilación de la información inicial radica en que los datos obtenidos se utilizan para establecer las operaciones, recursos y documentos necesarios en el PVa.

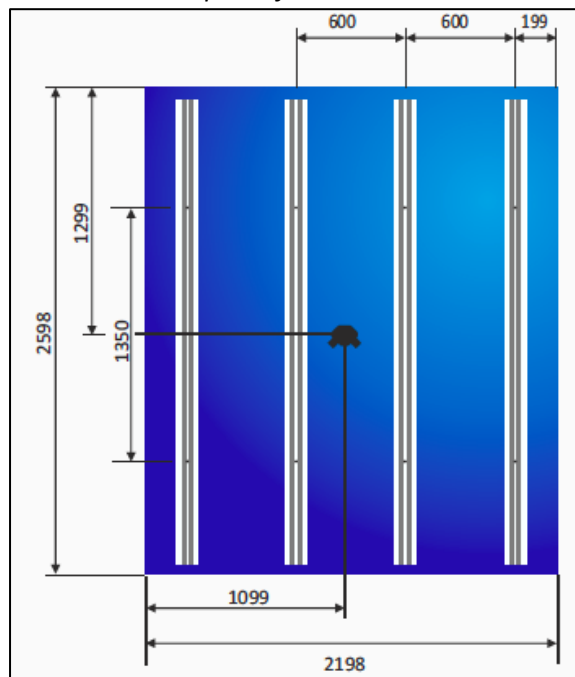
En una primera instancia, se tenía que precisar lo siguiente:

- a. Conocer las características de los paneles fotovoltaicos, permite un mejor manejo del residuo en la planta de valorización.

Las características del material recibido fueron las siguientes:

- Dimensiones: 2.19 m x 2.59 m (Figura 5)
- Peso: 120 kg
- Componentes:(4) Raíles metálicos (1) Caja de conexión (1) Vidrio fotovoltaico de silicio amorfo; tal como se muestra en la Figura 2

Figura 5
Dimensiones del panel fotovoltaico



Nota: La unidad de medida es mm; Adaptado de Grupo T-Solar Global, "TS Full SJ TS370", versión 6.0

- b. Conocer la cantidad de paneles fotovoltaicos que SOLARIG PERU retiró de sus 2 centrales solares, para desarrollar un esquema de recepción y almacenamiento, de acuerdo a la capacidad de la planta de SAR.

Cada una de las centrales enviaría la siguiente cantidad:

- Central Majes Solar: 43 070 paneles fotovoltaicos (5168.4 toneladas)
- Central Solar Repartición: 40 400 paneles fotovoltaicos (4848 toneladas)

- c. El tipo de unidades de transporte y el acondicionamiento del material son aspectos a considerar para calcular cuántos paneles fotovoltaicos se cargarán en cada unidad y cuántos viajes serán necesarios para trasladar todo el material.

- Tipo de vehículo: Camión plataforma de 30 Ton
 - Acondicionamiento: Paletas de madera con 20 PF en cada una, con un peso aproximado de 2.4 toneladas por paleta
- d. Se realizó una proyección de la duración del proyecto, se tomó en cuenta las cantidades y dimensiones de los PF que SOLARIG PERU enviaría a la planta de valorización de SAR junto con la capacidad de carga de las unidades de transporte y la capacidad de recepción/procesamiento de SAR.

1.2. Operaciones

a. Recepción y registro

La recepción de material es el proceso que da inicio al flujo dentro de una unidad de almacenamiento de residuos, el objetivo es recibir los materiales provenientes de las rutas selectivas controlando el flujo de entrada a través de registros resultantes del pesaje (Peña & Franco, 2010).

Se acordó con la empresa SOLARIG PERU que en el primer mes del proyecto se recibiría solo 8 camiones, con un aproximado de 125 toneladas de PF, para poder realizar las pruebas piloto en las etapas de almacenamiento, tratamiento, valorización y disposición final. En tal sentido, finalizando esta fase de prueba se determinó la cantidad de viajes por semana. Proyectando un ingreso semanal de 12 a 20 camiones (entre 288 a 480 toneladas), con una capacidad de carga de 10 paletas con 20 PF en cada una y que la totalidad de PF llegarían en 25 a 30 semanas. Siendo la fecha de inicio el 16 de enero del 2021

b. Valorización

La valorización tiene como objetivo el aprovechamiento de los residuos o de los materiales que lo componen, para que sirvan como materia prima en otros procesos productivos. Además, las operaciones de valorización se deben de realizar en infraestructuras autorizadas como las plantas de valorización de RAEE, lugar donde se realiza el desmantelamiento/desensamblaje de residuos electrónicos (MINAM,2019).

Las pruebas pilotos para la valorización de los PF consistieron en emplear dos métodos para la separación de los raíles metálicos del vidrio fotovoltaico de silicio amorfo. El primero fue mediante fuerza mecánica, realizando golpes en el vidrio fotovoltaico con un martillo. Y el segundo, más eficiente, fue mediante calor. Donde se calentaron los raíles metálicos con sopletes, derritiendo el pegamento existente entre los componentes metálicos y el vidrio fotovoltaico.

Considerando el método más eficiente, se determinó que el tiempo para realizar la valorización de los 83 470 paneles fotovoltaicos equivalentes a 10 016.5 toneladas, sería de 25 a 30 semanas.

En cuanto a la clasificación de los componentes de los PF en "valorizables" o "no valorizables" fue necesario realizar una serie de pruebas para corroborar el destino final. Esto a pesar de que según la Tabla 1 todos los componentes del PF son valorizables.

Para determinar si era posible la valoración de los raíles metálicos, fue necesario que una empresa siderúrgica haga un análisis de la muestra. Tras la confirmación del valor del material, se clasificó a este componente como valorizable.

En el caso del panel de vidrio de silicio amorfo se gestionó un análisis de laboratorio ([Anexo 5](#)), donde se obtuvo un valor de 70.24% de Oxido de Silicio (SiO₂) confirmando la presencia de la célula fotovoltaica. Razón por la que lograr la delaminación¹⁰ del componente, resultaba determinante para alcanzar la valoración del material.

Se realizaron pruebas con 2 empresas de la industrial del reciclaje de vidrio y ambas concluyeron que no se tenía la tecnología para retirar el pegamento utilizado en la adhesión del panel de vidrio con la célula fotovoltaica, ocasionando una contaminación en ambos materiales, haciendo que su valoración sea inviable.

De igual manera, se presentó un problema con el pegamento en las cajas de conexión, si bien eran de polipropileno (PP), el pegamento utilizado era tan resistente que impidió la separación y la limpieza del plástico PP. Una buena separación y limpieza son requisitos¹¹ indispensables para la exportación del material para su valoración, por lo que se decidió considerarlo como no valorizable.

¹⁰ Separación del vidrio y la célula fotovoltaica por medio de procesos térmicos o mecánicos (Romero Campos,2019)

¹¹ SAR exporta plásticos tipo ABS, PC-ABS y PP hacia Malasia para su valoración. El envío de materiales cumple los siguientes requisitos: a. no contaminado con otras sustancias, b. no mezclado con otro tipo de plásticos y/o materiales

Es así que se determinó que el único componente con capacidad de valorización en el mercado peruano a la fecha son los raíles metálicos.

Tabla 2.

Materiales y Clasificación real de los componentes de los PF

Componente del PF	Materiales	Clasificación
Raíles metálicos	Acero	Valorizable
Caja de conexiones	Plástico PP Pegamento	No valorizable
Vidrio fotovoltaico de silicio amorfo	Vidrio Célula fotovoltaica de silicio amorfo Pegamento	No valorizable

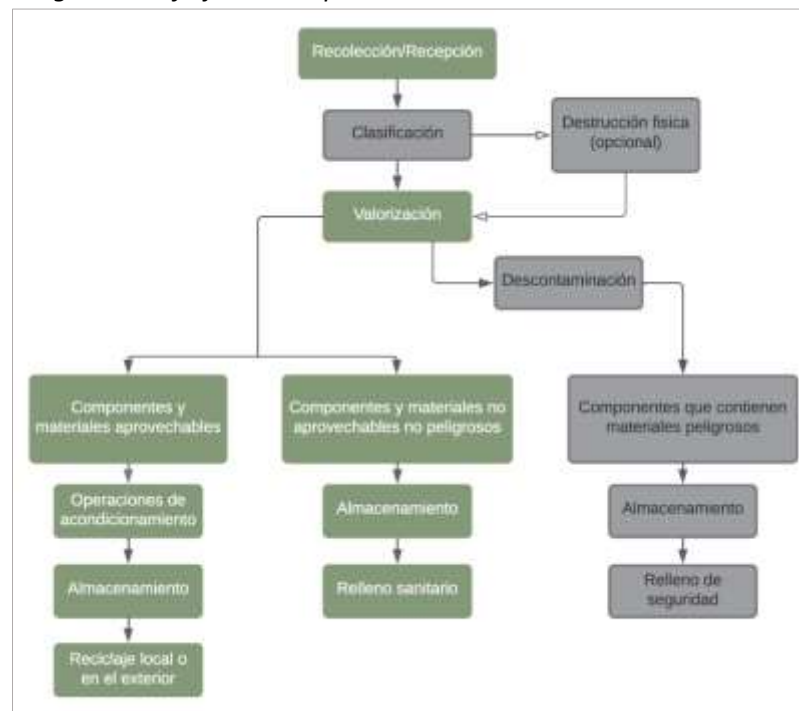
Nota: Elaboración propia

c. Disposición Final

De acuerdo a la tecnología disponible, habrán residuos que no podrán ser valorizados; estos deberán ser separados y confinados en infraestructuras de residuos sólidos autorizadas como rellenos sanitarios, rellenos de seguridad o incineradoras. Se tiene que considerar sus características químicas, físicas y biológicas para reducir los peligros asociados a daños ambientales y a la salud (MINAM, 2016).

Se determinó que los componentes no valorizables, como el vidrio fotovoltaico de silicio amorfo y las cajas de conexión se almacenarían y se dispondrían a un relleno sanitario en un periodo de 156 semanas, equivalente a 3 años. Esta decisión se consideró por el alto costo de disposición final.

Figura 5
Diagrama de flujo de las operaciones en SAR



Nota: La sección verde son los procesos propios del manejo de PF; Elaboración propia

1.3. Recursos

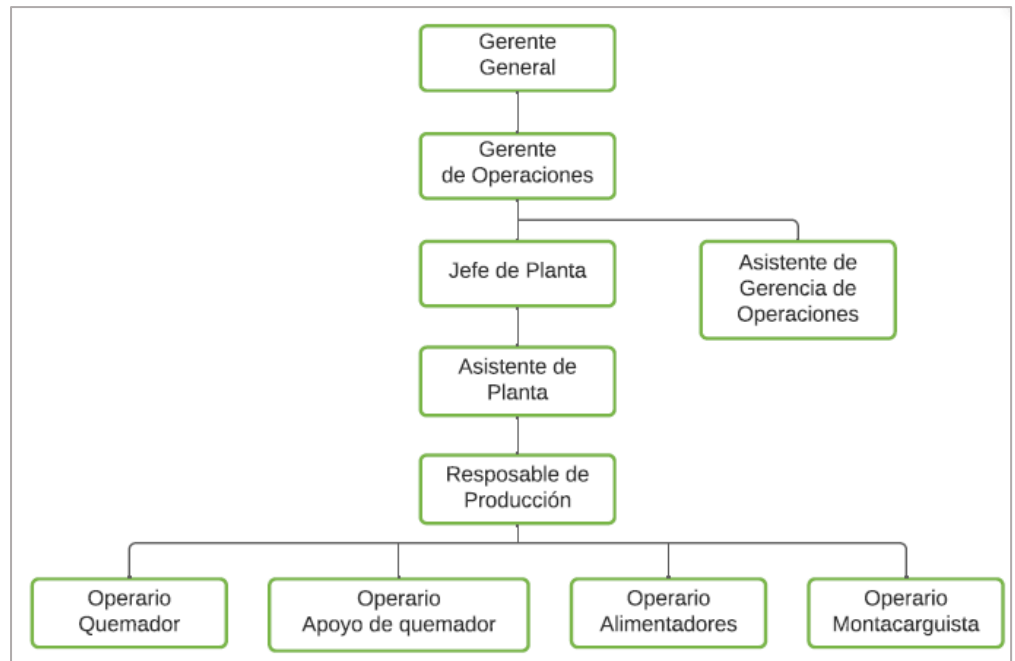
a. Humano

- Organización del equipo

Determinar el organigrama que se requiere para el PVa es importante al ser una representación gráfica de la organización de la empresa y su jerarquía. Permite definir las funciones que se desarrollarán y la distribución de las tareas (Gregorio & Gloria, 2016).

Figura 6

Organigrama de SAR en el manejo de Paneles fotovoltaicos



Nota: Elaboración propia

- Descripción de funciones

Es una parte fundamental en el PVa de los PF, donde se presenta las descripciones de cada rol y sus funciones respectivas dentro de este trabajo.

Gerente de Operaciones

- Aprobar el procedimiento de trabajo, así como otorgar todas las facilidades y medios para su cumplimiento y mejora.

Asistente de Gerencia de Operaciones

- Supervisar la correcta emisión de documentos de ingreso de las unidades a planta.
- Supervisar la correcta emisión de documentos de salida de materiales valorizables y no valorizables.

- Llevar el control de las salidas de materiales valorizables y no valorizables.

Jefe de Planta

- Revisar los registros de ingreso y los documentos de producción diaria.
- Informar a la Gerencia de Operaciones de los resultados de los informes y su evolución.
- Dirigir a los miembros del equipo y solicitar los recursos (humanos, herramientas y equipos de protección personal) necesarios para realizar la valorización de PF.

Asistente de Planta

- Actualizar los registros de ingresos de PF a planta.
- Realizar los procedimientos, instructivos y formatos de trabajo.
- Digitalizar los formatos de producción diaria en el archivo principal.
- Generar informes mensuales con los datos de ingreso y producción.

Responsable del área de producción

- Llevar el registro de producción diaria de manera física y digital.
- Vigilar la producción previa coordinación con jefe de planta.
- Reportar accidentes.

Operadores

- Quemadores: Calentar los raíles metálicos haciendo uso de sopletes.
- Apoyo de quemadores: Retirar los raíles metálicos previamente calentadas, con una palanca de fierro.

- Alimentadores: Responsables de abastecer la línea de trabajo, colocando los PF en el área de producción, de manera que los raíles metálicos estén direccionadas hacia arriba.
 - Montacarguista: Responsable de realizar la descarga de los camiones y de abastecer el área de producción con las paletas de PF, se realiza el traslado desde el área de almacenamiento hasta el área de producción.
- Cantidad de trabajadores

Determinar la cantidad de trabajadores por puesto de trabajo ayuda a dimensionar el área de trabajo y la cantidad de materiales necesarios antes del inicio del proyecto.

Gracias a la prueba piloto realizada el primer mes del proyecto se logró determinar la cantidad de trabajadores necesarios para procesar la totalidad de los PF en el tiempo determinado de 25 a 30 semanas.

Tabla 3.
Cantidad de trabajadores por puesto de trabajo

Cargo	# Personas
Responsable de producción	1
Operario - Quemador	8
Operario - Apoyo de quemador	8
Operario - Alimentadores	8
Operario - Montacarguista	2
TOTAL	27

Nota: Elaboración propia

b. Infraestructura

Las áreas dentro de una infraestructura de residuos sólidos dependerán de las actividades que se realizaran en dicho lugar, en este caso al tratarse de la valorización de PF se tiene que tener en cuenta las siguientes 4 áreas:

- Área de recepción y pesaje (Área: 193.2m²)

Área ubicada al ingreso de la planta, donde se encuentra la balanza de capacidad de 100 Ton.

- Área de almacenamiento (Área: 809 m²)

Área en campo abierto, destinada para almacenar las paletas que se descarguen de los camiones, ubicadas cerca al área de procesamiento.

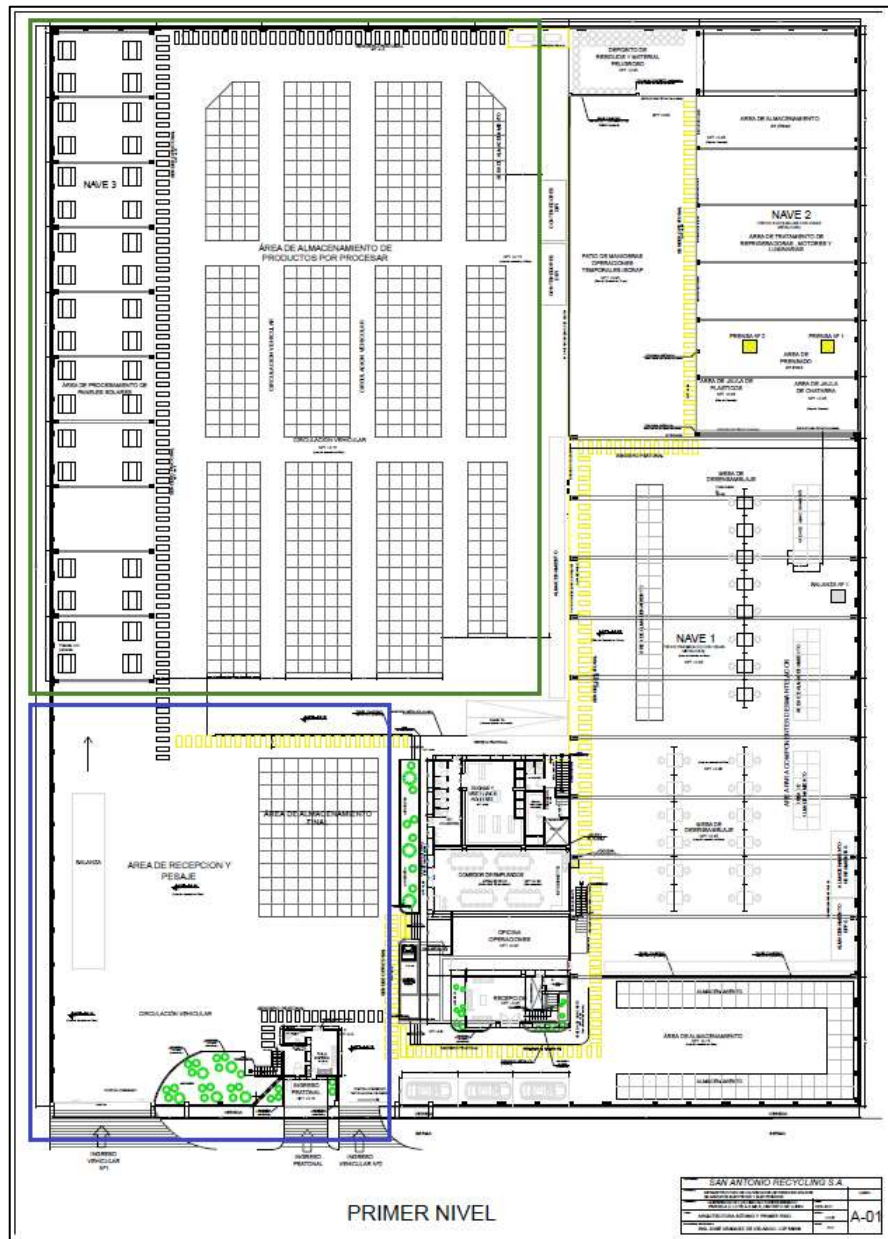
- Área de procesamiento (Área: 357.5 m²)

Área de trabajo techada, donde se ubican las paletas para su posterior desmantelamiento.

- Área de almacenamiento final (Área: 100 m²)

Área en campo abierto destinada para el almacenamiento final de materiales, ubicada cerca al ingreso de la planta, facilitando la carga para la valorización o disposición final del material.

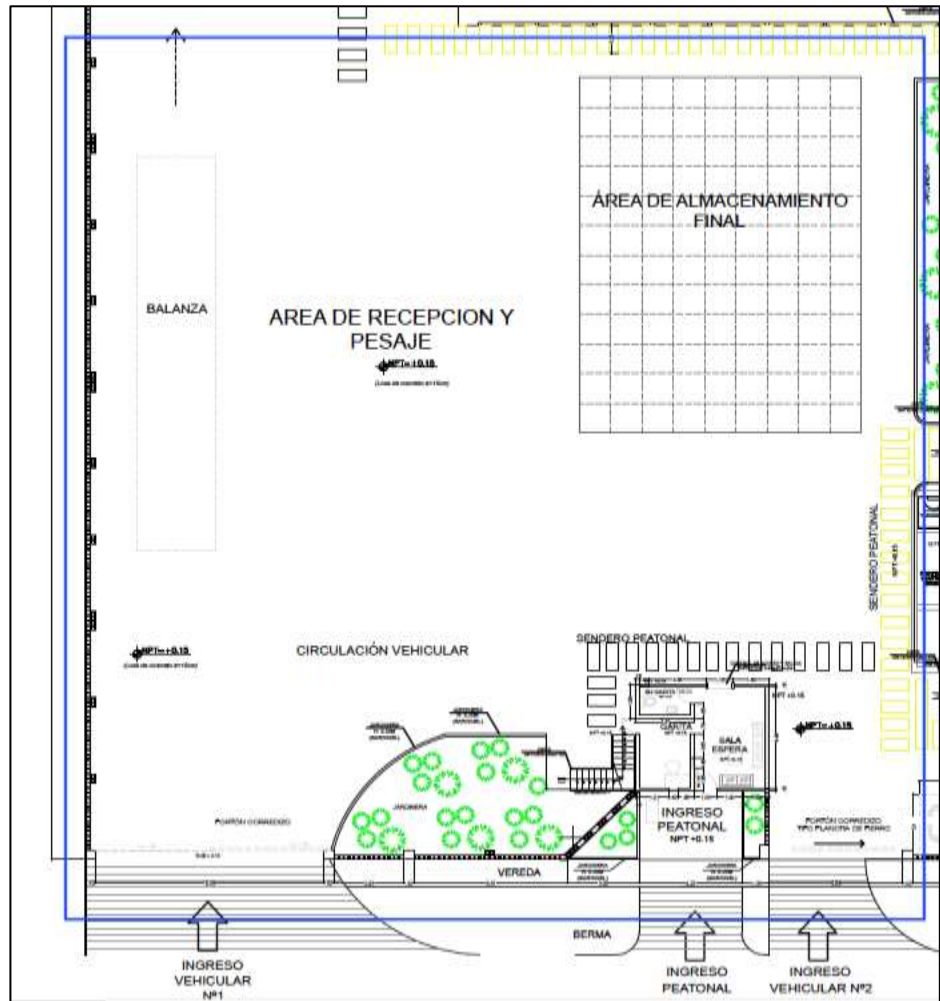
Figura 7
Plano de Arquitectura – Planta de Valorización de SAR



Nota: Nave 1. Almacena y procesa categoría 2,3 y 4 de AEE, Nave 2. Almacena y procesa categoría 1 de AEE, Nave 3. Procesa categoría 11 de AEE; Adaptado de San Antonio Recycling S.A. (2021). Infraestructura de Valorización de Residuos Sólidos de aparatos Eléctricos y Electrónicos [Plano]. 1/125. Perú

Figura 8.1

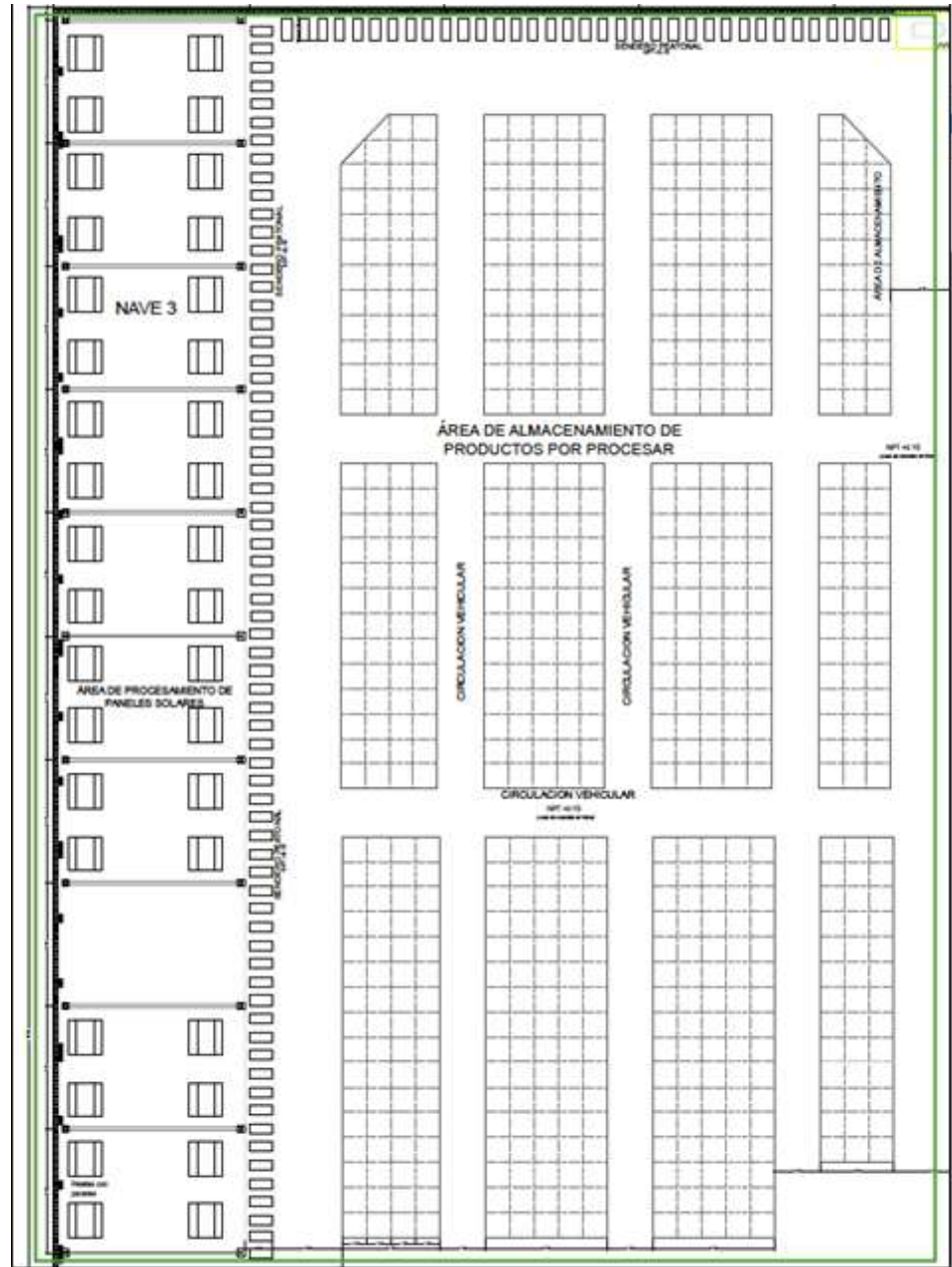
Acercamiento del Plano de Arquitectura - Área de recepción, pesaje y almacenamiento final de PF



Nota: San Antonio Recycling S.A. (2021). Infraestructura de Valorización de Residuos Sólidos de aparatos Eléctricos y Electrónicos [Plano]. 1/125. Perú

Figura 8.2

Acercamiento del Plano de Arquitectura - Área de producción y almacenamiento de PF



Nota: San Antonio Recycling S.A. (2021). Infraestructura de Valorización de Residuos Sólidos de aparatos Eléctricos y Electrónicos [Plano]. 1/125. Perú

c. Herramientas y equipos de protección personal (EPPs)

Se está considerando como herramientas a los equipos e instrumentos que permiten a los trabajadores el desarrollo de una tarea específica.

En cuanto a los equipos de protección personal, se definen como “dispositivos, materiales e indumentaria personal destinados a cada trabajador para protegerlo de uno o varios riesgos presentes en el trabajo” (MINTRA, 2012).

Al encontrarnos en medio de la pandemia de Covid-19 no solo trabajamos con lo dispuesto por el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MINTRA) en relación a los EPPs, también tomamos en cuenta las indicaciones establecidas por el Ministerio de Salud en el Documento Técnico “Lineamientos para la vigilancia de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a COVID-19” y el Ministerio del Ambiente en el Protocolo Sanitario para la operación ante el Covid-19 del servicio de reciclaje, donde indica que adicionalmente a los EPPs de uso obligatorio propias a la actividad, cada trabajador debe de utilizar mascarillas quirúrgicas y estas deben de ser reemplazadas con una frecuencia diaria o cada vez que se encuentren sucias o deterioradas (MINSAL,2020; MINAM,2020a).

Tabla 4.
Listado de herramientas y EPPs por puesto de trabajo

Puesto de trabajo	Equipos de Protección Personal (EPPs), Herramientas y Equipos	
Todos	Guantes de tela	Casco
	Zapatos punta de acero	Cortaviento
	Uniforme (Polo y pantalón)	Respiradores
		Mascarillas
Responsable de producción	Tapones	Balanza de 100 Ton
	Lentes de protección claros	
Quemador	Tapones	Balones de gas 45 kg
	Lentes de protección oscuros	Soplete
Apoyo de quemador	Tapones	Palancas de metal
	Lentes de protección oscuros	Guantes de cuero
Alimentadores	Tapones	Palancas de metal
	Mangas	Fajas
	Lentes de protección oscuros	Guantes de cuero
Montacarguista	Orejeras	Montacargas 7 Ton
	Lentes de protección claros	Balanza de 100 Ton

Nota: Elaboración propia

d. Presupuesto

El presupuesto se calculó considerando los siguientes 4 rubros: honorarios de trabajo, herramientas, equipos de protección personal y servicios contratados.

El presupuesto de honorarios, herramientas y equipos de protección personal se proyectaron para un tiempo de 7 meses, y por otro lado para el presupuesto de los servicios se consideró un periodo de 3 años, esto por el elevado costo en la disposición final en relleno sanitario.

Considerando lo antes mencionado se puede observar el presupuesto mensual en la Tabla 5 y el presupuesto proyectado a 3 años en la Tabla 6.

Tabla 5.
Presupuesto mensual por cada rubro asignado

1. Honorarios por mes	s/. 50 400
Administrativo Operaciones	
Responsable de producción	
Operarios	
2. Herramientas/Equipos por mes	s/. 9 410
Montacargas 7 Ton	
Galones de gas 45 kg	
Palancas de metal	
3. Equipos de Protección Personal por mes	s/. 2 700
Guantes de cuero	Respiradores
Guantes de tela	Mascarillas
Lentes de lunas claras/oscuras	Fajas
Casco	Tapones
Zapato punta de acero	Cortaviento
Mangas	Polo y pantalón

4. Servicios por mes	s/. 49 800
Agua, Luz, Internet	
Disposición final en relleno sanitario	
Transporte para disposición final	
Nota: Elaboración propia	

Tabla 6.
Presupuesto proyectado a 3 años (2021-2023)

Rubro	2021		2022		2023	
	1° SEM	2° SEM	1° SEM	2° SEM	1° SEM	2° SEM
Honorarios	s/.302 400	s/. 50 400				
Herramientas/Equipos	s/.56 460	s/. 9 410				
EPP's	s/.16 200	s/. 2 700				
Servicios	s/.298 800	s/.298 800	s/.298 800	s/.298 800	s/.298 800	s/.298 800
Total	s/.673 860	s/.361 310	s/.298 800	s/.298 800	s/.298 800	s/.298 800
Inversión Total	s/. 2 230 370					

Nota: Elaboración propia

1.4. Documentos

a. Procedimiento de trabajo

Según el Sistema de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario (ISO 9000, 2015) un procedimiento es "una forma específica de llevar a cabo una actividad". Disponiendo recursos materiales y humanos para desarrollar actividades para lograr un fin laboral, siguiendo un plan (Molina et al., 2016).

Se elaboró el Procedimiento de Gestión y Manejo de Paneles Fotovoltaicos, siendo un documento interno donde se detalló el marco teórico, marco legislativo, las operaciones involucradas en el manejo de este tipo de

residuo. Se designó para dicho Procedimiento el código SAR-P-019, tal como se muestra en el [Anexo 6](#).

b. Instructivo

Un instructivo es un documento en el que se detalla la manera de cómo se realizará una actividad (Martinez, 2012), este documento puede ir acompañado de fotografías junto a una explicación minuciosa de los pasos a seguir para lograr la valorización del RAEE.

En SAR se realiza un instructivo para cada tipo de AEE, ya que los componentes y métodos de desmantelamiento varían de acuerdo con el equipo. En el [Anexo 7](#) se muestra el instructivo para la valorización de los paneles fotovoltaicos con el código SAR-I-030.

c. Formatos y Registros

- Etiqueta

Las paletas fueron etiquetadas antes de ser ingresadas al área de almacenamiento. Considerando datos como el número de viaje, el lugar de donde proviene y el número de paleta. Tal como se muestra en el [Anexo 8](#).

- Registro

Se trabajó un registro virtual con todos los ingresos, donde se consideró información como: Fecha de ingreso, placa, datos del chofer, número de lote, número de paletas, peso y número del ticket de peso conforme lo indicado en el [Anexo 9](#).

- Segregación

Se controló la segregación de materiales semanal mediante el formato indicado en el [Anexo 10](#), el cual registra datos sobre la cantidad de PF ingresados al área de procesamiento junto a la cantidad de raíles metálicos, cajas de conexión y vidrio fotovoltaico obtenidos.

- Informe

El informe se realizó de manera mensual y se incluyeron datos como el registro de ingreso, fotos y el balance de materiales. El índice que se consideró es el que figura en el [Anexo 11](#).

1.5. Cronograma para la implementación del PVA

Henry L. Gantt desarrolló una herramienta que permite representar y monitorear el avance de las distintas actividades de un proyecto durante un periodo determinado de tiempo llamado diagrama de Gantt (Rodríguez de Leon,2014).

Por este motivo que se elaboró dicho diagrama considerando las actividades necesarias para implementar el PVA

Figura 9
Diagrama de Gantt de la implementación del PVa

ACTIVIDADES	INICIO	FINAL	# DIAS	FECHA																																			
				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO							
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
Reclutamiento de nuevo personal	05/01/2021	30/01/2021	19	█	█	█	█																																
Compra de herramientas y EPPs	05/01/2021	15/01/2021	9	█	█	█	█																																
Alquiler de Montacargas de 7 TN	15/01/2021	20/08/2021	156																																				
Habilitar el area de produccion	02/01/2021	15/01/2021	10	█	█	█	█																																
Habilitar el area de almacenamiento	02/01/2021	15/01/2021	10	█	█	█	█																																
Compra de contenedores/sacas para acondicionamiento de productos terminados	05/01/2021	15/01/2021	9	█	█	█	█																																
Capacitar al personal	15/01/2021	02/02/2021	13					█	█	█	█																												
Llenar los formatos de trabajo	16/01/2021	20/08/2021	155																																				
Elaborar los Informes mensuales	15/02/2021	30/08/2021	141																																				
Envío de material no aprovechable a Innova Ambiental	10/03/2021	30/08/2021	124																																				
Envío de material aprovechable a Sider Peru	10/03/2021	30/08/2021	124																																				

Nota: Elaboración propia

1.6. Seguimiento y Evaluación

Según lo establecido en el Manual de Planificación, Seguimiento y Evaluación de Resultados de Desarrollo (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2009), el seguimiento es la obtención de los avances o resultados finales de las metas y los objetivos establecidos por los diferentes actores interesados. Por otro lado, la evaluación es la valoración de las actividades culminadas o en curso, identificando el cumplimiento de los objetivos estipulados.

Para poder obtener la retroalimentación de los avances es importante establecer una serie de indicadores. Estos indicadores nos permitirán medir los resultados del proceso para posteriormente evaluarlos y verificar el cumplimiento de los objetivos planificados (PCM, 2015).

Para la selección de los indicadores se tuvo en consideración las características establecidas por el "Documento Orientador – Metodología para la implementación de la gestión por procesos de las entidades de la administración pública" (PCM,2015), como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.
Características de los indicadores

Característica	Descripción
Oportunos	La información se debe obtener de manera oportuna y adecuada, permitiendo la medición de los resultados alcanzados con una precisión aceptable. También debe darnos la posibilidad de tomar la decisión con el objetivo de corregir la gestión y este cambio debe realizarse antes de una afectación significativa o irreversibles de los resultados
Excluyentes	A pesar de la multidimensionalidad, los indicadores tienen que tener la característica de poder evaluar un aspecto específico y único de alguna dimensión de la gestión. Estas dimensiones pueden ser sociales, culturales, políticas, económicas entre otras, pero ser evaluadas una a la vez
Prácticos	Que brinda una facilidad en el procesamiento y en la recolección de datos
Claros	Evitar los indicadores complejos o con una interpretación difícil, estos tienen que ser comprensibles para todos los involucrados. Significando que tiene que ser comprendido tanto por las personas que desarrollen el indicador, los que lo utilicen como referencia o quienes lo estudien
Explícitos	Se busca reducir las interpretaciones ambiguas, por ello se buscan definiciones claras de las variables
Sensibles	Tienen que tener la capacidad de mostrar cambios del proceso durante el tiempo
Transparentes/ Verificables	Se necesita una correcta documentación para el respectivo seguimiento y trazabilidad

Nota: Adaptado del Documento Orientador – Metodología para la implementación de la gestión por procesos de las entidades de la administración pública (p.7), por PCM,2015

También se tuvo en cuenta la característica de sostenibilidad, haciendo uso de ciertos indicadores que miden las condiciones aceptadas para evaluar el progreso hacia un desarrollo sostenible (ICLEI,1996).

Por lo tanto, se utilizaron "Indicadores de Referencia" los cuales buscan medir las dimensiones ambientales que indican el estado de los elementos sociales, económicos o naturales (Di Parce,2001).

Tabla 8.
Indicadores de seguimiento

Indicador	Unidad	Recopilación de datos	Frecuencia	Responsable
Cantidad de paneles fotovoltaicos ingresados al área de procesamiento				
Cantidad de cajas de conexión segregadas	Ton/ semana	Supervisión en el área de producción, llenando el formato de producción	Semanal	Responsable del área de producción
Cantidad de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo segregado				
Cantidad de raíles metálicos segregados				
Cantidad de cajas de conexión dispuestas en relleno sanitario				
Cantidad de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo dispuesto en relleno sanitario	Ton/mes	Supervisión en el área de carga, generando el ticket de peso de salida de material	Mensual	Asistente de gerencia de operaciones
Cantidad de raíles metálicos valorizadas en el mercado nacional				

Nota: Elaboración propia

Tabla 9.
Evaluación de los indicadores

Indicador	Meta Toneladas	Frecuencia de evaluación
Cantidad de paneles fotovoltaicos ingresados al área de procesamiento	> 384	Semanal
Cantidad de cajas de conexión segregadas	> 0.38	
Cantidad de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo segregado	> 329.4	
Cantidad de raíles metálicos segregados	> 54.2	
Cantidad de cajas de conexión dispuestas en relleno sanitario	>1	Mensual
Cantidad de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo dispuesto en relleno sanitario	>230	
Cantidad de raíles metálicos valorizadas en el mercado nacional	>180	

Nota: Elaboración propia

2. Evaluación de impactos ambientales

La evaluación del impacto ambiental es una herramienta para controlar y minimizar los impactos negativos que una actividad puede tener sobre el ambiente y sobre la salud. Además, es un proceso de análisis que permite potenciar los efectos de los impactos positivos (Luz de la Maza, 2017).

2.1. Componentes ambientales

Los componentes ambientales se clasifican de acuerdo al medio donde ocurren los impactos, como: medio físico, medio social y medio biológico y cada

componente ambiental puede tener diferentes factores ambientales (MINAM, 2018).

Al momento de realizar la identificación de los impactos ambientales, es necesario tomar en cuenta los que son afectado tanto positiva como negativamente.

Para determinar los componentes ambientales se consideró la información de la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales SEIA (MINAM,2018) tal como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10.
Componentes ambientales a ser considerados en la identificación de impactos

Medio	Componente Ambiental	Factor Ambiental	
Físico	Fisiografía	Geomorfología	Sismotectónica
		Geología	Topografía
		Geoquímica	
	Aire	Clima y meteorología	
		Ruido	Vibraciones
		Radiaciones no ionizantes	
	Agua superficial	Caudal	Calidad
	Agua subterránea	Calidad	Hidrogeología
	Suelos	Suelo/Calidad de suelo	
		Uso actual/capacidad de uso de tierras	
	Ecosistema terrestre		

	Ecosistemas	Ecosistema marinos	
	Vegetación	Flora y vegetación	
		Diversidad	
Biológico	Fauna Terrestre	Aves	Mamíferos
		Anfibios y reptiles	Diversidad
		Insectos y otros artrópodos	
	Hidrobiología	Hidrología continental	
		Vivienda y servicios	Economía
	Social	Demografía	Cultura
		Organizaciones, grupos de interés	
Social		Educación	Salud
		Territorio y recursos naturales	

Nota: Tomado de Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales SEIA (p.18), por MINAM,2018.

2.2. Aspectos ambientales

Para poder determinar los aspectos ambientales se tiene que identificar las actividades del proyecto que son susceptibles a producir impactos, estableciendo la relación causa-efecto entre el proyecto y el ambiente. (MINAM, 2018)

De acuerdo a lo mencionado en la Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales SEIA (MINAM, 2018) existen dos tipos de aspectos ambientales. Se dividen en los que están relacionados a los impactos,

refiriéndose a los impactos ambientales que podrían suceder con gran posibilidad y los vinculados al riesgo que hacen referencia a los impactos ambientales no previstos en las actividades del proyecto.

Según el Procedimiento SAR-P-005 (San Antonio Recycling, 2019) se considera lo siguiente:

Tabla 11.
Aspectos ambientales

Aspectos Ambientales	
1	Consumo de recursos naturales
2	Generación de Emisiones
3	Generación de residuos especiales
4	Generación de vertimientos
5	Uso de Publicidad
6	Construcciones provisionales
7	Movimiento de tierras
8	Tala y desbroce de vegetación
9	Alteración de cursos de agua
10	Fugas de gas refrigerante
11	Generación de residuos
12	Generación de áreas verdes
13	Generación de residuos reciclables
14	Generación de aguas residuales tratadas

Nota: Adaptada del Procedimiento para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales (p.3), por San Antonio Recycling, 2019.

2.3. Impactos ambientales

Los impactos ambientales son las alteraciones positivas o negativas de los componentes ambientales que ocurren en el desarrollo de un proyecto (MINAM, 2011).

Según el Procedimiento para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales con código SAR-P-005 (San Antonio Recycling, 2019) se considera lo siguiente:

Tabla 12.
Impactos Ambientales asociados

Impactos Ambientales	
1	Presión sobre los recursos naturales
2	Agotamiento de los recursos naturales
3	Modificación del paisaje
4	Contaminación atmosférica
5	Contaminación del suelo
6	Contaminación de agua
7	Alteración de los recursos naturales
8	Contaminación Visual
9	Agotamiento de la capa de ozono
10	Reforestación/revegetación de áreas
11	Reciclaje

Nota: Adaptada del Procedimiento para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales (p.3), por San Antonio Recycling, 2019.

2.4. Métodos para la Identificación de Impactos ambientales

Existen diversos modelos y procedimientos para evaluar los impactos ambientales, entre los más usuales se encuentran los de sistemas de red y gráficos, los sistemas cartográficos, los basados en indicadores y los cuantitativos (Conesa Fernandez, 2009).

Entre los modelos de sistemas de red y gráfico tenemos a las matrices que consisten en tablas de doble entrada. Es así como una matriz causa-efecto define las actividades del proyecto, identifica los factores que serán impactados, realiza un análisis multidisciplinar, clasifica y valoriza los impactos (MINAM, 2018).

A su vez se determinó que los impactos ambientales pueden valorarse por la severidad, probabilidad y duración mientras que los aspectos van con el tipo, tamaño y frecuencia (ISO 14001, 2015).

2.5. Valores de evaluación

Según el Procedimiento SAR-P-005 (San Antonio Recycling, 2019) se ha considerado los siguientes indicadores para la valorización de los aspectos e impactos ambientales:

a. Aspecto Ambiental

- Tipo
 - Adverso: Daños o deterioro en la calidad del ambiente
 - Beneficioso: Mejora en la calidad del ambiente

- Temporalidad
 - Pasado: Son aquellas actividades realizadas y culminadas con anterioridad a las actuales que afectan al medio ambiente
 - Presente: Resultado de actividades existentes en la actualidad
 - Futuro: Acciones que se implementaran por el desarrollo de nuevos proyectos o ampliaciones
- Situación Operacional
 - Normales: Habituales de operación o actividad
 - Anormales: Habituales en las operaciones auxiliares/ Relacionadas indirectamente a la operación principal
 - Emergencia: No habituales, situaciones no previstas y con gran potencial de daño ambiental

b. Impacto Ambiental

- Severidad (C)
 - 1: Una afectación mínima al ambiente e Impactos imperceptibles.
 - 2: Daños leves al ambiente, pero de efecto reversible.
 - 3: Daños graves e irreversibles al ambiente.
- Probabilidad (F)
 - 1: El impacto no ocurre o no es frecuente
 - 2: El impacto no ocurre con frecuencia, se necesita muy poco de los recursos naturales o puede generarse afectación mínima a los componentes ambientales
 - 3: El impacto ocurre con frecuencia. El uso de recursos naturales es necesario o siempre se genera afectación al medio ambiente

- Duración (D)
 - 1: Fugaz, Alteración momentánea en el tiempo
 - 2: Temporal, Alteración no permanente, de corto plazo
 - 3: Permanente, Alteración indefinida en el tiempo
- Cumplimiento legal
 - Cumple: Si la actividad se encuentra aplicando la normativa ambiental correspondiente para la actividad evaluada.
 - No cumple: Si la actividad no se encuentra aplicando la normativa ambiental correspondiente para la actividad evaluada.
 - En proceso: Si la actividad se encuentra encaminada al cumplimiento legal o no presenta normativa.

La importancia de los valores que se le asigne a la severidad (C), probabilidad (F) y duración (D) radica en que la multiplicación de estos 3 indicadores nos arroja la magnitud del impacto ambiental.

Contar la información de la magnitud del impacto ambiental nos permite clasificarlo y determinar su significancia. Tal como se observa en la Figura 10.

Figura 10

Valores para determinar la magnitud y significancia del impacto ambiental

MAGNITUD DEL IMPACTO		SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
RANGO	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO	
1 - 9	BAJO	NO SIGNIFICATIVO
10 - 18	MEDIO	SIGNIFICATIVO
19 - 27	ALTO	SIGNIFICATIVO

Nota: Tomado de Procedimiento para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales (p.6), por San Antonio Recycling S.A., 2019.

2.6. Matriz de identificación y valoración de aspectos e impactos ambientales

La matriz identifica y valora los aspectos y los impactos ambientales por cada actividad realizada en el manejo de los PF. Se consideró el esquema de matriz que está indicada en el documento interno SAR-P-005 (San Antonio Recycling, 2019) como figura en la [Anexo 12](#).

IV. ANÁLISIS Y COMENTARIOS

1. Análisis

1.1. Operaciones

a. Recepción y Registro

Como primer paso y como se muestra en el [Anexo 13](#) se solicitaron las guías de remisión, las guías de transporte, los documentos del conductor y de la unidad para realizar la validación con la información que previamente SOLARIG PERU envió. Una vez verificado los datos, se asignó un número de lote único e irrepetible, dato que permite la trazabilidad del ingreso.

La unidad ingresó a las instalaciones de SAR ubicándose en la balanza para realizar el pesaje ([Anexo 14](#)), cabe mencionar que los PF estaban acondicionados en paletas de madera y cada paleta pesaba un aproximado de 2.5 toneladas.

Para optimizar el tiempo de descarga, se descargaron dos paletas en simultaneo, por este motivo se utilizó un montacargas con capacidad de 7 toneladas.

Antes de ubicar las paletas en el área de almacenamiento se codificaron y etiquetaron. Cada código contiene la información sobre el número de lote, el centro solar de donde proviene y el número de paleta.

Figura 11

Recepción y Registro de los PF en la planta de valorización



Nota: i) Ingreso a la planta para realizar el pesaje en balanza ii) Descarga de los paneles fotovoltaicos utilizando montacargas iii) Etiquetado de cada paleta iv) Ubicación de los PF en el área de almacenamiento temporal; Fuente propia

b. Valorización

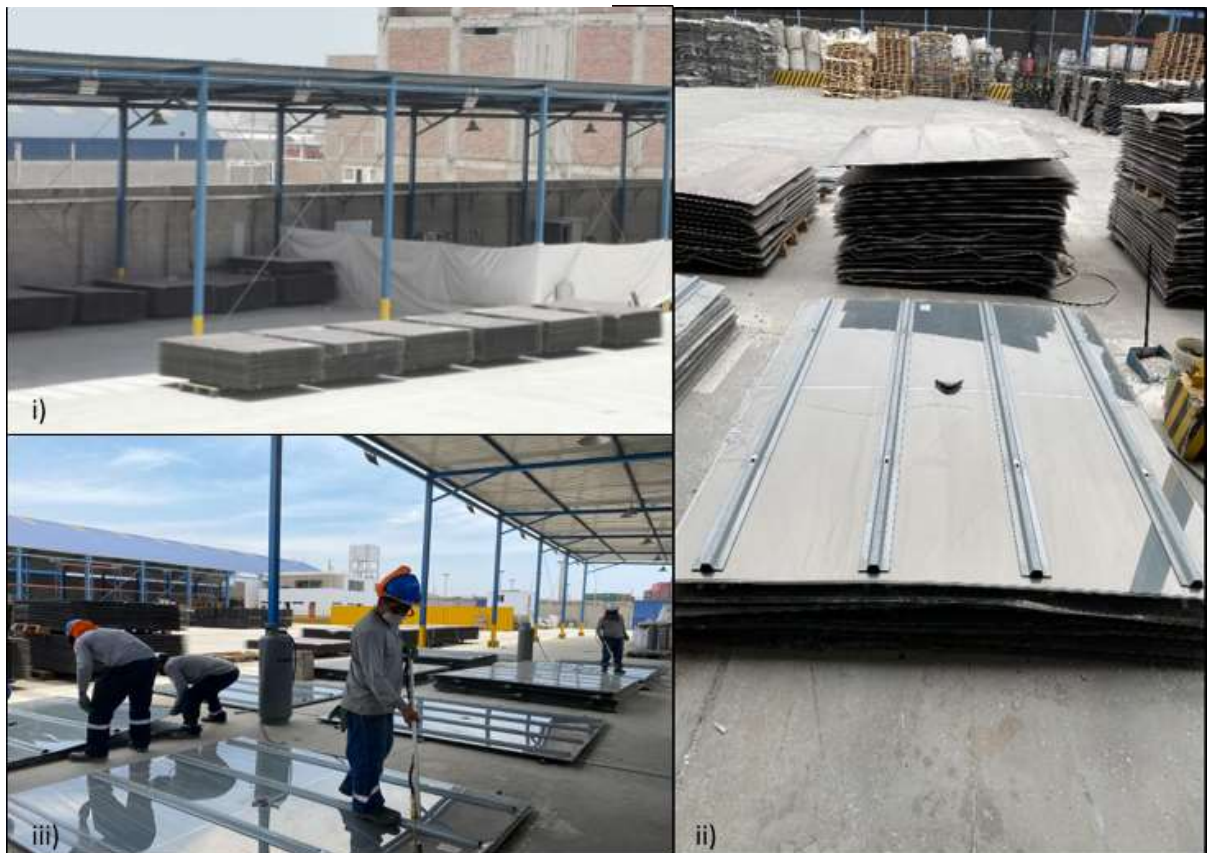
La valorización comenzó desplazando las paletas de madera con los PF desde el área de almacenamiento al área de procesamiento. Una vez ubicadas las paletas en las líneas de trabajo, los operarios – alimentadores procedieron con la colocación, acción que consiste en acomodar los PF de manera que los raíles metálicos estén direccionados hacia arriba, preparando el material para el siguiente paso.

Posteriormente los operarios – ayudante de quemador realizaron la separación de las cajas de conexión ubicadas en la parte central del panel, utilizando una palanca de metal. Esto permitió tener el área del panel despejado y permitir a los operarios - quemadores utilizar los sopletes para calentar los raíles metálicos y lograr desprenderlas del vidrio fotovoltaico.

Por cada panel se recuperaron 4 raíles metálicos las cuales fueron almacenadas para posteriormente valorizarlas en el mercado nacional, con la empresa siderúrgica SIDER PERU.

Figura 12

Tratamiento de los PF



Nota: i) Ubicación de las paletas con PF en las líneas de trabajo del área de procesamiento ii) Colocación de los PF con los raíles metálicos hacia arriba iii) Utilizando sopletes se calentaron los raíles metálicos para desprenderlos; Fuente propia

Figura 13
Valorización del material ferroso



Nota: i) Almacenamiento de los raíles metálicos para su futura valorización en el mercado nacional ii) Camión plataforma siendo cargado con los raíles metálicos con destino a la empresa siderúrgica SIDER PERU; Fuente propia

c. Disposición Final

Los componentes no aprovechables no peligrosos como el vidrio fotovoltaico de silicio amorfo y las cajas de conexión fueron trasladados a una infraestructura autorizada para disposición final y fueron considerados como residuos industriales.

La disposición final de ambos componentes se realizó en el relleno sanitario Portillo Grande de la empresa INNOVA AMBIENTAL en el distrito de Lurín.

Figura 8
Disposición final de materiales no peligrosos



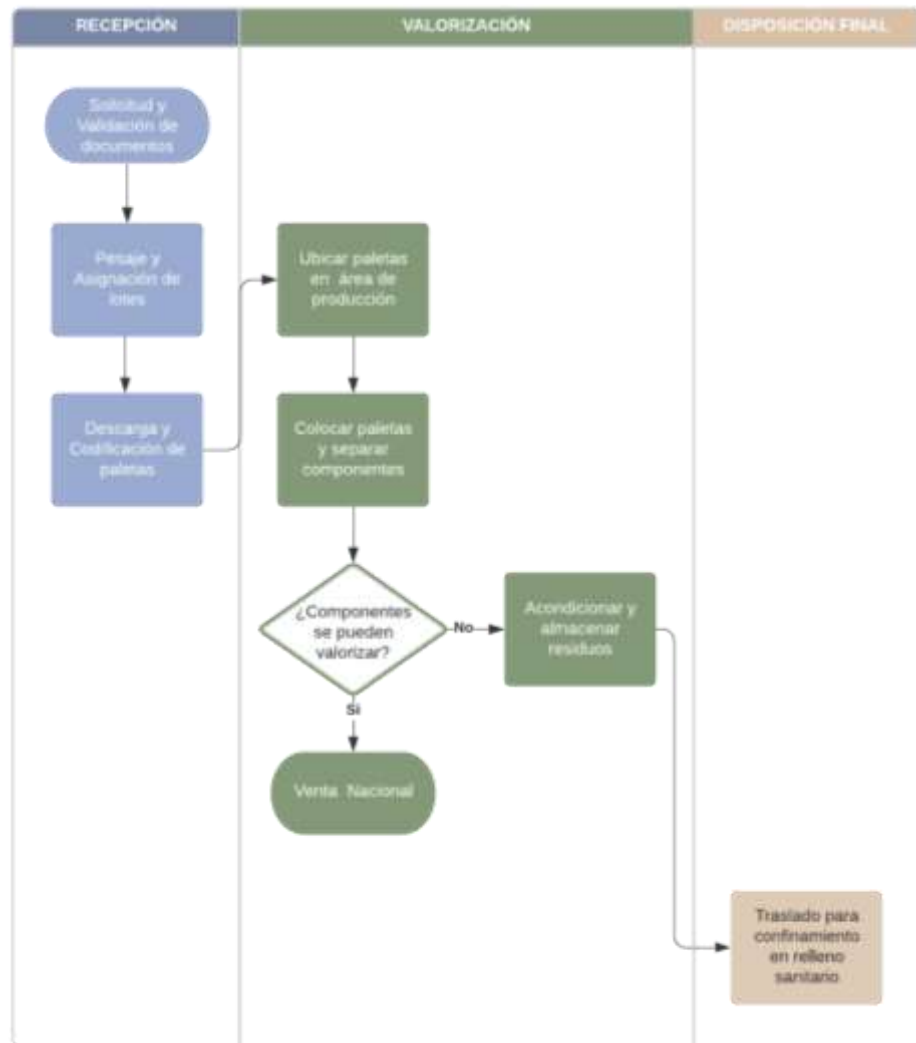
Nota: i) Almacenamiento del vidrio fotovoltaico de silicio amorfo ii) Almacenamiento de las cajas de conexión en big bag iii) Volquete siendo cargado de materiales no peligrosos para ser dispuesto en el relleno sanitario Portillo Grande – Lurín; Fuente propia

d. Flujograma

Se elaboró el mapa de procesos, indicando las actividades por cada operación como se muestra en la Figura 15.

Figura 9

Mapa de procesos en el manejo de paneles fotovoltaicos en SAR



Nota: Elaboración propia

1.2. Registro de Ingresos

Se utilizó el formato indicado en el [Anexo 9](#) para registrar los ingresos. La primera recepción se realizó el día 16/01/2021 y fueron un aproximado de 38.4 toneladas de PF, equivalentes a dos camiones con 8 paletas cada uno.

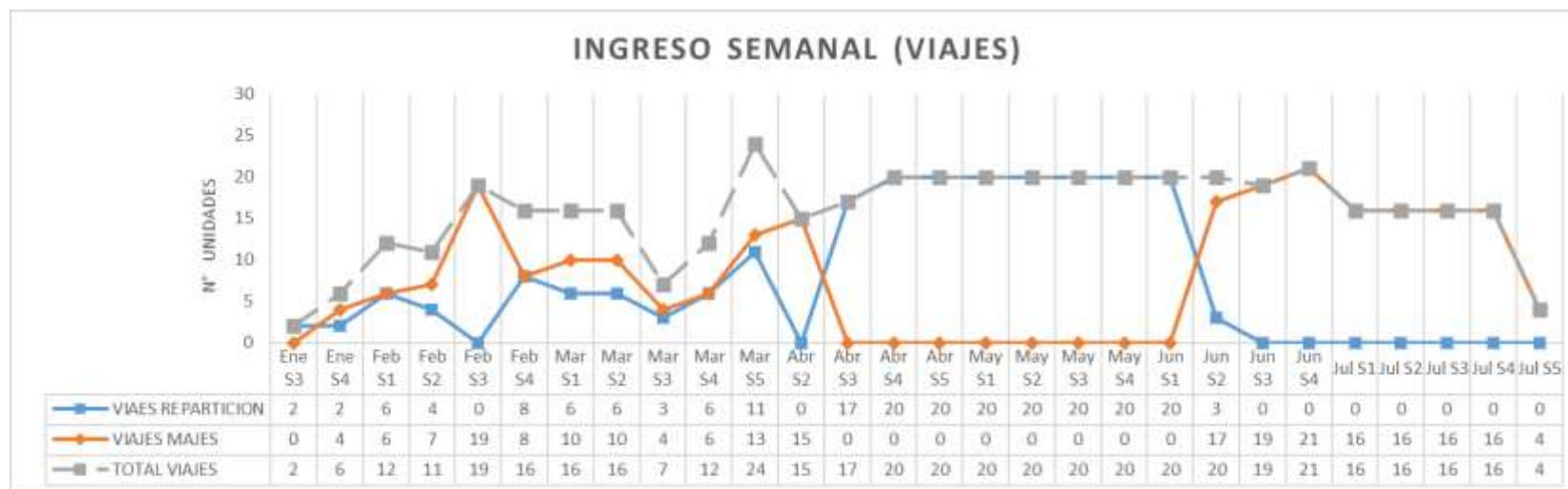
Según lo indicado por SOLARIG PERU, cada paleta tendría 20 paneles fotovoltaicos, estas cantidades se cumplieron durante todo el proyecto.

Para el mes de febrero se agregaron 2 paletas más en cada camión, significando que ahora cada ingreso tendría 10 paletas o su equivalente a 24 toneladas de PF por camión.

En los primeros 3 meses el promedio semanal de ingresos eran de 345 toneladas y en los últimos 3 meses el promedio se elevó a 437 toneladas, permitiendo que la totalidad de los PF lleguen a SAR el 26/07/2021, logrando culminar la etapa de recepción en 6 meses.

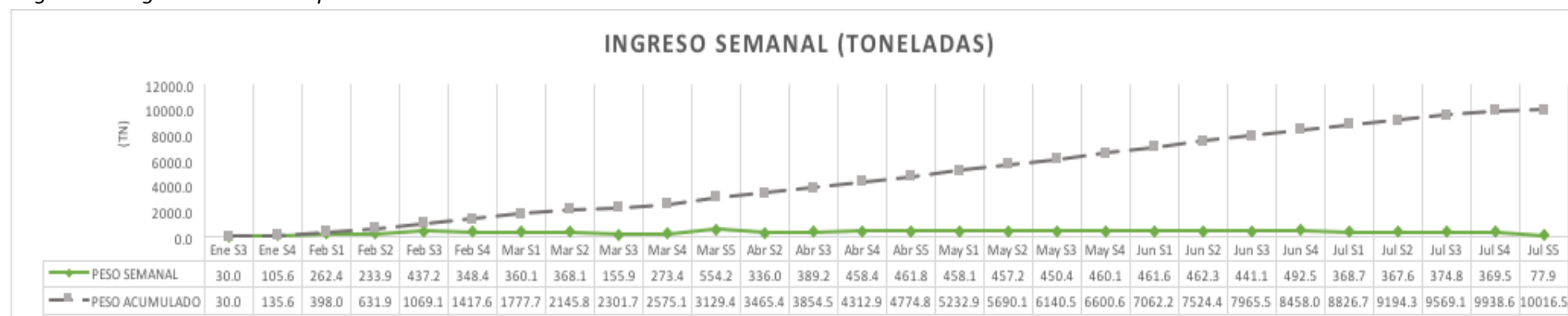
Se realizaron 227 viajes desde la central de Majes y 214 viajes desde la central de Repartición, sumando un total de 441 viajes equivalentes a 10016.5 toneladas como se muestran en las Figuras 16 y 17.

Figura 10
Registro de ingresos semanales por viajes



Nota: Elaboración propia

Figura 11
Registro de ingresos semanales por toneladas



Nota: Elaboración propia

1.3. Evaluación de Indicadores

Haciendo uso de la Tabla 8 se realizó el seguimiento y la evaluación de los indicadores establecidos, la información se registraba de manera diaria pero la evaluación se llevó a cabo de manera semanal y mensual, tal como se muestra en la Figura 18.

A pesar de que algunos indicadores como la “Cantidad de materiales¹² segregados” estaba relacionado a variables difíciles de medir, como la potencia de la flama de fuego y del tipo de pegamento que tenían los raíles metálicos. Nos permitió identificar el % de segregación, siendo clave para la toma de decisiones en las programaciones diarias en el área de procesamiento.

De acuerdo a lo expuesto en la Figura 19, el porcentaje de segregación se calculó teniendo en cuenta la cantidad de PF ingresados y la cantidad de PF procesados por semana. A partir de estos cálculos se determinó que mayo fue el mes con mayor % de segregación y se debió a que contábamos con una más personal capacitado junto a la reducción de la temperatura atmosférica y radiación solar por la llegada del invierno.

¹² Raíles metálicos, caja de conexión y vidrio fotovoltaico

Figura 18

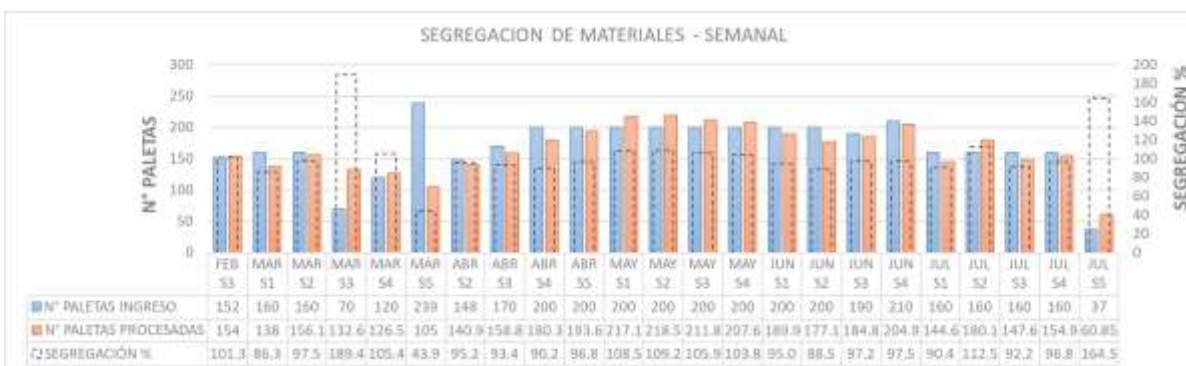
Evaluación semanal y mensual de los indicadores de trabajo

Indicador Semanal	Meta	Ene	Feb				Mar					Abr				May				Jun				Jul					Ago								
		S4	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3							
Cantidad de PF ingresados al área de procesamiento	384 Ton																																				
Cantidad de cajas de conexión segregadas	0.38 Ton																																				
Cantidad de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo segregado	329.4 Ton																																				
Cantidad de railes metálicos segregados	54.2 Ton																																				
Indicador Mensual	Meta	Ene	Feb	Mar					Abr				May				Jun				Jul					Ago											
Cantidad de cajas de conexión dispuestas en relleno sanitario	1 Ton																																				
Cantidad de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo dispuesto en relleno sanitario	230 Ton																																				
Cantidad de railes metálicos valorizadas en el mercado nacional	180 Ton																																				

Nota: Se indicó que semanas o meses se lograron las metas coloreando la casilla de plomo; Elaboración propia

Figura 12

Segregación semanal en el área de procesamiento



Nota: Elaboración propia

1.4. Registro de salidas

La valorización de los raíles metálicos fue mediante la venta a la empresa siderúrgica SIDER PERU y la disposición final del vidrio fotovoltaico de silicio amorfo junto a las cajas de conexión fueron hacia el relleno sanitario Portillo Grande de la empresa INNOVA AMBIENTAL.

Tal como se muestra en la Tabla 13, se valorizó un total del 1 414.02 toneladas de raíles metálicos y se dispuso un total de 8 592.48 toneladas de vidrio fotovoltaico de silicio amorfo con 10 toneladas de cajas de conexión.

Lo que significa que se logró valorizar un 14.12 % y se dispuso un 85.88 %

Tabla 13.
Registro de salida de material

	Valorizable	Disposición Final	
	Raíles Metálicos	Vidrio Fotovoltaico	Cajas de conexión
Peso Ton	1414.02	8592.48	10
%	14.12	85.78	0.10

Nota: Elaboración propia

1.5. Evaluación de impactos ambientales

Como se puede apreciar en la Figura 20, se identificaron 38 aspectos e impactos ambientales en todas las operaciones del Plan de Valorización de PF.

De los 38 aspectos ambientales solo 2 obtuvieron el resultado de "Significativo" con una clasificación media y los otros 36 fueron "No Significativos" con la calificación baja. Lo que significa que solo el 5.3 % tuvieron impactos Significativos.

Los aspectos ambientales "Significativos" fueron la "Generación de residuos sólidos no convencionales" en la salida de materiales en la disposición final y la "Generación de aceites quemados" producto del mantenimiento de maquinarias/equipos. Planteándose como control operacional la disposición final en relleno sanitario y la recolección/recuperación de aceites con proveedores autorizados respectivamente.

Además, el aspecto ambiental con un impacto beneficioso fue la "Generación de residuos reciclables" el cual se generó en el proceso de valorización en las actividades de i) Segregación de componentes y ii) Acondicionamiento, así como también en la salida de materiales.

Figura 13
Matriz de Identificación y Valorización de Aspectos Ambientales en la gestión de paneles fotovoltaicos en San Antonio Recycling

PROCESOS	ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DEL ASPECTO		COMPONENTE AMBIENTAL	TIPO	TEMPORALIDAD	SITUACIÓN OPERACIONAL	ETAPA DEL CICLO DE VIDA					IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA					CUMPLIMIENTO LEGAL	CONTROL OPERACIONAL			
		ASPECTO AMBIENTAL (AA)	IDENTIFICACIÓN (DESCRIPCIÓN) DEL AA					Adaptación de instalaciones - procesos	Atribución de material	Producción	Transporte-almacenaje	Disposición final		PROBABILIDAD (Frecuencia)	SEVERIDAD (Consecuencia)	DURACIÓN	MAGNITUD DEL IMPACTO	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	MAQUINARIA/MATERIAL	MÉTODO PROCEDIMIENTO O INSTRUCCIÓN	PERSONA
RECEPCIÓN	Reciclación y pasaje	Consumo de recursos naturales	Consumo de combustible	Social	Adverso	Presente	Normal		X				Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		
		Consumo de recursos naturales	Consumo de energía eléctrica	Social	Adverso	Presente	Normal		X				Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Plan de mantenimiento preventivo de instalaciones eléctricas		
		Consumo de recursos naturales	Consumo de papel	Social	Adverso	Presente	Normal		X				Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Prácticas de reciclaje	
		Generación de Emisiones	Generación de emisión de gases por el tránsito vehicular	Aire	Adverso	Presente	Normal		X				Contaminación atmosférica	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		
		Generación de residuos	Generación de residuos convencionales, papel, cartón, plásticos	Suelos	Adverso	Presente	Normal		X				Contaminación del suelo	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Capacitación manejo de residuos sólidos	
		Generación de residuos especiales	Desechos de aceites por accidente vehicular	Suelos	Adverso	Presente	Anormal		X				Contaminación de agua, Contaminación del suelo	1	2	2	4	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		
	Descarga y almacenamiento	Consumo de recursos naturales	Consumo de papel	Social	Adverso	Presente	Normal		X				Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Prácticas de reciclaje	
		Generación de Emisiones	Fugas o emisión de gases por montacargas	Aire	Adverso	Presente	Normal		X				Contaminación atmosférica	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		
		Generación de residuos	Generación de residuos convencionales, papel, cartón, plásticos	Suelos	Adverso	Presente	Normal		X				Contaminación del suelo	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Capacitación manejo de residuos sólidos	
		Generación de residuos especiales	Desechos de aceites por accidente vehicular	Suelos	Adverso	Presente	Anormal		X				Contaminación de agua, Contaminación del suelo	1	2	2	4	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		

PROCESOS	ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DEL ASPECTO		COMPONENTE AMBIENTAL	TIPO	TEMPORALIDAD	SITUACIÓN OPERACIONAL	ETAPA DEL CICLO DE VIDA					IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA					CUMPLIMIENTO LEGAL	CONTROL OPERACIONAL				
		ASPECTO AMBIENTAL (AA)	IDENTIFICACIÓN (DESCRIPCIÓN) DEL AA					Adaptación de materias primas	Adquisición de material	Producción	Transporte/entrega	Distribución final		PROBABILIDAD (Frecuencia)	SEVERIDAD (Consecuencia)	DURACIÓN	MAGNITUD DEL IMPACTO	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	MÁQUINA/MATERIAL	MÉTODO, PROCEDIMIENTO O INSTRUCCIÓN	PERSONA	
VALORIZACIÓN	Procesamiento/Segregación de componentes	Consumo de recursos naturales	Consumo de energía eléctrica	Social	Adverso	Presente	Normal			X			Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Plan de mantenimiento preventivo de instalaciones eléctricas		
		Consumo de recursos naturales	Consumo de gas	Social	Adverso	Presente	Normal			X			Agotamiento de los recursos naturales	3	1	1	3	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple				
		Generación de Emisiones	Generación de emisión de gases por uso de sopletes	Aire	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación atmosférica	3	2	1	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple			
		Generación de Emisiones	Generación de emisiones de polvo	Aire	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación atmosférica	2	3	2	4	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple			
		Generación de residuos	Generación de residuos convencionales, papel, cartón, plásticos	Suelos	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación del suelo	3	3	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Disposición final en infraestructuras autorizadas	Capacitación manejo de residuos sólidos
		Generación de residuos	Generación de residuos sólidos no convencionales vidrio fotovoltaico y plástico PP	Suelos	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación del suelo	3	3	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Disposición final en infraestructuras autorizadas	Capacitación manejo de residuos sólidos
		Generación de residuos reciclables	Retorno de residuos al ciclo productivo	Ecosistemas	Beneficioso	Presente	Normal			X				Reciclaje	3	1	1	3	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple			
		Generación de Emisiones	Generación de vibraciones/huido por la utilización de vehículos	Aire	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación atmosférica	2	3	2	4	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Revisión y programación de mantenimientos preventivos más continuos	
	Acondicionamiento	Consumo de recursos naturales	Consumo de paletas de madera	Social	Adverso	Presente	Normal			X			Agotamiento de los recursos naturales	3	1	1	3	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple				
		Generación de residuos	Generación de residuos convencionales madera y film	Suelos	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación del suelo	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple			Capacitación manejo de residuos sólidos
Generación de residuos reciclables		Retorno de residuos al ciclo productivo	Ecosistemas	Beneficioso	Presente	Normal			X				Reciclaje	3	1	1	3	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple				

PROCESOS	ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DEL ASPECTO		COMPONENTE AMBIENTAL	TIPO	TEMPORALIDAD	SITUACIÓN OPERACIONAL	ETAPA DEL CICLO DE VIDA					IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA					CUMPLIMIENTO LEGAL	CONTROL OPERACIONAL					
		ASPECTO AMBIENTAL (AA)	IDENTIFICACIÓN (DESCRIPCIÓN) DEL AA					Adaptación de recursos propios	Adaptación de material	Producción	Transporte/entrega	Ejecución final		PROBABILIDAD (Frecuencia)	SEVERIDAD (Consecuencia)	DURACIÓN	MAGNITUD DEL IMPACTO	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	MÁQUINA/MATERIAL	MÉTODO, PROCEDIMIENTO O INSTRUCCIÓN	PERSONA		
VALORIZACIÓN	Almacenamiento	Consumo de recursos naturales	Consumo de combustible	Social	Adverso	Presente	Normal			X			Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Plan de mantenimiento preventivo de vehículos			
		Generación de Emisiones	Fugas o emisión de gases por montacargas	Aire	Adverso	Presente	Normal			X				Contaminación atmosférica	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		
DISPOSICIÓN FINAL	Salida de materiales	Consumo de recursos naturales	Consumo de combustible	Social	Adverso	Presente	Normal				X		Agotamiento de los recursos naturales	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Plan de mantenimiento preventivo de vehículos			
		Generación de Emisiones	Fugas o emisión de gases por montacargas	Aire	Adverso	Presente	Normal				X			Contaminación atmosférica	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Plan de mantenimiento preventivo de vehículos		
		Generación de Emisiones	Generación de emisión de gases por el tránsito vehicular	Aire	Adverso	Presente	Normal					X			Contaminación atmosférica	3	1	2	6	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Plan de mantenimiento preventivo de vehículos	
		Generación de residuos reciclables	Retorno de residuos al ciclo productivo	Ecosistemas	Beneficioso	Presente	Normal			X					Reciclaje	3	1	1	3	BAJO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple			
		Generación de residuos	Generación de residuos sólidos no convencionales vidrio fotovoltaico y plásticos PE	Suelos	Adverso	Futuro	Normal			X					Contaminación del suelo	3	2	2	12	MEDIO	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Disposición final en infraestructuras autorizadas (relleno sanitario)	Capacitación manejo de residuos sólidos

PROCESOS	ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DEL ASPECTO		COMPONENTE AMBIENTAL	TIPO	TEMPORALIDAD	SITUACIÓN OPERACIONAL	ETAPA DEL CICLO DE VIDA					IMPACTO AMBIENTAL	EVALUACIÓN DE LA SIGNIFICANCIA					CUMPLIMIENTO LEGAL	CONTROL OPERACIONAL				
		ASPECTO AMBIENTAL (AA)	IDENTIFICACIÓN (DESCRIPCIÓN) DEL AA					Adquisición de materias primas	Adquisición de material	Producción	Transporte/distribución	Disposición final		PROBABILIDAD (Frecuencia)	SEVERIDAD (Consecuencia)	DURACIÓN	MAGNITUD DEL IMPACTO	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL	MÁQUINA/MATERIAL	MÉTODO, PROCEDIMIENTO O INSTRUCCIÓN	PERSONA	
MANTENIMIENTO	Mantenimiento de maquinaria y/o equipos (Preventivo/Correctivo)	Consumo de recursos naturales	Consumo de aceite lubricante	Suelo	Adverso	Presente	Anormal			X			Agotamiento de los recursos naturales	3	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Uso de embudos y/o sistema de drenaje. Realizar el cambio en piso de materiales cubidos para tener el menor contacto con el suelo			
		Consumo de recursos naturales	Consumo de combustible diesel para la operación de mantenimiento	Suelo	Adverso	Presente	Anormal			X				Agotamiento de los recursos naturales	3	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Uso de embudos y/o sistema de drenaje. Realizar el cambio en piso de materiales cubidos para tener el menor contacto con el suelo		
		Generación de residuos especiales	Generación de aceites quemados.	Suelo	Adverso	Presente	Anormal			X					Contaminación del suelo	2	2	3	12	Medio	Alto	Cumple	Recolección y recuperación de aceites con proveedores autorizados.	
			Generación de residuos especiales	Generación de aceites por mantenimiento	Suelo	Adverso	Presente	Anormal			X				Contaminación de agua, Contaminación del suelo	3	2	3	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Recolección y recuperación de aceites con proveedores autorizados	
		Generación de residuos	Generación de residuos sólidos, filtros	Suelo	Adverso	Presente	Anormal			X					Contaminación del suelo.	3	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Gestión integral de residuos sólidos	
			Generación de residuos convencionales, papel, cartón, plásticos	Ecosistemas	Adverso	Presente	Anormal			X					Contaminación del suelo, Modificación del paisaje	3	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Gestión y/o disposición a centros autorizados de residuos reciclables.	
		Generación de emisiones	Generación de emisión de gases por el tránsito vehicular	Aire	Adverso	Presente	Anormal			X					Contaminación atmosférica	3	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		
		Consumo de recursos naturales	Consumo de agua para actividades de mantenimiento y limpieza	Suelo	Adverso	Futuro	Anormal			X					Agotamiento de los recursos naturales	2	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Uso adecuado y controlado del agua potable	
SUPERVISIÓN	Verificación de indicadores operacionales	Consumo de recursos naturales	Consumo de energía eléctrica	Suelo	Adverso	Presente	Normal			X			Agotamiento de los recursos naturales	2	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple	Identificar fuentes eléctricas o luminarias que incrementen el consumo			
		Consumo de recursos naturales	Consumo de papel	Suelo	Adverso	Presente	Normal			X				Agotamiento de los recursos naturales	2	3	2	6	Bajo	NO SIGNIFICATIVO	Cumple		Capacitación de uso responsable de recursos	

Nota: Elaboración propia

1.6. Valorización de paneles fotovoltaicos en el mundo

La revisión de las estrategias en la valorización de los PF por otros países nos llevó al caso de la Unión Europea. Ellos instauraron la Directiva 2002/96/CE en el año 2003 para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Sin embargo, en el 2012 se establece la nueva Directiva 2012/19/EU donde se considera a los PF como una de las categorías de RAEE. (Agudelo y Tejada,2018)

Los países considerados como miembro de la Unión Europea deben cumplir con lo dispuesto en la Directiva vigente, sin embargo, tienen la libertad de escoger las estrategias a utilizarse para conseguir los objetivos estipulados en el marco legal europeo (Agudelo y Tejada,2018).

Una de las medidas adaptadas por España es la creación del Real Decreto 110/2015, normativa que determina las operaciones de tratamiento para los PF con silicio. (Moreno, s.f.).

Para los PF que contienen silicio, el tratamiento consiste en retirar el material encapsulante (EVA) mediante procesos térmicos, después se separan las obleas de silicio y se almacenan de manera diferenciada a las fracciones valorizables obtenidas en las fases anteriores. Y para los PF de telurio de cadmio se procede a retirar de manera manual los componentes exteriores de los paneles tales como la carcasa de protección y el cableado para pasar por procesos de trituración, degradación térmica o tratamiento químico con el objetivo de obtener fracciones de menor tamaño, para separar los semiconductores y los polímeros de plástico utilizando sistemas de filtración

y extracción de polvo. Finalmente, las fracciones valorizables se separan con técnicas como el tamizado, flotación y separación por corrientes de aire o electrostática (Moreno, s.f.).

En el caso de Alemania uno de los tratamientos de PF que utilizan es el mecánico, tal como lo menciona la empresa First Solar. Los procesos mecánicos de separación de la EVA consisten en moler el panel hasta convertirlo en polvo lo que permite separar el vidrio de la EVA y del semiconductor, para posteriormente utilizar un método químico y lograr eliminar los restos de resina (Krueger, 2010; Romero Campos, 2019).

El liderazgo en un adecuado manejo de los residuos de PF se encuentra en la Unión Europea, indicando que lo óptimo es lograr el reciclaje, recuperación y valorización de los materiales (Perez, 2019).

Al mismo tiempo los principales países en la industria manufacturera de PF tales como Japón, Estados Unidos y China no cuentan con normativa específica para la gestión y manejo PF (Agencia Internacional de Energía Renovable, 2016; Romero Campos, 2019).

Si bien es cierto que Japón y Estados Unidos no cuentan con una normativa específica para el manejo de PF, ambos países tienen leyes que promueven de manera indirecta la buena gestión de estos residuos. Por ejemplo, en Japón con la Ley de Gestión de Residuos y Limpieza pública junto con el marco legal que se está desarrollando en el ámbito de las energías renovables están promoviendo la investigación en materia de reciclaje de paneles fotovoltaicos e incentivando las alianzas entre compañías de la industria manufacturera

solar y empresas especializadas en el procesamiento de residuos. Estas alianzas estratégicas están teniendo resultados positivos ya que en la actualidad Japón cuenta con empresas que valorizan PF (Agencia Internacional de Energía Renovable,2016).

En cuanto a Estados Unidos, se sabe que cuenta con la Ley de Conservación y recuperación de recursos y que existe la iniciativa de algunos Estados en implementar reglamentos para el reciclaje de los PF. Actualmente las compañías de la industria manufacturera solar realizan un reciclaje voluntario y promueven la investigación relacionada al tratamiento y reciclaje de los PF como responsabilidad social (Agencia Internacional de Energía Renovable,2016).

Por otra parte, desde el 2012 China está impulsando la investigación y el desarrollo de tecnologías para el reciclaje de PF mediante el programa Nacional de Investigación y Desarrollo para el reciclaje y eliminación de residuos fotovoltaicos (Agencia Internacional de Energía Renovable,2016).

Indiferentemente del método de tratamiento de los paneles fotovoltaicos, el mayor porcentaje en la recuperación de materiales corresponde al acero con un 100%, seguido por el vidrio con un 95%. En cuanto a los otros metales la recuperación oscila entre un 89% en el caso del cobre hasta un 30% en el caso del indio, galio y germanio. Todos estos materiales recuperables suponen aproximadamente el 88% del panel (Moreno, s.f.)

Del mismo modo se analizó el manejo de los paneles fotovoltaicos en algunos países en Latinoamérica. México y Chile carecen de una ley específica en el manejo de RAEE, pero cuentan con un marco legal que reconoce a los residuos de manejo especial. En el 2013, México promulgó la norma oficial que menciona a los residuos que requieren un manejo especial y cuales tienen la obligación de trabajarse con planes de manejo (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013) y en el 2016 en Chile entró en vigor la Ley 20.920 que establece el Marco para la Gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje, donde los AEE son considerados productos prioritarios (Tapia, 2019).

A pesar de que los PF están considerados en la Ley 20.920 al ser una sub categoría de AEE, actualmente Chile no cuenta con alguna opción de reciclaje para este tipo de residuo siendo la única opción la acumulación en espera de que en algún momento se tenga algún tipo de tratamiento o la disposición final en infraestructuras autorizadas (Tapia, 2019).

Por otra parte, desde el 2013 Colombia cuentan con la Ley N.º 1672 sobre gestión integral de RAEE y en el 2017 se elaboró una Política Nacional para la Gestión Integral de los RAEE, sin embargo, dicha política no es suficiente para lograr una buena gestión de los PF dado que, si bien los contempla por su clasificación dentro de la normativa de RAEE, no los nombra específicamente, teniendo un tratamiento y disposición final deficiente. Además, existe gran desconocimiento por parte de los productores y consumidores, siendo

necesaria una ley o guía enfocada en el tratamiento y disposición de PF (Blanco,2018; Pérez,2019).

2. Comentarios

- Comparación en la valorización de PF

A partir del análisis situacional y revisión de estrategias de los diferentes países en relación al manejo y gestión de los PF, se observa en el caso de Latinoamérica, que el Perú es uno de los primeros y pocos países en tener un reglamento específico para los RAEE e incluir a los PF como una categoría, sin embargo, en ningún país existe la tecnología para realizar el tratamiento de los vidrios, material que representa aproximadamente el 85% del peso del PF.

Por otro lado, en el modelo implementado en la Unión Europea se resalta la existencia de un marco legal específico para los PF junto con un sistema colectivo muy bien gestionado, permitiendo que tanto los productores como los generadores tengan las mejores opciones en la recolección y tratamiento de estos residuos, obteniendo altos valores de recuperación.

En cuanto a las figuras de Japón y Estados Unidos sirven como buen ejemplo de cómo a pesar de no contar con un reglamento específico para los PF, se puede lograr implementar metodologías y tecnologías para conseguir altos porcentajes de valorización. No obstante, es importante considerar que al ser países con las más grandes compañías de la industria manufacturera solar tienen la presión de desarrollar mecanismos para el correcto tratamiento y valorización de sus residuos.

- Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)

Como toda nueva línea de trabajo en SAR, se elaboró la matriz IPERC para el proceso de valorización de PF. Se obtuvo un nivel de riesgo "NO ACEPTABLE" para la actividad de posicionamiento de los PF en las líneas de trabajo por parte de los operarios – alimentadores, debido a los cortes en las manos y antebrazos ocasionado por el vidrio. Por eso se implementó el uso de doble guante, se adicionó el guante de tela bajo el guante de cuero. También se implementó el uso de mangas, con estas medidas la frecuencia de cortes se redujo significativamente, pasando a un nivel de riesgo "BAJO".

A su vez se determinó que los operarios desempeñándose como quemadores, apoyo de quemadores y alimentadores tenían que utilizar lentes de protección con lunas oscuras ya que el reflejo del sol en los PF dificultaba la visión, por lo que se consideró un nivel de riesgo "MODERADO".

En el caso del montacarguista, obtuvo una clasificación de "MODERADO" al evaluarse la exposición al ruido del montacargas, por esta razón se implementó el uso de orejeras de seguridad en lugar de tapones de seguridad.

También es importante considerar las condiciones climáticas al momento de implementar un trabajo en caliente. A pesar de que el área de procesamiento es techada, la dirección del sol a cierta hora del día generaba una falta de sombra en el área de trabajo, que combinado con el calor proveniente del soplete daba como resultado una alta sensación térmica. Para la época de verano se utilizaron lentes de protección con lunas oscuras, para evitar el

reflejo del sol y cortaviento en los cascos para reducir la exposición de los rayos solares.

Al ser un proceso de trabajo en cadena, se necesitaba que el personal trabajara de manera sincronizada. Es necesario que el montacarguista ubique el material en las líneas de trabajo para que alimentadores puedan colocar los paneles en la posición correcta y los quemadores puedan calentar los raíles metálicos, para que finalmente junto con el operador de apoyo puedan retirar los raíles metálicos.

Ya que la exigencia era continua se implementaron 3 pausas activas en el transcurso de todo el horario laboral. El inicio de las actividades era a las 8:00 am y la primera pausa se realizaba a las 10:30 am, la segunda era a las 1:00 pm y por último la tercera a las 4:00 pm.

En la última pausa activa se repartía un refrigerio de frutas para ayudar con la hidratación del personal y evitar posibles accidentes por las elevadas temperaturas en el área de procesamiento. Cabe mencionar que se instaló un dispensador de agua para que el personal tenga acceso ilimitado a este recurso potable.

- Uso de información

La importancia de utilizar la bibliografía de la Organización Internacional de Normalización en la elaboración de documentos permite generar insumos que en un futuro pueden servir para obtener certificaciones internacionales. La Matriz de Identificación y Valoración de Aspectos Ambientales generada

para este trabajo será de utilidad para SAR ya que este se encuentra en un proceso de certificación de la ISO 14001.

- Operaciones

Puesto que en la actualidad en el Perú no se tratan ni valorizan los PF y que, en la literatura de otros países, que podrían servir como referencia, las metodologías de reciclaje y valorización consideran equipos, máquinas y procesos que en el Perú no existen, se realizaron pruebas pilotos para determinar que alternativa era la adecuada para procesar este tipo de residuos.

En un inicio se consideró procesar los PF mediante golpes, de esta manera se lograba la ruptura del vidrio y la recuperación de los raíles metálicos. Esta modalidad de trabajo demandaba demasiado tiempo, los raíles metálicos no se obtenían de manera limpia ya que grandes cantidades de vidrio quedaban adheridas en ellos y sobre todo era disergonómico, en tal sentido se descartó como opción.

Finalmente se optó por trabajar con calor, ya que los raíles metálicos estaban adheridas al vidrio por un pegamento y el calor lo derretía, logrando la separación de los componentes. Esto requería menos tiempo y los sopletes de fuego fueron adaptados para que el operario tenga una mejor postura, mejorando el tema ergonómico.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para que la elaboración e implementación de un PVA de PF pueda reducir de manera significativa la cantidad de material dispuesto en rellenos sanitarios e incremente la cantidad de materiales recuperados es necesario considerar métodos para la correcta separación del vidrio y la célula de silicio amorfo, ya que estos representan aproximadamente un 85.78% de la composición del panel fotovoltaico.

Es necesario resaltar la importancia de la implementación de métodos y tecnologías para el tratamiento y reciclaje de los PF en el país, ya que es un residuo con una tendencia de crecimiento en su generación. Si bien el Perú fue uno de los primeros países en Latinoamérica en promulgar un Reglamento Específico para los RAEE en el 2012 no fue hasta el 2019 donde se incluyó a los PF como una categoría, reforzando las exigencias para este residuo.

La mayoría de los impactos ambientales son impactos adversos representando el 92.1% y solo el 7.9% son impactos beneficiosos, de un total de 38 impactos generados por la implementación del PVA de PF. Sumado a ello, el 94.7 % fueron impactos no significativos y el 5.3% fueron impactos significativos. Concluyendo que en las etapas de valorización y disposición final se tienen los impactos ambientales beneficiosos y que los impactos ambientales adversos con mayor significancia se dan en las etapas de disposición final y en el mantenimiento de equipos/maquinaria.

Este trabajo de suficiencia profesional puede servir como referencia de caso para que los diferentes actores en la gestión de residuos sólidos tengan elementos de base y puedan utilizarlo ante cualquier iniciativa similar. Es importante indicar que para evaluar la factibilidad técnica y económica de este proyecto es necesario considerar los siguientes aspectos: A) La valorización de RAEE solo puede ser realizado por una EO-RS autorizada, la cual necesita cumplir con el marco legal referido al manejo integral de residuos sólidos, a la gestión de los RAEE, la seguridad y salud en el trabajo, el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, por mencionar los más importantes. B) Las EO-RS realizan un servicio ambiental (valor de rescate) por el que se cobra. El costo del valor de rescate implica todas las etapas en el manejo de los residuos sólidos, incluyendo la recolección, transporte, almacenamiento, valorización y disposición final; este costo normalmente es mayor al ingreso económico obtenido de los materiales recuperados. C) Los RAEE al ser un bien priorizado se rige bajo el marco del principio de responsabilidad extendida del productor (REP), lo que significa que son los importadores o fabricantes de AEE quienes tienen la responsabilidad post consumo, por ello asumen los costos del valor de recuperación. Es por esto que no podría considerarse solo al material recuperado en la valorización de los PF como indicador de la factibilidad económica del PVa.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Agencia Internacional de Energía Renovable. (2016). *End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels* <https://doi.org/10.2172/1561525>
- Agudelo, A. R., & Tejada, A. M. A. (2018). *Análisis y propuestas para la disposición final de paneles solares fotovoltaicos en Colombia*. 58.
- Aparicio, W., Martínez, L., & Valencia, M. (2022). *Guía para la disposición de paneles solares al final de su ciclo de vida en Colombia*. Bogotá.
- Bello, J. (2021). *Plan, Programa, Proyecto*. Recuperado el 2022, de Prezi: <https://prezi.com/p/bltcf85qlez/planprogramaproyectoactividadtarea/>
- Blanco, S. E. R. (2018). *Plan de manejo para disposición final de paneles solares de Energía Integral Andina S.A.* 58.
- Carmen Luz de la Maza. (2007). *Manejo y Conservación de Recursos Forestales*. Universitaria.
- Chu, Yinghao. (2011). *Review and Comparison of Different Solar Energy Technologies*.
- Conesa Fernández, V. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Mundi-Prensa Libros.
- Di Pace, M. (2001). *Sustentabilidad urbana y desarrollo local*. Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto del Conurbano.
- Gervasio, H. (s.f.). *La sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas*.
- Gregorio, P., & Gloria, M. (2016). *La importancia del organigrama en la empresa*. 3.
- Grupo T-Solar Global. (s. f.). *Ficha Técnica—TS Full SJ TS370*.

- ICLEI . (1996). *Manual de planificación para la agenda 21. Una introducción a la planificación para el desarrollo sostenible*. International Council for Local Environmental Initiatives.
- ISO 9000. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad—Fundamentos y vocabulario*.
- ISO 14001. (2015). *Sistema de gestión ambiental—Requisitos con orientación para su uso*.
- Krueger, L. (2010). *First Solar’s Module Collection and Recycling Program*. 30.
- Luis Rodríguez de León, D. (2014). *Planificación estratégica II Diagrama de Gantt*. 6.
- MINAM. (2011). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento*.
- MINAM. (2016). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
- MINAM. (2018). *Guía para la Identificación y Caracterización de Impactos Ambientales*.
- MINAM. (2019). *Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.
- MINAM. (2020a). *Protocolo Sanitario para la operación ante el Covid-19 del servicio de reciclaje*.
- MINAM. (2020b). *Decreto Legislativo que modifica el Decreto Legislativo N° 1278 que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*
- MINAM. (2021). *Disposiciones Complementarias al Decreto Supremo N° 009-2019-MINAM, que aprueba el Régimen Especial de Gestión y Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*.
- MINSA. (2020). *Lineamientos para la vigilancia de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a COVID-19*
- MINTRA. (2012). *Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo—Ley 29783*.

- Molina, M. I. A., Torres, M. M. M., Zambrano, R. M. O., & Martínez, J. A. E. (2016). *Manual de procedimiento en la empresa*. 15.
- Moreno, C. E. (s. f.). *Estudio sobre las posibilidades de valorización de residuos de paneles fotovoltaicos*. 172.
- National Geographic. (22 de Mayo de 2018). *Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje*.
Obtenido de https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/tipos-plastico-segun-su-facilidad-reciclaje_12714
- OSINERGMIN. (2019). *Energías renovables: Experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*.
- OSINERGMIN. (2020a). *Central Majes Solar*. 1.
- OSINERGMIN. (2020b). *Central Solar Repartición*.
- PCM . (2015). *Documento orientador: Metodología para la implementación de la gestión por procesos en las entidades de administración pública en el marco del D.S. N004-2013-PCM - Política Nacional de Modernización de la Gestión Pública*. Lima.
- Peña, J. C. R., & Franco, L. V. Z. (2010). *Diseño de procesos y procedimientos para la recepción y control del flujo de residuos sólidos reciclables, en el Centro de Acopio Gert S.A. E.S.P. en la ciudad de Cali*. 120.
- Pérez, J. F. C. (s. f.). *Manejo integral de residuos generados por los paneles solares fotovoltaicos en Colombia*. 25.
- Pilco, D., & Jaramillo, J. (2008). *Sistemas fotovoltaicos para iluminación: Paneles fotovoltaicos*. Univ. Técnica Part. Loja, 1-4.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2009). *Manual de Planificación, Seguimiento y Evaluación de los Resultados de Desarrollo*
- RLGA. (2020). *Contrato de prestación de servicios para el Manejo y Gestión de Paneles Fotovoltaicos para la planta solar "Repartición" y "Majes"*.
- Romero Campos, J. P. R. (2019). *Análisis ciclo vida y económico aplicado a la reutilización y reciclaje de paneles solares fotovoltaicos*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- San Antonio Recycling. (2018). *Flujograma de Gestión y Manejo de los RAEE*.
<https://www.sar.pe/flujo-de-gestion-y-manejo-de-la-raee/>
- San Antonio Recycling. (2019). *Procedimiento para la Identificación de Aspectos e Impactos Ambientales—SAR-P-005*.
- San Antonio Recycling. (2021). *Infraestructura de Valorización de Residuos Sólidos de aparatos Eléctricos y Electrónicos [Plano de Arquitectura]*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo*.
- Tapia, V. S. (2019). *Proyecto de evaluación técnico y económica de la implementación de un proceso de reciclaje de paneles fotovoltaicos en desuso o falla*. 109.
- Yuriria Sarai Martínez. (2012). *Elaboración de un instructivo de trabajo para el laboratorio de calidad del agua en Jumapam*.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del panel fotovoltaico de silicio amorfo



Product

- Amorphous silicon single junction solar cell deposited in superstrate configuration.
- Long-lasting glass-glass laminate.
- Better Performance Ratio in field operation conditions due to better module performance at high temperatures and under diffused radiation.
- Multi Contact Junction Box with standard MC4 connectors. Interconnection cables not supplied.
- Opaque frameless panels with back rails (no clamps needed).

Quality

- Long lasting robust product thanks to a highly automated and integrated fabrication process.
- The panel contains only environmental friendly non toxic materials.

REC 61646:2008
REC 61730:2004
CE LABEL



ISO 9001:2000
ISO 14001:2004
OHSAS 18001:2004





Warranties

- 25 years that the maximum power will remain above 80% of the power specified in the label.
- 10 years that the maximum power will remain above 90% of the power specified in the label.
- 5 years that the materials used in the production of its modules and the production process are the adequate to allow the correct function of the product under proper conditions of utilization, installation and maintenance.

Environmental commitment

- As producer and member of PV Cycle Association, T-Solar assumes the responsibility to recycle all panels put in the EFTA market, independently of the recycling cause.
- T-Solar has adopted a voluntary Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) according to European regulation.





Thin-film PV Panel

TS Full SJ TS370





1. Glass
2. Transparent conductor oxide
3. p-type a-Si
4. i-type a-Si
5. n-type a-Si
6. Back contact

ELECTRICAL CHARACTERISTICS TS410	STC	NOCT
Nominal maximum power, (W)	410	—
Maximum power tolerance, (W)	+20/-0	—
Maximum power voltage, V_{mp} (V)	152	145
Maximum power current, I_{mp} (A)	2.72	2.18
Open circuit voltage, V_{oc} (V)	192	182
Short circuit current, I_{sc} (A)	3.30	2.64
Fill factor, FF (%)	65.3	65.6
Efficiency, η (%)	7.23	6.90

Nominal Operating Cell Temperature, NOCT (°C)	40.5
---	------

TEMPERATURE COEFFICIENTS		
Nominal maximum power, αP_{max} (% °C ⁻¹)	-0.21	± -0.02
Maximum power voltage, αV_{mp} (% °C ⁻¹)	-0.27	± -0.03
Maximum power current, αI_{mp} (% °C ⁻¹)	0.059	± 0.012
Open circuit voltage, αV_{oc} (% °C ⁻¹)	-0.29	± -0.03
Short circuit current, αI_{sc} (% °C ⁻¹)	0.038	± 0.008

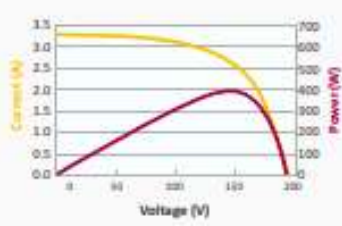
PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN	
Maximum system voltage (V)	1000
Bypass current diode (A)	10
Maximum series fuse (A)	5
Maximum load (IEC 61646) (Nm ⁻²)	2400

- The performance at Standard Test Conditions (STC) is obtained at an irradiance of 1000 W/m² and a cell temperature of 25 °C. In accordance with IEC 61215, the I_{sc} and V_{oc} values on the label should be multiplied by a factor of 1.20 to determine the component voltage and current ratings, the fuse size, and the size of the controller connected to the PV output.
- The performance at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) is obtained at an irradiance of 800 W/m².
- At an irradiance of 300 W/m² and at a cell temperature of 25°C, the panel efficiency is 2.5% lower than the efficiency at Standard Test Conditions.
- The maximum reverse current corresponds to two hours at 10% of the panel's overcurrent protection rating (maximum series fuse).
- The connection box is 22 mm high and has two terminals that must be A colored, if it is sealed complying with IEC and IP67 standards.
- The most negative pole of each panel string must be connected to ground.

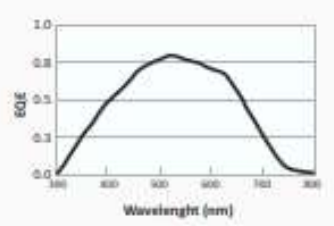
MECHANICAL CHARACTERISTICS		
Length (mm)	2598	± 1.0
Width (mm)	2198	± 1.0
Module thickness (mm)	7.5	± 0.5
Glass thickness (mm)	3.2	± 0.2
Panel weight (Kg)	98.5	± 4.9
Panel weight w/ back rails (Kg)	116	± 5.9

Cell Type	a-Si, 216 active cells
Frame	None
Back rails	Steel: S250GD (EN10346) Finishing: Z275 (EN10326)
Cover type	Laminated of two 3.2 mm float glass

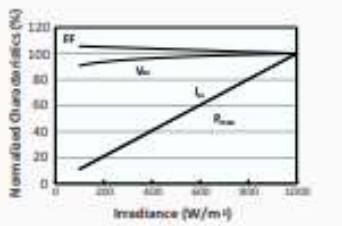
Curve I-V



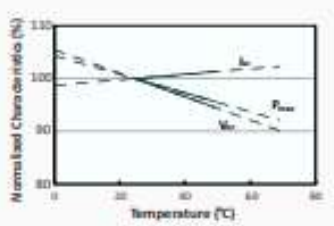
External Quantum Efficiency (EQE)



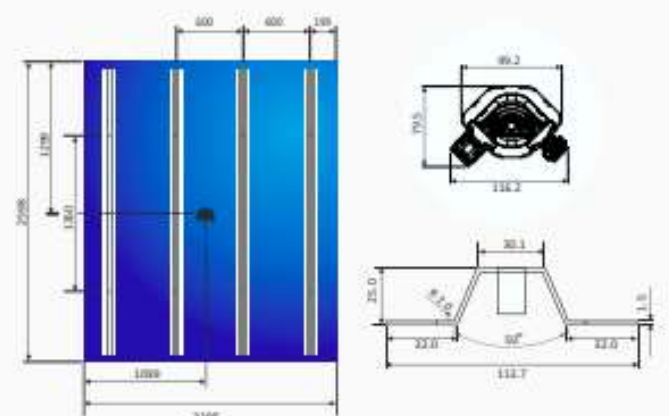
I-V Characteristics vs Irradiance



I-V Characteristics vs Temperature



Dimensional drawing



Tolerance for dimensions is ± 0.3 mm. The maximum tolerance for the rail parallelism is 10 mm. The height of the rail can be 35 mm instead of the 25 mm shown in the cross section on the right. In this case the panel weight with back rails will be 118.4 kg.



SALES OFFICES:
GRUPO T-SOLAR GLOBAL S.A.
 Avda. Arroyo del Santo, 6 – 3rd Floor
 28042 Madrid (SPAIN)
 Tel: +34 91 324 89 00 – Fax: +34 91 742 39 69
 e-Mail: comercial@tsolar.com
 www.tsolar.com

T.Solar reserves the right to change this specification without further notice. This 4.0 version replaces all previous ones.

Nota: Tomado del Contrato de prestación de servicios para el Manejo y Gestión de Paneles Fotovoltaicos entre SOLARIG PERU y RLGA (p.24), por RLGA,2020.

Anexo 2. Tipos de plásticos y como nivel de reciclaje



Nota: Tomado del artículo sobre Tipos de plástico según su facilidad de reciclaje, por National Geographic, 2018.

Anexo 3. Listado de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – AEE

Categoría	
1. Grandes electrodomésticos	7. Juguetes o equipos deportivos y tiempo libre
2. Pequeño electrodoméstico	8. Aparatos médicos y equipos de laboratorio clínico
3. Equipos de Informática y Telecomunicaciones	9. Instrumentos de vigilancia y control
4. Aparatos eléctricos de consumo	10. Máquinas expendedoras
5. Aparatos de alumbrado	11. Paneles fotovoltaicos
6. Herramientas eléctricas y electrónicas	-


Nota: Adaptado del Régimen Especial de Manejo de RAEE (p.17), por MINAM, 2019.

Anexo 4. Porcentaje en las metas de valorización de los productores

Año	Categoría 1 y 2	Categoría 3 y 4	Categoría 5	Categoría 8
2020	4 %	16 %	-	-
2021	7 %	19 %	-	-
2022	10 %	22 %	1%	4%
2023	13 %	25 %	2%	7%
2024	16 %	28 %	3%	10%

Nota: Adaptado del Régimen Especial de Manejo de RAEE (p.13), por MINAM,2019. y de las Disposiciones Complementarias al Régimen Especial de Manejo de RAEE (p.1), por MINAM,2021.

Anexo 5. Análisis de laboratorio del vidrio fotovoltaico de silicio amorfo



Alex Stewart
(International) del Perú S.R.L.

INFORME DE ENSAYO
N° 5079/LI-19

Pág 1 de 1

Ciente

Dirección

Producto descrito por el cliente

Identificación de la muestra

Cantidad recibida

Envase

Características de la muestra

Instrucción de análisis

Fecha de recepción

Inicio de análisis

Termino de análisis

Nuestra referencia

Referencia del cliente

: **SAN ANTONIO RECYCLING SOCIEDAD ANONIMA**

: Av. Los Círculos Nro. 526 Urb. Parcelación Canto Grande
Lima - San Juan de Lurigancho

: **Paneles Solares de Silicio**

: Sin identificación

: 01 Muestra, 630gr. Aprox.

: Bolsa plástica

: Metálica

: Tipo Lote

: 15-11-2019

: 18-11-2019

: 25-11-2019

: Orden de Análisis N° 2108-LI – Cotización N° 10110

: Sin referencia

RESULTADOS:

ASA-1	Ag mg/kg	Al mg/kg	As mg/kg	Ba mg/kg	Bi mg/kg	Ca mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg
62047	<0.5	2294	<1	29	<3	>20000	<1	<1	23	4

ASA-1	Fe mg/kg	Hg mg/kg	In mg/kg	K mg/kg	La mg/kg	Li mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	Mo mg/kg	Na mg/kg
62047	349	<1	<1	1295	<1	<1	14993	30	<1	>20000


ASA-1	Ni mg/kg	P mg/kg	Pb mg/kg	Sb mg/kg	Se mg/kg	Sn mg/kg	Sr mg/kg	Ta mg/kg	Te mg/kg	Ti mg/kg
62047	19	29	149	<1	<1	48	19	<3	<3	138

ASA-1	Tl mg/kg	V mg/kg	W mg/kg	Zn mg/kg	Zr mg/kg	B mg/kg
62047	<2	6	<2	38	31	255

ASA-1	SiO2 %
62047	70.24

MÉTODO:
 ASAPE Método Multielementos ICP
 ASAUJK 120 Determinación de Silicio (Gravimétrico)

Lima, 25 de Noviembre del 2019



Laboratorio de Inorgánica
Lic. Jesús Córdor Montenegro
CQP 653

AMG

Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la cantidad de muestra recibida y ensayada en el laboratorio, no deben ser utilizados como certificación de conformidad con las normas de producto o sistema de calidad.


ADVERTENCIA: La alteración parcial o total de este documento es penalizado por ley. Cualquier corrección sólo podrá ser realizada por Alex Stewart (International) del Perú S.R.L. reemplazándolo por uno nuevo.

ASA-P-T-09

Fom.15.-Rev.07-Jul.19

Nota: Tomado del Contrato de prestación de servicios para el Manejo y Gestión de Paneles Fotovoltaicos entre SOLARIG PERU y RLGA (p.19), por RLGA,2020.

Anexo 6. Procedimiento de Operaciones de Paneles Solares

	PROCEDIMIENTO		Versión: 01
	OPERACIONES		Revisado: José Arana
	- PANELES FOTOVOLTAICOS -		Aprobado: Oscar Espinoza
	Código : SAR-P-022	Fecha: Enero 2021	Página : 1 de 6

1. **OBJETIVO**
Establecer los lineamientos asociados a las diferentes etapas de trabajo en San Antonio Recycling S.A. en relación al manejo de los paneles fotovoltaicos.
2. **ALCANCE**
Se aplica desde el momento de la recepción de los paneles fotovoltaicos hasta la certificación.
3. **DEFINICIONES**

Paneles Fotovoltaicos: Los paneles fotovoltaicos son placas de vidrio y aluminio que tienen como función principal el soportar las celdas fotovoltaicas. Estas celdas son las encargadas de captar la energía de la radiación solar y transformarla en energía eléctrica.

Almacenamiento: Operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo hasta su valorización o disposición final.

Valorización: La valorización tiene como objetivo el aprovechamiento de los residuos o de los materiales que lo componen, para que sirvan como sustituto de otros recursos en los procesos productivos

Relleno Sanitario: Infraestructura y/o instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos. Se ubican en la superficie o bajo tierra, y se basan en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.
4. **DOCUMENTOS RELACIONADOS**
 - 4.1. Registro de ingreso
 - 4.2. Formato de producción diaria
 - 4.3. Balance de materiales
 - 4.4. Informes mensuales
 - 4.5. Certificados
5. **RESPONSABILIDADES**
 - 5.2 **Gerente de Operaciones**
 - a) Aprobar este procedimiento así como otorgar todas las facilidades y medios para su cumplimiento y mejora.
 - 5.3 **Jefe de Planta**
 - a) Revisar los registros de ingreso y los documentos de producción diaria
 - b) Informar a la Gerencia de Operaciones de los resultados de los informes y su evolución.
 - c) Dirigir a los miembros del equipo y solicitar los recursos necesarios para realizar la valorización de paneles fotovoltaicos.
 - 5.4 **Asistente de Planta**
 - a) Actualizar los registro de ingresos de paneles fotovoltaicos a planta
 - b) Digitalizar los formatos de producción diaria en el archivo principal
 - c) Generar informes mensuales con los datos de ingreso y producción

	PROCEDIMIENTO		Versión: 01
	OPERACIONES		Revisado: José Arana
	- PANELES FOTOVOLTAICOS -		Aprobado: Oscar Espinoza
	Código : SAR-P-022	Fecha: Enero 2021	Página : 2 de 6

5.5 Responsable del área de producción

- a) Llevar el registro de producción diaria de manera física y digital
- b) Vigilar la producción previa coordinación con jefe de planta
- c) Reportar accidentes

5.6 Operadores

- a) Quemadores: Calentar las varillas metálicas haciendo uso de sopletes
- b) Apoyo de quemadores: Retirar las varillas metálicas previamente calentadas, con una palanca de fierro
- c) Alimentadores: Responsables de abastecer la línea de trabajo, colocando los paneles fotovoltaicos en el área de producción, de manera que las varillas de metal estén direccionadas hacia arriba
- d) Montacarguista: Responsable de abastecer el área de producción con las paletas de paneles fotovoltaicos, se realiza el traslado desde el área de almacenamiento hasta el área de producción. También se encarga de realizar la descarga de los camiones

6. DESARROLLO

6.1. REGISTRO E INGRESO DE VEHICULOS

a. DESINFECCION

Los vehículos arriban a las instalaciones de SAR ubicada en Mza. E Lote 2 Sector Quebrada el Lúcumo Lt 4 y 5 – Lurín.

De acuerdo al Plan para la Vigilancia, Prevención y Control de COVID-19 en el trabajo de San Antonio Recycling S.A. en el punto 9.6. **Medidas de protección personal**, en la recepción de materiales se realizará la desinfección del vehículo haciendo uso de un aspersor con una dilución de hipoclorito de sodio (200ml de hipoclorito de sodio por 1 litro de agua), desde la mitad hasta las llantas, rodeando todo el vehículo.


b. CONTROL DE DOCUMENTOS

Se solicitan las guías de remisión, las guías de transporte y los documentos del conductor para realizar el registro del ingreso de la unidad.

Se realiza la verificación de los siguientes datos: fechas, dirección de partida, dirección de llegada, número de paletas, placas de las unidades y la información de los conductores. En caso se presente una disconformidad se notificara mediante correo al cliente.

c. TARA Y DESTARA

El camión ingresa a las instalaciones de SAR y es ubicado en la balanza, se realiza el pesaje y se procede con la descarga, una vez finalizada la descarga se realiza la destara con el camión vacío. Generándose un ticket de peso.

	PROCEDIMIENTO		Versión: 01
	OPERACIONES		Revisado: José Arana
	- PANELES FOTOVOLTAICOS -		Aprobado: Oscar Espinoza
	Código : SAR-P-022	Fecha: Enero 2021	Página : 3 de 6

6.2. DESCARGA Y ALMACENAMIENTO

a. DESCARGA Y CODIFICACION DE PALETAS

Se utiliza un montacargas de 7Tn para realizar la maniobra de descarga de dos paletas en simultaneo.

Cada ingreso recibe un número de lote único e irrepitible que los identifica, adicionalmente se codifica cada paleta, el código de barra asignado responde al número de lote, lugar y número de paleta. Esta metodología permite la trazabilidad de los datos de cada ingreso, logrando un mejor control de los materiales y datos.

b. ALMACENAMIENTO

Una vez codificadas, las paletas son ubicadas en el área de almacenamiento. El almacenamiento se realiza en dos niveles (una paleta sobre otra).

6.3. PROCESAMIENTO

a. UBICACIÓN

Se procede a desplazar las paletas desde el área de almacenamiento al área de procesamiento y son colocadas tanto en el margen derecho como en el izquierdo.

b. TRATAMIENTO

Colocación, consiste en ubicar los paneles fotovoltaicos de manera que la estructura metálica este direccionada hacia arriba

Segregación, consiste en la separación de la estructura metálica utilizando calor y el conector de plástico con fuerza mecánica.

Acondicionamiento de las partes segregadas, operaciones que se realizan con las partes de los paneles fotovoltaicos, con el fin de reducir el volumen y permitir una mejor manipulación y almacenamiento. La parte metálica es acondicionada en paletas, los conectores de plástico en cilindros y los paneles de vidrio son apilados.

Los materiales ya acondicionados son pesados y registrados

c. ESCANEADO DE CODIGO DE BARRAS y REISTRO DE COMODITIES

Se realiza el escaneado del código de barra de las paletas que tienen la totalidad de los paneles fotovoltaicos procesados, eso quiere decir que son las paletas sin paneles fotovoltaicos.

	PROCEDIMIENTO		Versión: 01
	OPERACIONES		Revisado: José Arana
	- PANELES FOTOVOLTAICOS -		Aprobado: Oscar Espinoza
	Código : SAR-P-022	Fecha: Enero 2021	Página : 4 de 6

adicionalmente se registran los pesos de comodities: vidrio, conectores de plástico, partes metálicas y madera.

6.4. SALIDA DE MATERIALES

a. VALORIZACION

Las varillas de metal son acondicionados en paletas para su posterior valorización en el mercado nacional. Se realiza el almacenamiento de mínimo 30 Tn para su salida.

b. DISPOSICIÓN FINAL

Los conectores plásticos y el vidrio de los paneles solares son almacenados para su disposición final en un relleno sanitario al ser materiales sin posibilidad de valorización.

Nota: Elaboración propia

Anexo 7. Instructivo para el Tratamiento de Paneles Fotovoltaicos

	INSTRUCTIVO TRATAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	San Antonio Recycling S.A.
		Fecha: 2021 / REV. 01 / Ver. 01
		SAR - I - 030
		Página 1 de 3

INSTRUCTIVO TRATAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	
INFORMACIÓN GENERAL	
Los paneles fotovoltaicos o paneles solares son dispositivos que captan los rayos del sol para posteriormente convertirlos en electricidad. En su mayoría están hechos de silicio.	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Soplete • Balón de gas 	<ul style="list-style-type: none"> • Palancas de metal / Cíncel • Montacargas
EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL (EPPS)	
<ul style="list-style-type: none"> • Guantes de cuero • Mangas • Casco 	<ul style="list-style-type: none"> • Mascarillas • Lentes oscuros / Lentes claros • Zapatos de seguridad
TRATAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	
1. Se coloca los paneles de manera que las barras de metal estén direccionadas hacia arriba.	



 <p>SAR SAN ANTONIO Recycling</p>	<p>INSTRUCTIVO TRATAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS</p>	<p>San Antonio Recycling S.A. Fecha: 2021 / REV. 01 / Ver. 01 SAR - I - 030 Página 2 de 3</p>
<p>2. Con la ayuda de un cincel se retira el conector de plástico ubicado en el medio del panel. Y son colocadas en una saca para almacenarlas.</p>		
<p>3. Se calienta las barras de metal con ayuda del soplete y Se retira las barras de metal utilizando palancas de fierro.</p>		
<p>4. Se dejan enfriar las barras de metal para colocarlas en una paleta de madera para almacenarlas.</p>		

 SAR SAN ANTONIO Recycling	INSTRUCTIVO TRATAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS	San Antonio Recycling S.A.
		Fecha: 2021 / REV. 01 / Ver. 01
		SAR – I – 030
		Página 3 de 3

<p>5. Los vidrios son retirados del área de producción para almacenarlos en el área de producto terminado para su disposición final. (Relleno Sanitario)</p>	
--	--

Nota: Elaboración propia

Anexo 8. Formato de etiqueta de recepción

 SAR SAN ANTONIO Recycling		INVENTARIO 2021
	001REPA0001	- - - - -> # Viaje - - - - -> Lugar - - - - -> # Paleta
PANELES SOLARES		

Nota: Elaboración propia

Anexo 11. Índice del informe mensual



SAR
SAN ANTONIO
Recycling

t 01 719 6826
Av. Los Ciruelos 540, Urb. Canto Grande
San Juan de Lurigancho, Lima-Perú
www.sar.pe

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES
2. OBJETIVO
3. MARCO LEGAL
4. PROCESO DE GESTIÓN Y MANEJO
 - 4.1 REGISTRO E INGRESO DE VEHICULOS
 - 4.2 DESCARGA Y ALMACENAMIENTO
 - 4.3 PROCESAMIENTO
 - 4.4 DISPOSICION FINAL DE COMPONENTES VALORIZABLES Y NO VALORIZABLES
5. MATERIALES RESULTANTES DEL TRATAMIENTO DE RAEE
6. ANEXO

Nota: Elaboración propia

Anexo 12. Formato de la matriz de Identificación y Valoración de Aspectos Ambientales

PROCESO ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DEL ASPECTO		CATEGORÍA AMBIENTAL	TIPO	Evaluación de Impacto Ambiental	Evaluación de Riesgo Ambiental	EVALUACIÓN DEL RIESGO DE SPM	EVALUACIÓN DE LA SENSIBILIDAD			CUMPLIMIENTO LEGAL	CONTROL OPERACIONAL	
	ASPECTO AMBIENTAL (AA)	IDENTIFICACIÓN & DESCRIPCIÓN DEL AA						IMPACTO AMBIENTAL	MANEJO DEL IMPACTO	CLASIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL		SENSIBILIDAD DEL IMPACTO AMBIENTAL	REVISIÓN INTERNA

Nota: Elaboración propia

Anexo 13. Guía de remisión del remitente y Guía de transporte

SOLARIG PERU SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

**GUÍA DE REMISIÓN
ELECTRÓNICA - REMITENTE
RUC: 20602427111
EG01-453**

DATOS DEL INICIO DEL TRASLADO

Fecha de Emisión : 2021-07-10
 Fecha de entrega de bienes al transportista : 2021-07-10
 Motivo de traslado : Traslado de bienes para transformación
 Modalidad de transporte : Transporte Público
 Tipo de Traslado : No Transbordo Programado
 Peso Bruto Total de la Guía (KGM): 26000

DATOS DEL DESTINATARIO

Apellidos y nombres, denominación o razón : SAN ANTONIO RECYCLING SOCIEDAD ANONIMA
 Documento de identidad : 20524269873

DATOS DEL TRANSPORTISTA

Número de Ruc	Razón Social
20453942806	GRUPO BUENA VISTA S.R.L.

DATOS DEL PUNTO DE PARTIDA Y PUNTO DE LLEGADA

Dirección del punto de partida : 040520 - ASENTAMIENTO D4 MAJES AREQUIPA
 Dirección del punto de llegada :

DATOS DE LOS BIENES

Nro	Cod. bien	Descripción	Unidad de Medida	Cantidad
1	01	PALLETS PANELES EN DESUSO	NIU	10

Observaciones: PALLETS: DEL M-1901 AL M-1910; MARCA: PETERBILT PLACA TRACTO:A6A-862, PLACA CARRETE:Z10-990.





Fecha: 10/07/2021
Hora: 12:05

GRUPO BUENA VISTA S.R.L.
 CALLE CHILLO MZA A LOTE 13
 URB. ENTEL PERU
 TELF.: 054-273968 CEL.: 99311411
 AREQUIPA-AREQUIPA-YANAHUARA
 www.grupobuenvista.com

BuenaVista TRANSPORTES

BAC

LL-C

Nº REG. MTC 0402867CNG
 R.U.C. 20453942806
GUIA REMISION - TRANSPORTISTA
 001 Nº 005723

Fecha de Emisión: 12/07/2021 Fecha de Traslado: 12/07/2021

COMIENZOS DE PARTIDA: 13:00 hrs. DESTINATARIO: 13:00 hrs.

REMITENTE: DESTINATARIO: 13:00 hrs.

APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL: 13:00 hrs. APELLIDOS Y NOMBRES / RAZÓN SOCIAL: 13:00 hrs.

RUC: 13:00 hrs. RUC: 13:00 hrs.

CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PESO	COSTO UNITARIO DEL TRANSACC.
10	MALES	RAEE PANELES SOLARES (MALES)	23650	

SAN ANTONIO RECYCLING S.A.
RECEPCIÓN
 12 JUL 2021
 Hora: 11:27
 Firma: _____
 NO NECESARIAMENTE CONFORME

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE TRANSPORTE Y CONDUCTOR:
 UNIDAD: 13:00 hrs. PLAF: 13:00 hrs. PLACETA: 13:00 hrs.

DATOS DE LA EMPRESA TRANSPORTISTA:
 RUC: 13:00 hrs.

JMAS IMPRESIONES GRAFICAS S.C.R.L.
 R.U.C. 20446540230 Sede Virreyes 481 Tsc.123
 Av. SUNAT 1000930053 T.L. 9321-03-28
 Dni. 001-025501 o 005730

RECIBI CONFORME TRANSPORTISTA RECIBI CONFORME DESTINATARIO

SUNAT

Anexo 14. Ticket de Peso

SAN ANTONIO RECYCLING S.A.
 Telf. 8056626 Mov. 992656777

TICKET DE PESAJE Nº: 639
 Flaca: 46A962 Conductor: BEDREGAL CONDORI JONATHAN
 Producto: RAEE PANELES SOLARES (MALES) (10)
 Cliente: SOLARIG PERU SAC

AREA DE PESAJE

1º Peso: 39750 12/07/2021—11:02:40
 2º Peso: 16100 12/07/2021—11:27:06

Peso Neto: 23650

Operator: SISTEMA