

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL GASODUCTO DE PERÚ LNG”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL**

BACH. HATZEL MILAGROS ORTIZ BONETT

LIMA – PERÚ

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**“INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL DEL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL GASODUCTO DE PERÚ LNG”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERA FORESTAL**

BACH. HATZEL MILAGROS ORTIZ BONETT

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Ethel Rubín de Celis Llanos, Dra.
PRESIDENTE

Ing. Rosa María Hermoza Espezúa
MIEMBRO

Mg.Sc. Joao Diego Freitas Córdova
MIEMBRO

Ing. Juan Carlos Ocaña Canales
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Luz y Francisco, por siempre darme su apoyo, comprensión y un inmenso amor.

A mis hermanitas Yasbel, Solange y Sharon por todo su cariño.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a:

A mis queridos amigos Carlos Garnica y Juan Carlos Ocaña por siempre darme el empujoncito necesario para titularme.

Al Ing. Víctor Barrena por darme la oportunidad de iniciarme en el mundo de la teledetección y el SIG, en el Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG (LTA) de Facultad de Ciencias Forestales.

A Hugo por darme calma y tranquilidad cuando se me pierden.

A PERÚ LNG por permitirme hacer uso de la enriquecedora experiencia resultantes de los años de evaluación.

A Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC por la oportunidad y la responsabilidad puesta en mí, que me ha permitido mejorar en mi desarrollo profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
PRESENTACIÓN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Aspectos generales	2
1.1.1 Descripción general CANDES	2
1.1.2 Ubicación	3
1.1.3 Actividad	3
1.1.4 Misión y visión	4
1.1.5 Organización	4
1.2 Descripción general de la experiencia	5
1.2.1 Actividad desempeñada experiencia del proceso de interpretación de imágenes	5
1.2.2 Nombre original del producto	6
1.2.3 Resultados obtenidos	6
II. FUNDAMENTOS Y METODOLOGÍA	7
2.1 Antecedentes Perú LNG	7
2.2 Fundamentos del Proceso de interpretación de imágenes de satélite para Perú LNG	8
2.2.1 Interpretación de imágenes de satélite	8
2.2.1.1 Criterios y Elementos para la interpretación	9
2.2.1.2 Interpretación visual	11
2.3 Metodología usada	13
2.3.1 Ubicación del área de estudio	13
2.3.1.1 Ubicación de la zona de evaluación	13
2.3.1.2 Ámbito de trabajo	14
2.3.2 Materiales y equipos	14
2.3.2.1 Imágenes de satélite	14

2.3.2.2	Cartografía digital	15
2.3.2.3	Programas informáticos	16
2.3.2.4	Equipos	16
2.3.3	Secuencia metodológica	17
2.3.3.1	Reuniones de coordinación y supervisión de los avances	17
2.3.3.2	Personalización del ambiente de trabajo	17
2.3.3.3	Tratamientos de imágenes de satélite	18
2.3.3.4	Combinaciones de bandas utilizadas	19
2.3.3.5	Creación del archivo temático en ambiente SIG	20
2.3.3.6	Sistema de clasificación de la cobertura vegetal	21
2.3.3.7	Interpretación de imágenes de satélite	23
2.3.3.8	Actividades post interpretación	28
III.	APORTES Y DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA	33
3.1	Aportes o resultados	33
3.2	Desarrollo de experiencias	39
IV.	CONCLUSIONES	42
V.	RECOMENDACIONES	43
VI.	BIBLIOGRAFÍA	44
VII.	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de imagen usada por año	15
Tabla 2: Estructura de la base de datos interna del shapefile	20
Tabla 3: Sistema de clasificación	22
Tabla 4: Superficie por cada unidad interpretada del mapa de cobertura año 2019	34
Tabla 5: Superficie por cada unidad interpretada del mapa de cobertura año 2019 dentro del DdV	36
Tabla 6: Superficie por la clase General del mapa de cobertura	37
Tabla 7: Superficie por la clase General del mapa de cobertura en el Derecho de Vía	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la empresa CANDES	4
Figura 2: Equivalencias de un centímetro a diferente escala (adaptado de FAO, 2000)	12
Figura 3: Foto de sobrevuelo y foto a nivel del suelo	12
Figura 4: Ubicación de la zona de evaluación	13
Figura 5: Ubicación del ámbito de trabajo	14
Figura 6: Foto de sobrevuelo y foto a nivel del suelo	18
Figura 7: Ejemplos de realces	19
Figura 8: Ejemplos de combinación de bandas	19
Figura 9: Ejemplos de combinación de bandas	21
Figura 10: Imagen sin interpretar vs imagen interpretada	24
Figura 11: Ejemplo de cobertura de lagunas y ríos	25
Figura 12: Bosques Nativos	25
Figura 13: Pastos nativos	26
Figura 14: Arbustos en recuperación	26
Figura 15: Bofedal	27
Figura 16: Estaciones de PLNG	27
Figura 17: Detección de nuevo camino en KP 95	29
Figura 18: Detección de cambios en arbustos en KP 38	30
Figura 19: Detección de nuevo camino en KP 20	31
Figura 20: Flujo del proceso de interpretación	32
Figura 21: Comparación de dos años de interpretación	41

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Descripción de las diferentes clases de cobertura vegetal

46

RESUMEN

El presente documento tiene por finalidad describir el proceso de interpretación y análisis de imágenes satelitales de alta resolución, con la finalidad de monitorear la cobertura vegetal del área de influencia del gaseoducto de PERÚ LNG. Este proceso fue llevado a cabo por Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC (CANDES), y que ha estado a mi cargo desde el 2013 hasta la fecha. Los resultados detallan las condiciones en las que se encuentran los diversos componentes del paisaje sobre el Derecho de Vía del gasoducto de PERÚ LNG y su área de influencia. Por lo tanto, sirven de referencia para la planificación de actividades y trabajos de biorrestauración realizados como parte de los compromisos y responsabilidades que tiene la empresa Perú LNG con el medio ambiente. El capítulo 1 presenta brevemente a la empresa CANDES y describe de la experiencia de trabajo con PERÚ LNG. El capítulo 2 describe las acciones y proceso metodológico usado para la interpretación y análisis de imágenes satelitales. Mientras que el capítulo 3 se centra en los aportes, resultados y conclusiones del trabajo realizado.

Palabras clave: Alta resolución, monitoreo de vegetación, gaseoducto, PERÚ LNG

ABSTRACT

This document aims to describe the experience in the process of interpreting and analyzing high-resolution satellite imagery to monitor the vegetation cover of the influence area of the PERÚ LNG gas pipeline. Conducted by *Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC*, under my leadership from 2013 to date. The results provide a detailed description of the conditions in which the various components of the landscape are found on the Right of Way of the PERÚ LNG gas pipeline and its area of influence. Then, results serve as a reference for activity planning and bio-restoration works carried as part of the commitments and responsibilities that Peru LNG has with the environment. Chapter 1 briefly introduces the company CANDES and provides an overview of the working experience with PERU LNG. Chapter 2 describes the actions and methodological process used for the interpretation and analysis of satellite imagery. While chapter 3 focuses on the contributions, results, and conclusions of the work carried out.

Keywords: High-resolution, vegetation monitoring, gas pipeline, PERU LNG

PRESENTACIÓN

El presente trabajo resume mi experiencia profesional como especialista SIG, teledetección forestal y recursos naturales, la cual se inicia el año 2006 con mi ingreso al equipo profesional del Proyecto UNALM-ITTO PD 251/03 “Evaluación de las existencias comerciales y estrategia para el manejo sostenible de la caoba en el Perú” de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, conocido como el “Proyecto Caoba” en donde, además, de los trabajos de evaluación en campo, laboré en el área SIG del proyecto, alimentando la base de datos espacial con información levantada en los trabajos de campo, y elaborando los mapas para las brigadas de campo y donde desde el 2013 pase a ser la especialista en cartografía del proyecto. Desde el 2007 como parte del equipo del Laboratorio de teledetección aplicada y SIG de la Facultad de Ciencias Forestales, inicie trabajos relacionados a la teledetección y el proceso de interpretación de imágenes de satélite, el cual va desde la descarga, hasta la elaboración del mapa final resultante de la interpretación. Entre los trabajos más resaltantes realizados con el LTA, tenemos: el Atlas de los Andes del Norte y Centro para la Comunidad Andina (CAN), análisis de cambio de cobertura forestal de la Región San Martín periodo 2000 – 2005 – 2010, análisis de la deforestación histórica de Cusco y la actualización del mapa de patrimonio forestal que se realizó en consorcio con las empresas EDG y CANDES, con esta última empresa vengo trabajando como consultora hasta la fecha, y me encuentro encargada del área SIG de la empresa, entre las actividades a mi cargo están la elaboración de la cartografía para las diversas consultorías, mapas de campo y base de datos. Entre las consultorías realizadas podemos mencionar: Revisión y ajuste del mapa de cobertura vegetal escala 1/100000 para el Ministerio del Ambiente, elaboración del mapa y caracterización del bosque seco interandino para el Ministerio del Ambiente, mapa de vegetación del ámbito de estudio del monitoreo de fauna con cámaras trampa para WWF, mapa forestal de San Martín para PNUD – DCI, mapa agroforestal y silvopastoril de Ucayali para PNUD - SERFOR.

De los trabajos realizados, dos de ellos se han expuesto en el Simposio Internacional SELPER (Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial), el primero en SELPER Colombia 2014, sobre la experiencia de la Elaboración de una base de datos espacial para la evaluación de las poblaciones comerciales de caoba y cedro en el Perú, en base

a la experiencia en el Proyecto Caoba. El segundo fue para SELPER Argentina 2016, con el tema; Uso de vehículos aéreos no tripulados (drones) como respaldo en la interpretación de bosques ribereños en la Reserva Nacional San Fernando, Perú. En base a los trabajos de evaluación en la RN San Fernando. El primero fue publicado como artículo en la revista UD y la Geomática, y el segundo fue publicado en las memorias del simposio.

Durante gran parte de mi desempeño profesional, he realizado diversos trabajos en teledetección con énfasis en la interpretación visual de imágenes satelitales, elegí el tema del presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP), el cual es una sistematización de la experiencia realizada por varios años consecutivos y que se realizará hasta el 2023 debido a la completa satisfacción de la empresa contratante, el cual ha enriquecido en gran medida mi experiencia profesional.

El TSP se titula: "Análisis e Interpretación de Imágenes Satelitales Para la Determinación de la Cobertura Vegetal en el Área de Influencia del Gasoducto de Perú LNG", describe el proceso y la metodología utilizados en la interpretación de imágenes de satélite para las evaluaciones del área de influencia del gaseoducto de Perú LNG. Se describe la labor realizada durante los años 2013 al 2019, años en los cuales trabajé como especialista en teledetección y estuve a cargo y lideré el proceso de la interpretación de imágenes de satélite, así como de la capacitación y supervisión de los otros intérpretes que colaboraron en el trabajo realizado. Además, a mi cargo estaba la revisión final de la interpretación y presentación del producto final. Este trabajo fue realizado por la empresa Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC. (CANDES)

I. INTRODUCCIÓN

Con una longitud de 408 kilómetros, el gasoducto de PERÚ LNG atraviesa 100 kilómetros de desierto costero y 308 kilómetros de grandes montañas en la cordillera de los Andes en donde llega a su punto más alto en los 4,901 metros sobre el nivel del mar. El gasoducto permite llevar el gas natural hasta la planta de licuefacción en la costa y está completamente enterrado a una profundidad aproximada de un metro.

Como parte de los compromisos de PERÚ LNG con la protección del medio ambiente cuenta con un Plan de Manejo de Biorestauración, cuyo objetivo es restablecer la vegetación a su estado original luego de haber culminado con los trabajos de instalación del gasoducto para así evitar problemas de erosión y a su vez conservar la ecología del lugar, razón por la cual se requiere realizar estudios sobre la cobertura actual existente en el derecho de vía del gaseoducto y su área de influencia.

Es así que para PERÚ LNG es importante monitorear los avances y resultados de la biorestauración. Es en ese sentido que se requiere realizar un estudio sobre la cobertura vegetal actual existente en el derecho de vía del gasoducto y en su área de influencia, hasta el KP 280.

El presente documento muestra el trabajo realizado por Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC (CANDES) desde el año 2011 con PERÚ LNG y en el cual mi persona participa desde el 2013 hasta la actualidad, para el monitoreo de la zona de influencia del gaseoducto mediante la interpretación visual de imágenes de satélite de alta resolución, y la determinación de la cobertura vegetal en el ámbito del derecho de vía del gasoducto de PERÚ LNG. En este documento, se describe el proceso metodológico de interpretación y se mencionan las actividades realizadas para estandarizar los criterios de interpretación que hacen replicable el trabajo año a año se hará énfasis en los resultados acumulados al año 2019 y describirá el proceso de interpretación visual de imágenes de satélite de alta resolución.

El presente trabajo describe el proceso de interpretación visual del gaseoducto PERÚ LNG que va desde la interpretación visual hasta el análisis de la cobertura vegetal:

Siendo el objetivo general del estudio:

El analizar e interpretar imágenes satelitales de alta resolución, tomadas durante el año a analizar y proporcionar una descripción detallada de las condiciones en las que se encuentran los diversos componentes del paisaje sobre el Derecho de Vía del gasoducto de PERÚ LNG y su área de influencia.

Y como objetivos secundarios:

La estandarización de los procesos y la metodología de interpretación de las imágenes de alta resolución.

Y la presentación de los cambios más resaltantes del resultado del trabajo de interpretación realizada en comparación a años anteriores, en este trabajo se dará énfasis al año 2019.

1.1 Aspectos generales

1.1.1 Descripción general CANDES

Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo – CANDES, es una empresa consultora fundada en junio del 2004, con el compromiso de contribuir al progreso del país a través de la investigación, promoción y difusión de las actividades de conservación de los recursos naturales a nivel nacional.

CANDES cuenta con más de 15 años de trabajo en el manejo, evaluación y valoración de los recursos naturales trabajando en base a un enfoque innovador en temas de conservación, logrando armonizar la idea de conservación con modelos empresariales modernos, a través de la participación de un equipo multidisciplinario de profesionales.

La empresa cree firmemente que sólo a través del desarrollo de la conciencia ambiental, se podrán establecer compromisos por parte de la sociedad civil y promover la responsabilidad empresarial en temas de conservación.

Los esfuerzos de CANDES están orientado a fomentar, impulsar y establecer negocios basados en el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales, así como a disminuir y eliminar el riesgo ambiental en procesos de desarrollo emprendido por empresas y comunidades en nuestro país e implementar investigaciones y asesorías socioculturales y económicas que requieran de un énfasis ambiental.

1.1.2 Ubicación

Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC, empresa peruana, cuenta con un domicilio fiscal ubicado en la ciudad de Lima, en la calle Rodin 129, distrito de Surquillo. Su ámbito de acción es a nivel nacional con mayor énfasis en la amazonia.

1.1.3 Actividad

Las actividades de CANDES se dividen en 4 áreas de especialización:

Evaluación de recursos naturales, con 6 líneas de acción específicas: Inventarios forestales, desarrollo de línea de base biológica, monitoreo biológico, estudio poblacional, caracterización de flora y fauna silvestre, evaluación de fauna silvestre y elaboración de planes de manejo.

Elaboración y análisis de información cartográfica, con 4 líneas de acción específicas: Elaboración de cartografía base y temática, interpretación de imágenes de satélite, desarrollo de base de datos cartográficos y evaluación y monitoreo de recursos naturales con drones.

Desarrollo turístico, con 5 líneas de acción: Diagnostico y potencialidad de áreas turísticas, diseño de productos turísticos, inventario y caracterización de recursos y atractivos turísticos, análisis y manejo de impactos del turismo y elaboración de planes de desarrollo turístico.

Evaluación socioeconómica de recursos naturales y servicios ecosistémico, con 5 líneas de acción específicas: Estudios de valoración económica, elaboración de planes de negocio, estudios de cadena de valor, formulación de proyectos de inversión pública y elaboración de línea base social.

1.1.4 Misión y visión

Misión

Diseñar, ejecutar y difundir actividades de conservación de los recursos naturales, buscando el equilibrio adecuado entre protección y aprovechamiento, teniendo en cuenta la participación de la población.

Visión

Ser la primera organización privada peruana de planificación y aprovechamiento de los recursos naturales de manera económica, ambiental y socialmente sostenible.

1.1.5 Organización

Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC es una empresa consultora de sociedad cerrada, especializada en el manejo, evaluación y valoración de los recursos naturales. La organización de la empresa puede apreciarse en el siguiente organigrama, ver Figura 1.

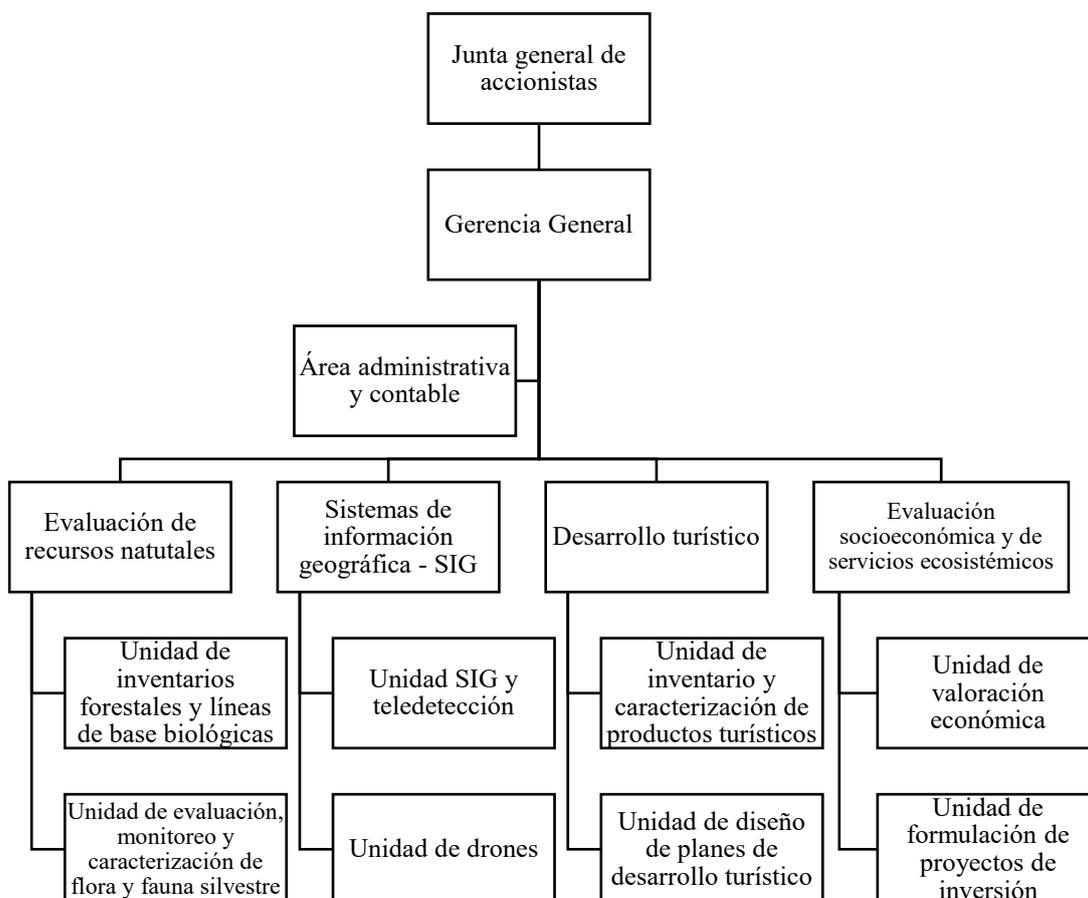


Figura 1: Organigrama de la empresa CANDES

Fuente: Elaboración propia

1.2 Descripción general de la experiencia

1.2.1 Actividad desempeñada experiencia del proceso de interpretación de imágenes

El trabajo con Perú LNG se ha venido desarrollando desde el año 2011 hasta la actualidad siendo la última versión entregada el año 2019 con el trabajo de interpretación a cargo de la empresa CANDES, en el año 2013 inicio mi participación como parte del equipo en el proceso de interpretación y análisis. La calidad del servicio a convertido a CANDES en un proveedor permanente.

El cargo desempeñado en este trabajo es el de especialista en teledetección, además, lideré el proceso de la interpretación de imágenes de satélite, realizando actividades como son la capacitación de otros intérpretes, la revisión general del trabajo, estandarización de criterios y la edición de la interpretación de otros profesionales. La metodología usada y la experiencia en el proceso de interpretación ha logrado que esta tenga una alta replicabilidad.

Las actividades de análisis e interpretación de imágenes de alta resolución para el área de influencia del gaseoducto, se realizan cada año con la finalidad de monitorear los resultados del trabajo de recuperación de la vegetación que realiza Perú LNG en el marco de su estudio de impacto ambiental, de manera que se pueda ver las áreas que necesitan algún tratamiento para su recuperación, así como los resultados positivos de las labores de biorestauración realizadas, cumpliendo así las metas trazadas. Esta actividad se ve concretada en una exposición final con el equipo de PERÚ LNG encargado del monitoreo y las actividades de recuperación del derecho de vía y área de influencia del gaseoducto, en esta exposición se señalan las áreas donde los cambios han sido más saltantes, como son las áreas recuperadas y en recuperación, cambios de interés como nuevas áreas agrícolas y caminos. Dentro de las categorías de cobertura en recuperación, se pone mucho énfasis en el ecosistema de bofedales, ya que por su fragilidad es muy importante poder ver los progresos en su recuperación, ya que supone esfuerzos adicionales para que ésta pueda darse.

Como resultado cada año se realiza el análisis de los cambios en la cobertura del área de evaluación, de esta forma se tiene un registro de las variaciones de estas coberturas, es decir se cuantifica las áreas en recuperación, y se realiza la comparación con los años anteriores al año en que se realiza la evaluación.

Una de las actividades más importantes a realizar, es la capacitación de los nuevos interpretes para lograr un entendimiento homogéneo de las coberturas a clasificar, manejo de la tabla de atributos y asignación de las clases de cobertura, así como el entendimiento de la leyenda a utilizar. Cada año que se ha realizado el trabajo de interpretación se ha tenido por lo menos un nuevo interprete a quien capacitar. La importancia del entrenamiento de los nuevos interpretes radica en obtener un producto con los mismos criterios, y siguiendo las mismas pautas en el tratamiento de las imágenes de satélite, como son reales y combinaciones de bandas, además de usar una misma escala de interpretación. La importancia de esta parte del trabajo es la formación y el incremento de experiencia de profesionales en teledetección.

1.2.2 Nombre original del producto

El producto elaborado para Perú LNG fue: “Consultoría para el Análisis e Interpretación de Imágenes Satelitales para la Determinación de la Cobertura Vegetal en el Área de Influencia del Gasoducto de Perú LNG para el año 2019 Resultados obtenidos”. El cual fue elaborado por la empresa Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC en colaboración técnica con el Laboratorio de Teledetección aplicada y SIG – FCF UNALM.

1.2.3 Resultados obtenidos

El principal resultado obtenido es el análisis de la cobertura vegetal del área de influencia del gaseoducto para cada año desde el 2011. Entre otros resultados, podemos mencionar que se ha consolidado una metodología de interpretación de imágenes satelitales de alta resolución, así como las pautas para su replicabilidad año tras año y la formación de intérpretes en teledetección con uso en recursos naturales.

II. FUNDAMENTOS Y METODOLOGÍA

2.1 Antecedentes Perú LNG

PERÚ LNG es una empresa peruana constituida en el año 2003. Su accionista mayoritario y operador es Hunt Oil Company, compañía con sede en Texas, Estados Unidos, considerada una de las principales empresas independientes de petróleo y gas natural a nivel mundial.

PERÚ LNG está comprometido a contribuir de manera positiva y a largo plazo con la estructura económica y social del país y con las comunidades en las que opera. Dicho compromiso involucra cumplir con altos estándares ambientales y de seguridad, demostrando un comportamiento íntegro en el desarrollo de las operaciones y respetando las costumbres y leyes locales. Además, el proyecto desarrolla programas de responsabilidad social que permiten crear oportunidades de crecimiento sostenible y programas de responsabilidad ambiental que cuidan los recursos naturales.

En el año 2006, PERÚ LNG inició el proceso de Adquisición del Derecho de Vía (DDV) para la extracción de gas a través de un gasoducto conectado al ya existente de TGP, que transportará el gas natural desde la estación de medición ubicada en Chiquintirca, en los Andes de Ayacucho hasta la Planta de LNG ubicada en la costa en el kilómetro 170 de la Panamericana Sur. El proceso de Adquisición del Derecho de Vía involucra una cuidadosa fase de información y consulta antes del inicio de las negociaciones dirigidas a adquirir los derechos de ocupación y paso por las tierras de las comunidades, propiedades privadas y terrenos del Estado sobre las que se instala el gasoducto.

PERÚ LNG ha desarrollado pautas a seguir en el marco del Programa de Negociación de Acuerdos para el Uso de Tierras (Compensación y Servidumbre) de acuerdo con la Evaluación de Impacto Ambiental y Social (EIA), la legislación nacional peruana y las normas internacionales.



Con el compromiso de administrar responsablemente el medio ambiente y los recursos naturales, PERÚ LNG maneja el gasoducto conforme a los estándares nacionales e internacionales de protección ambiental, incluyendo los reglamentos de la Corporación Financiera Internacional (IFC) y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

PERÚ LNG está comprometido con la protección del medio ambiente en el que opera, de manera segura y responsable. Reconoce y acepta su papel en el desarrollo y la protección de los recursos teniendo en cuenta las necesidades y expectativas ambientales, económicas y sociales del país.

El gasoducto de PERÚ LNG atraviesa 408 kilómetros de terreno de diversas condiciones. Se identificó la ruta que represente el mínimo impacto ambiental, social y de seguridad al cruzar las áreas más estables desde el punto de vista geotécnico. En tal sentido, PERÚ LNG trabaja con un equipo de expertos en temas ambientales, sociales y arqueológicos que implementan programas y monitoreos para manejar la conservación ambiental a lo largo del gasoducto.

En el año 2011 PERÚ LNG contrata a la empresa Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC (CANDES) para realizar el estudio “Análisis e Interpretación de Imágenes Satelitales para la Determinación de la Cobertura Vegetal en el Área de Influencia del Gasoducto de Perú LNG” para el año en mención, trabajo que continúa realizándose hasta la actualidad.

2.2 Fundamentos del Proceso de interpretación de imágenes de satélite para Perú LNG

2.2.1 Interpretación de imágenes de satélite

Los métodos para la interpretación visual de imágenes de satélite son muy similares a los métodos desarrollados para interpretar fotografías aéreas desde hace 100 años. Al usar elementos como tono, textura, forma, patrones y relaciones entre objetos, un intérprete puede identificar muchas características en una imagen. (CBC y AMNH, 2004).

García *et al.* (s.f) señalan que para el análisis visual de imágenes de satélite se tienen en cuenta criterios de análisis propios de la fotointerpretación. Estos criterios permiten discriminar cambios con un comportamiento espectral similar, pero con un significado temático diferente.

2.2.1.1 Criterios y Elementos para la interpretación

De acuerdo a Chuvieco (1990, citado por Malleux, en prensa), Garcia et al (s/f), Lillesand (1987, citado por Malleux, en prensa) y Serafini (2005), los criterios y elementos de interpretación que deben trabajarse en conjunto y de manera integrada en el proceso de interpretación visual son los siguientes:

- a. **Forma:** La forma es una de las primeras características discriminantes, usadas cuando se interpreta visualmente una imagen. Las características totales del límite de un objeto junto con el tamaño del objeto permiten que muchos objetos sean reconocidos.

Este elemento permite reconocer en las imágenes, objetos de carácter individual, tales como: aeropuertos, hipódromos, parques industriales, cuerpos de agua (lagos, lagunas), rasgos geológicos, (lineamientos, coladas volcánicas). Las formas lineales, irregulares o rectilíneas, permiten separar cursos de agua naturales (ríos o arroyos) de cursos artificiales (canales).

- b. **Tono:** Hace referencia a la intensidad de energía registrada por el sensor en una determinada banda. Esta energía reflejada por una superficie, depende de la naturaleza físico-química del objeto, del grado de exposición al sol y del ángulo de reflectancia. Esta intensidad se expresa mediante variaciones de grises, que van del negro, superficies que carecen totalmente de energía reflejada, al blanco, máxima intensidad de energía reflejada que capta el sensor. Cada cubierta de usos/ocupación de la tierra tiene determinados tonos según la banda espectral del satélite que se utilice.

- c. **Color:** La composición coloreada de distintas bandas espectrales de una misma escena produce un aumento de la información disponible para poder interpretar una determinada imagen. El color que aprecian nuestro ojo está directamente relacionado con la energía reflejada por los objetos en las diferentes longitudes de onda del espectro visible; así, por ejemplo, un objeto se visualizará como azul si es que su máxima reflectancia se encuentra en la longitud de onda correspondiente a ese color; del mismo modo un objeto aparece blanco a nuestra vista debido a la elevada reflectancia del mismo en todas las longitudes de onda del visible.

- d. **Textura:** La textura es un carácter de conjunto y se refiere a la frecuencia en los cambios de tono en una imagen; se manifiesta a través de una aparente rugosidad o suavidad de la superficie. La misma se produce por un conjunto de elementos, demasiado pequeños para ser distinguidos por sí mismo.

La textura de la imagen deriva de la relación entre el tamaño de los objetos y la resolución del sensor y también está influenciada por el ángulo de iluminación.

- e. **Entorno espacial:** Determinadas cubiertas de interés pueden ser discriminadas con criterios de interpretación basados en el conocimiento del área de estudio por parte del intérprete. El contexto espacial es imposible de abordar por técnicas digitales y permite afinar los resultados de cualquier tipo de interpretación.
 - a. **Patrón o Diseño:** El patrón o diseño se refiere al ordenamiento espacial de los objetos con características tales que permiten su fácil identificación. Podemos definir patrones

Patrones naturales:

- a) Patrón de drenaje, relacionado con la disposición de las vías de agua en cuanto a su forma, densidad y distribución;
- b) Patrón de relieve, relacionado con las elevaciones o irregularidades de una superficie terrestre;
- c) Patrón de vegetación natural, donde los cambios espontáneos de vegetación natural son buenos indicadores de cambios de suelo

Patrones culturales:

- a) Patrón de uso de la tierra: el parcelamiento, con sus distintas formas rectangulares, triangulares, redondas, etc., dan idea de un patrón o diseño geométrico, propio de áreas rurales y está vinculado a diferentes usos de la tierra; para la correcta evaluación de los mismos se deben tener en cuenta, en forma paralela, otros elementos como: tamaño, ubicación, etc.; dentro de este nivel podemos incluir el uso urbano, caracterizado por el diseño o patrón en grilla, consecuencia del trazado vial.
- b) Período de adquisición: Es importante saber si las escenas que se adquieren corresponden a épocas de lluvia o de sequía, ya que influye directamente a la reflectividad de los

objetos. Esto es más notorio en bosques secos, o en sitios donde se forman inundaciones o pantanos. El reconocimiento de elementos propios de la fecha de adquisición de las imágenes como son el conocimiento de la fenología del área de estudio

- c) Otros criterios: El reconocimiento de patrones espaciales, formas y contornos de elementos presentes en la imagen fruto de la ocupación antrópica del territorio, así como elementos propios de la fecha de adquisición de las imágenes como son el conocimiento de la fenología del área de estudio y las sombras de la imagen.

2.2.1.2 Interpretación visual

La metodología empleada considera el uso de interpretación visual en pantalla para obtener el mapa, puesto que de esta manera se hacen uso de patrones de forma, textura, tamaños y topológicos entre objetos para discriminar las unidades que se interpretan y que no intervienen en las clasificaciones digitales convencionales lo que puede llevar a confusión entre clases. Sin embargo, algunos factores temporales como las condiciones climáticas, las variaciones estacionales de la vegetación y la presencia de nubes pueden afectar el proceso de interpretación.

El presente trabajo se realizó utilizando el método de interpretación visual en pantalla usando el programa SIG ArcGIS 10.5. La escala de interpretación para el mapa es de 1: 5,000 con una unidad mínima de mapeo (UMM) de 0.05 ha. La combinación de bandas utilizadas para la interpretación de los objetos fue RGB 3-4-2.

Cruz (2010) indica que para una escala de 1:5,000 la UMM es de 0.06 ha, como se observa en la Figura 2; sin embargo, para captar un mayor detalle en el mapa se vio por conveniente utilizar una UMM de 0.05 ha. Para las unidades de hidrografía y accesos se interpretó unidades más pequeñas para no perder información valiosa.

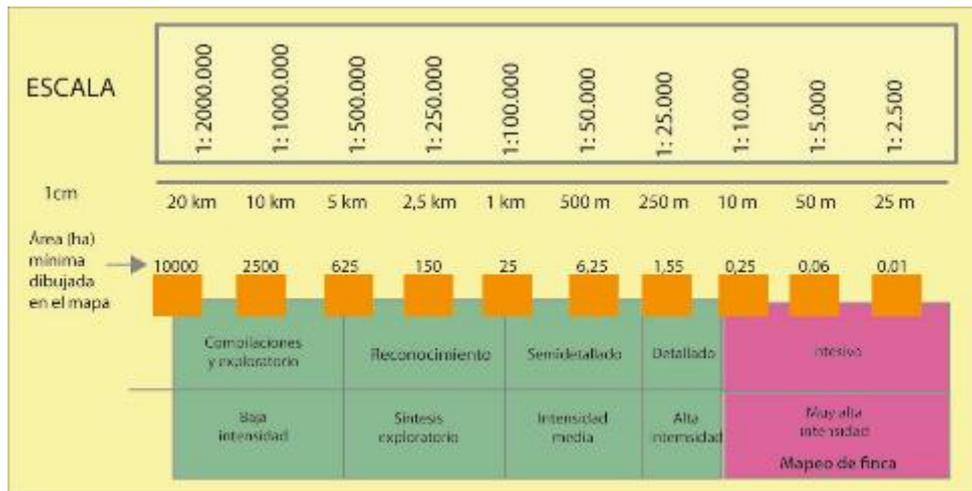


Figura 2: Equivalencias de un centímetro a diferente escala (adaptado de FAO, 2000)

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, es importante destacar que si bien la escala de interpretación es de 1: 5,000 y las imágenes utilizadas en los últimos años tienen una resolución espacial en modo pancromático de 0.5 m, con la ayuda de las imágenes de alta resolución del programa Google Earth, así como de la herramienta BING del ArcGIS, se pudo llegar a identificar con mayor detalle y exactitud las clases presentes en las imágenes de satélite trabajadas, complementada con el aporte del equipo técnico de HUNT LNG, quienes brindaron fotografías de los sobrevuelos realizados sobre el gasoducto, y fotografías de campo a nivel del suelo del área interés. Ver Figura 3.



Figura 3: Foto de sobrevuelo y foto a nivel del suelo

Fuente: PERU LNG

Un aspecto relacionado a la escala de interpretación es la resolución espacial de las imágenes de satélite, la cual hace referencia al tamaño de pixel que conforman las imágenes. La resolución espacial de las imágenes puede definirse como la mínima distancia entre dos objetos que puede

registrar en el terreno un sensor y posteriormente identificado en la imagen. (Pérez, 2005).
Cuanto más pequeño sea el tamaño de pixel tendremos una mayor resolución y una mayor capacidad de identificar los elementos de la imagen.

2.3 Metodología usada

El uso de las nuevas tecnologías para el monitoreo de los ecosistemas nos permite realizar el seguimiento de los procesos de recuperación de diferentes agrupaciones vegetales.

2.3.1 Ubicación del área de estudio

2.3.1.1 Ubicación de la zona de evaluación

Con una longitud de 408 kilómetros, el gasoducto de PERÚ LNG atraviesa 100 kilómetros de desierto costero y 308 kilómetros de grandes montañas en la Cordillera de los Andes en donde llega a su punto más alto en los 4,901 metros sobre el nivel del mar. El gasoducto de PERÚ LNG se inicia en Ayacucho (en la comunidad de Chiquintirca en la provincia de la Mar, distrito de Anco) y continúa hasta la costa peruana, donde está la planta de GNL, en el kilómetro 163 de la Panamericana Sur. El gasoducto permite llevar el gas natural hasta la Planta de licuefacción en la costa y está completamente enterrado a una profundidad aproximada de un metro. Lo explicado se puede visualizar en la Figura 4.

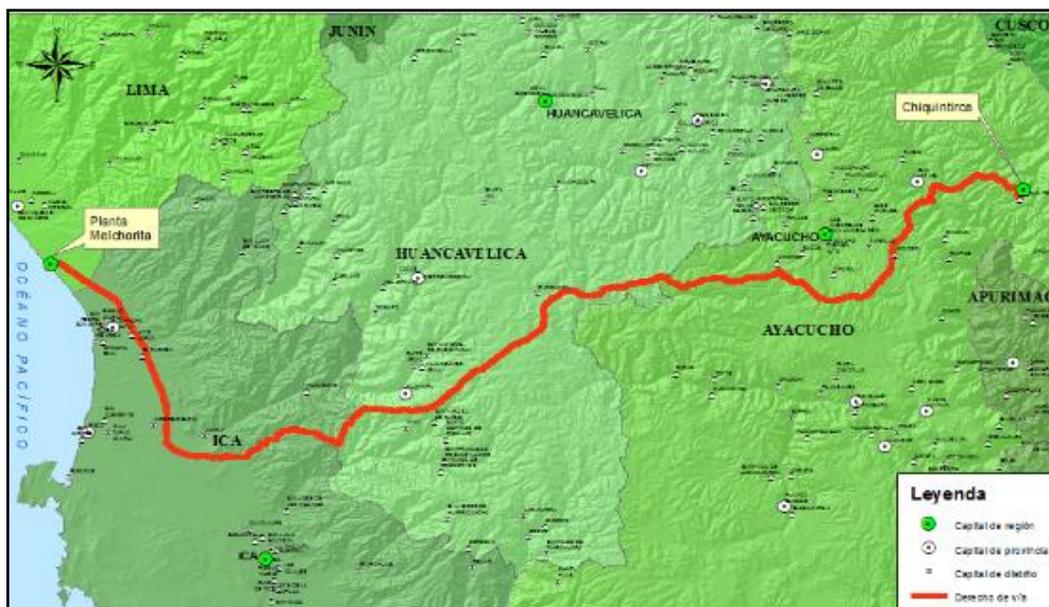


Figura 4: Ubicación de la zona de evaluación

Fuente: CANDES

2.3.1.2 Ámbito de trabajo

El ámbito de interpretación para realizar el presente trabajo es el Derecho de vía y su área de influencia de 200 m a ambos lados del gasoducto operado por PERÚ LNG - tramo de 280 Km. que va desde Chiquintirca (Ayacucho) KP 0, hasta el KP 280, abarcando un área aproximada de 109.8 Km². Ver Figura 5.

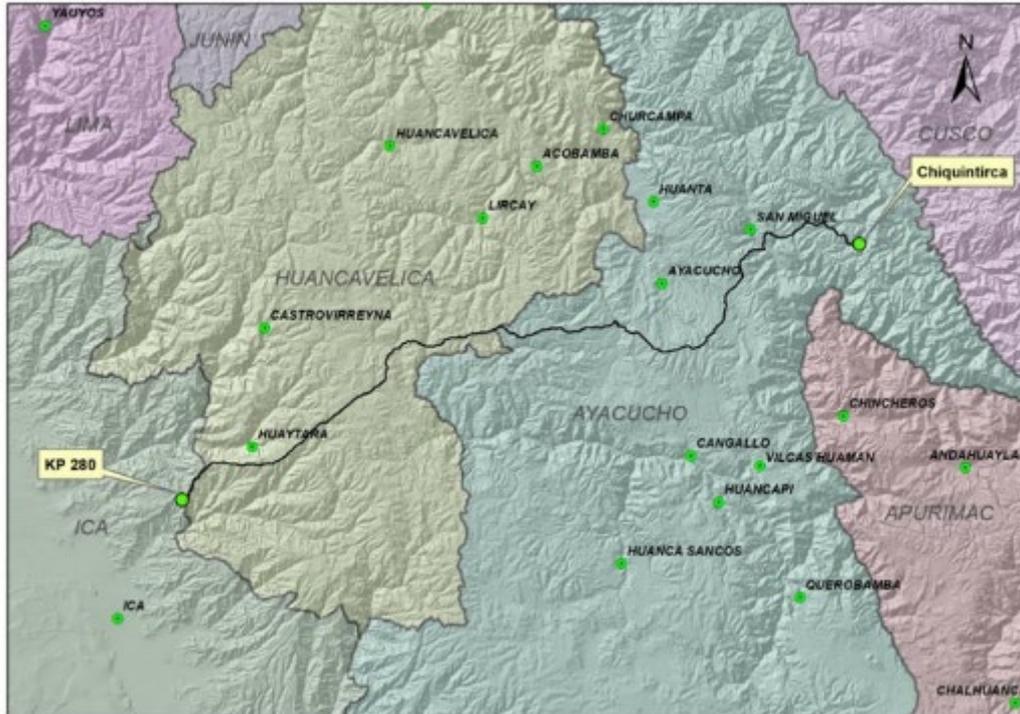


Figura 5: Ubicación del ámbito de trabajo

Fuente: CANDES

2.3.2 Materiales y equipos

2.3.2.1 Imágenes de satélite

El principal insumo para realizar el presente trabajo son las imágenes del satélite multispectral Pléiades de 2 m de resolución espacial fusionadas con la banda pancromática de 0.50 m de resolución espacial. El tipo de imágenes ha cambiado a lo largo de los años. A continuación, en la Tabla 1 se detallan las imágenes usadas en los diferentes años para realizar la interpretación:

Tabla 1: Tipo de imagen usada por año.

IMAGEN SATELITAL	RESOLUCIÓN ESPACIAL	AÑO
IKONOS y GeoEye	1 m	2011
IKONOS y GeoEye	1 m	2012
IKONOS y GeoEye	1 m	2013
IKONOS	1 m	2014
WorldView-02, WorldView-03 y GeoEye-01	0.7 m	2015
Pléiades	0.5 m	2016
Pléiades	0.5 m	2017
Pléiades	0.5 m	2018
Pléiades	0.5 m	2019

Fuente: Elaboración propia

2.3.2.2 Cartografía digital

Como apoyo al trabajo de interpretación se utilizó cartografía base y temática recopilada, las cuales se indican a continuación:

Cartografía base:

Se utilizó como referencia la siguiente cartografía base:

- Instituto Nacional de Estadística e Informática
- Lagos y lagunas
- Límite departamentos, año 2007
- Límite provincias, año 2007
- Límite distritos, año 2007
- Centros poblados, año 2007
- Red vial MTC

Cartografía temática:

- Ministerio del Ambiente, escala: 1:100,000
 - Mapa de Cobertura Vegetal, año 2015
- United States Geological Survey. GDEM (modelo de elevación digital del terreno elaborado con imágenes de ASTER) de 30 metros de resolución espacial
- HUNT LNG
 - KP (cada 100, 500 y 1000 metros)
 - Línea del gasoducto TGP
 - Línea del gasoducto PLNG
 - Derecho de vía con extra anchos
 - Vías HUNT LNG
 - Estaciones de superficie PLNG (válvulas)
 - Mapa de cobertura del derecho de vía PLNG

2.3.2.3 Programas informáticos

Los programas informáticos utilizados para la interpretación de imágenes satelitales Pléiades para la determinación de la Cobertura Vegetal en el Área de Influencia del Gasoducto de PERÚ LNG son:

- ArcGIS versión 10.5
- Google Earth

2.3.2.4 Equipos

Los equipos de cómputo utilizados para realizar la interpretación de las imágenes satelitales Pléiades para la determinación de la Cobertura Vegetal en el Área de Influencia del Gasoducto de PERÚ LNG fueron:

- 02 WorkStation HP con Doble Pantalla
- 02 computadoras personales con Doble Pantalla

2.3.3 Secuencia metodológica

En el proceso metodológico se siguieron los siguientes pasos para realizar la actividad de interpretación. Estos pasos van desde las coordinaciones realizadas con PERÚ LNG, uso de las imágenes de satélite y creación del archivo temático de clasificación.

2.3.3.1 Reuniones de coordinación y supervisión de los avances.

Se llevaron a cabo reuniones de coordinación con el área técnica de PERÚ LNG, y por parte de la empresa Consultores Asociados en Naturaleza y Desarrollo SAC. Estas reuniones se realizaron con el objeto de coordinar las actividades a realizar; solicitar la información cartográfica digital, información secundaria e imágenes de satélite requeridas para llevar a cabo la interpretación de las imágenes; presentar avances de la interpretación para su discusión, mejoramiento y validación; y disipar dudas en el proceso de la interpretación de imágenes de satélite

En los primeros años en los que se prestó el servicio, estas reuniones sirvieron para definir las coberturas a interpretar y consolidar una leyenda que permita a los intérpretes clasificar correctamente las diferentes coberturas que van desde zonas con escasa vegetación, como son las rocas y deslizamientos, a zonas con vegetación, como pastos y bosques, estas definiciones se plasmaron en el documento “Metodología para el Análisis e Interpretación de Imágenes Satelitales de alta resolución espacial para la Determinación de la Cobertura Vegetal en el Área de Influencia del Gasoducto de PERÚ LNG” elaborado en el año 2011 y actualizado posteriormente.

Una de las reuniones más importantes fue en la que se definió el concepto y la interpretación de los bofedales que para Perú LNG son el ecosistema más frágil a cuidar y recuperar, de esta reunión se obtuvo un listado y ubicación de lo que se consideró bofedal.

2.3.3.2 Personalización del ambiente de trabajo

Previo al trabajo de interpretación se realizó la personalización del ambiente de trabajo, añadiendo la cartografía base y temática para tenerla de apoyo a la interpretación.

Como parte de los insumos de apoyo a la interpretación, se usaron las fotografías tomadas con sobrevuelos y las fotografías de los trabajos de campo realizados durante los monitores, este material fue preparado y entregado por PERÚ LNG. Un ejemplo puede verse en la Figura 6.

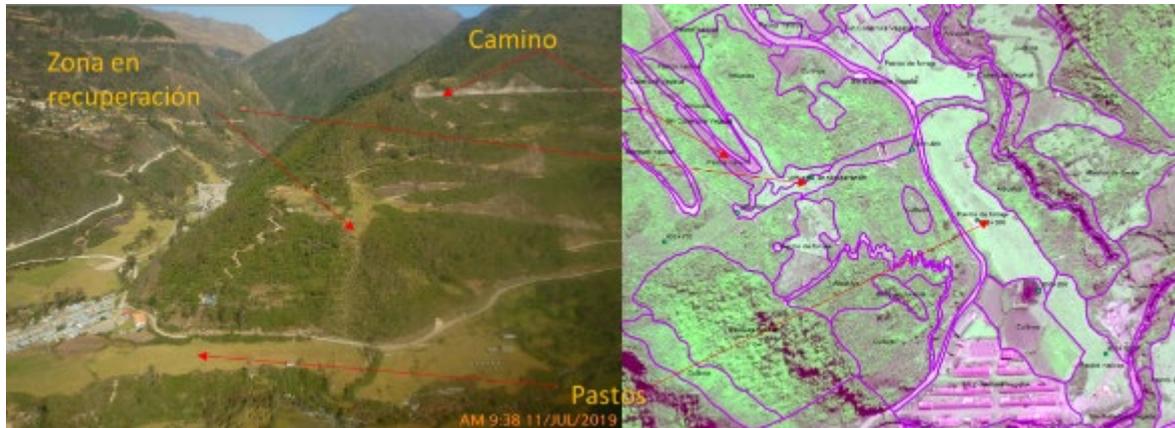


Figura 6: Foto de sobrevuelo y foto a nivel del suelo

Fuente: Elaboración propia

2.3.3.3 Tratamientos de imágenes de satélite

Las imágenes de satélite fueron georreferenciadas y ortorectificadas, en Proyección UTM, Zona 18 y con el Datum WGS 84. Este proceso lo realizó HUNT LNG.

Así también, durante el proceso de interpretación a las imágenes se les aplicó alguno de los siguientes realces en el programa ArcGIS:

- Desviación estándar
- Ecuación del histograma
- Clip de porcentaje

Esto con el propósito de mejorar la calidad visual de las imágenes y una mayor discriminación entre objetos. Los realces a usar dependerán del tipo de cobertura que se quiera resaltar, mayormente estos realces se usan para la cobertura de bofedales y bofedales en recuperación, para esta cobertura lo que se busca resaltar es la condición de humedad de esta formación. Un ejemplo de los diferentes realces puede verse en la Figura 7.



Figura 7: Ejemplos de realces

Fuente: Elaboración propia

2.3.3.4 Combinaciones de bandas utilizadas

La combinación de bandas de las imágenes de alta resolución utilizadas para la identificación de elementos durante la interpretación fue en RGB 3-4-2, 4-3-2 y 1-2-3. Como en el caso anterior, las combinaciones de banda a usar dependerán del tipo de cobertura que se quiera resaltar, y que permitan así una mejor diferenciación o contraste en algunas coberturas. Nuevamente es la cobertura de bofedales y bofedales en recuperación, para una mejor identificación de las unidades bofedal y otros humedales se utilizaron la combinación de bandas RGB 4-3-2, ya que este permite una mejor discriminación de objetos con presencia de humedad lo que permite resaltar esta unidad ya que es muy importante su monitoreo. La combinación de bandas es también es muy usada para las zonas con escasa vegetación o zonas de recuperación. Ejemplo de las combinaciones de banda puede verse en la Figura 8.



Figura 8: Ejemplos de combinación de bandas

Fuente: Elaboración propia

2.3.3.5 Creación del archivo temático en ambiente SIG

Se creó un archivo en formato shapefile de entidades tipo polígono que contiene las diferentes categorías de las unidades de cobertura vegetal. La base de datos interna fue completada con los atributos correspondientes a cada tipo de unidad (proceso de interpretación), así como también se actualizó el dato de superficie.

La estructura de la base de datos para el archivo se presenta en la Tabla 2:

Tabla 2: Estructura de la base de datos interna del shapefile.

NOMBRE DEL CAMPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	LONGITUD	DECIMALES
Shape	Tipo de entidad representada en el archivo	Field_shapepoly	-	-
General	Categoría sobre el paisaje general	Caracter	50	-
Tipo	Tipo principal de la cobertura vegetal	Caracter	30	-
Uso	Uso actual de la cobertura vegetal	Caracter	30	-
Cobertura	Categoría de cobertura vegetal	Carácter	40	-
Ha	Superficie de los polígonos expresados en hectáreas	Numérico	18	4

Fuente: Elaboración PERÚ LNG

El correcto llenado de la tabla de atributos, es una parte muy importante del trabajo, ya que durante las revisiones uno de los errores recurrentemente encontrado es el mal etiquetado, es decir designar a una clase con el nombre de otra, además otro problema detectado es la mala escritura de los componentes de la leyenda, lo que ocasiona que el programa reconozca como una categoría diferente a la palabra que contenga el error y esto no permite un adecuado cálculo de las coberturas. Un ejemplo de la tabla de atributos puede verse en la Figura 9.

FID	Shape *	GENERAL	TIPO	USO	COBERTURA	HA
55	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.0683
56	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	1.4262
57	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.2852
58	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.724
59	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.088
60	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.1482
61	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.1072
62	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.322
63	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.0591
64	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.7486
65	Polygon	Bofedal	Bofedal	Ganadería	Bofedal	0.0872

Figura 9: Ejemplos de combinación de bandas

Fuente: Elaboración propia

2.3.3.6 Sistema de clasificación de la cobertura vegetal

El sistema de clasificación de interpretación para obtener el mapa de cobertura vegetal (Leyenda) se muestra en la Tabla 3. Esta clasificación fue elaborada en el año 2011 y actualizado posteriormente. Esta leyenda tiene 8 categorías principales y corresponden a la clase general, y estas son: Hidrografía, Con vegetación, Humedales, Centros poblados, Zonas de escasa vegetación, Accesos, Áreas intervenidas y sin información.

Tabla 3: Sistema de clasificación

GENERAL	TIPO/DESCRIPCIÓN	USO	COBERTURA VEGETAL
1. Hidrografía	Lagunas y ríos	Pesca	Sin Cobertura Vegetal
	Bancos de arena	Sin Uso	
2. Con Vegetación	Vegetación natural	Uso múltiple	Arbustos
			Tillandsia (Vegetación de dunas)
			Bosques nativos
			Pastos nativos
3. Humedales	Bofedal	Ganadería	Pastos en recuperación
			Cactáceas
			Arbustos en recuperación
4. Centros Poblados	Centros Poblados	Poblacional	Bofedal
			Zonas rocosas
5. Zonas de escasa vegetación	Desierto	Sin Uso	Vegetación acuática
			Deslizamientos y otros
6. Accesos	Accesos	Transporte	Sin Cobertura Vegetal
		Agricultura	Cultivos
		Ganadería	Pastos de forraje
7. Áreas intervenidas	Áreas intervenidas	Forestal	Plantaciones
		Estaciones de superficie PLNG	Sin Cobertura Vegetal
		Otros	Sin Cobertura Vegetal
8. Sin Información	Nubes	Sin Información	Sin Información
	Sombras		

Fuente: Elaboración PERÚ LNG.



La leyenda también describe el uso de las unidades como el uso ganadero, agricultura, forestal y las unidades de uso por parte de PERÚ LNG. Con respecto a la clase Cobertura Vegetal, esta indica el tipo de vegetación si son arbustos, bosques nativos, pastos y bofedales, también se indica las coberturas en recuperación de pastos, bofedales y arbustos y las zonas que se encuentran sin cobertura vegetal.

En los últimos años se ha agregado a la categoría de Sin Información el tipo: Nieve, ya que las imágenes tenían grandes áreas cubiertas por nieve que no permitían la correcta visualización de la cobertura, agregando esta categoría se puede separar las áreas que no pudieron clasificarse por factores diferentes a la cobertura de nubes y sombras. Además, en los casos de no haberse proporcionado imagen, debido a que el proveedor no pudo obtener una imagen con la calidad mínima necesaria, esta también quedo como sin información. En el Anexo 1 se incluye la descripción de las diferentes clases de cobertura vegetal.

2.3.3.7 Interpretación de imágenes de satélite

La metodología empleada considera el uso de interpretación visual en pantalla para obtener el mapa, para lo cual el intérprete analiza la imagen en su integridad, se produce un proceso de elaboración mental, en el cual se relaciona el objeto discriminado y desconocido con el conjunto de información, criterios y elementos de análisis visual, otorgándole de esta manera un significado temático.

Un ejemplo de lo explicado se puede apreciar en la Figura 10 donde se puede apreciar un tramo de la zona de influencia del gaseoducto, en donde se han identificado diferentes coberturas.



Figura 10: Imagen sin interpretar vs imagen interpretada

Fuente: Elaboración propia

a. Interpretación visual de las coberturas

En base a lo anteriormente descrito, se realizó la interpretación de las imágenes satelitales identificando en ellas cada una de las categorías de las tablas. Para realizar la interpretación se tomó en cuenta lo mencionado anteriormente, en los fundamentos del proceso de interpretación de imágenes de satélite, como son los criterios y elementos para la interpretación, el uso de realces y diferentes combinaciones de bandas. En las siguientes figuras se muestran algunos ejemplos de estas coberturas, las cuales fueron digitalizadas en el programa ArcGis 10.5.

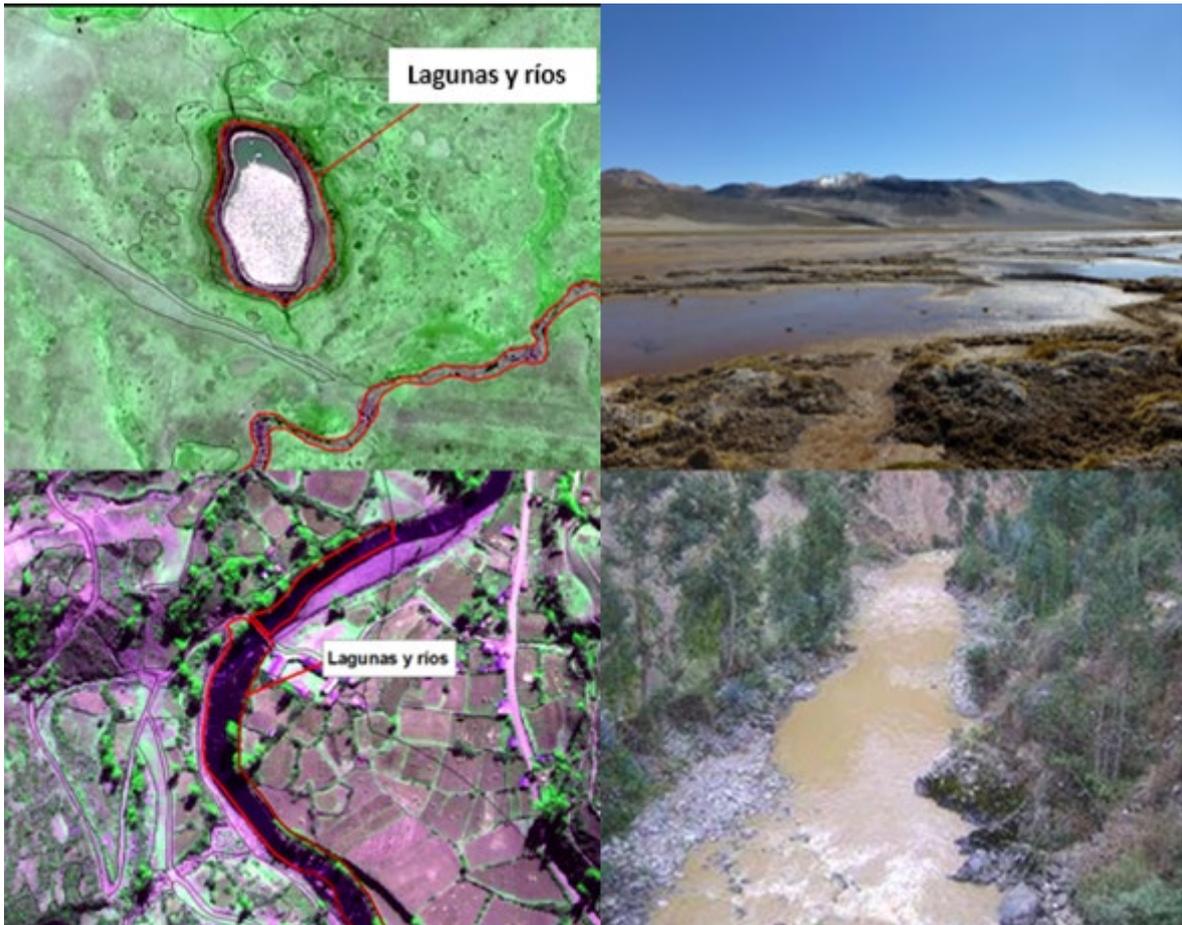


Figura 11: Ejemplo de cobertura de lagunas y ríos

Fuente: Elaboración propia

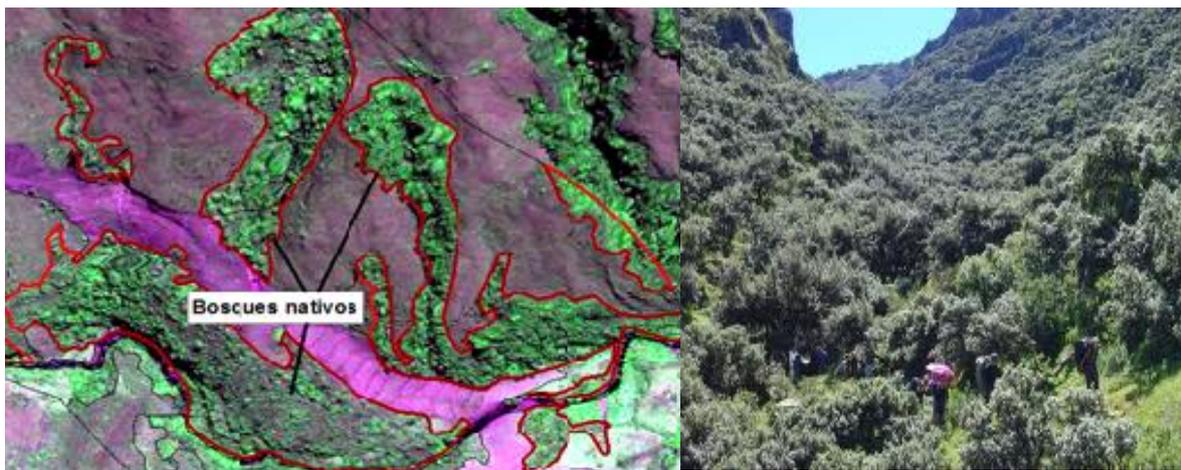


Figura 12: Bosques Nativos

Fuente: Elaboración propia



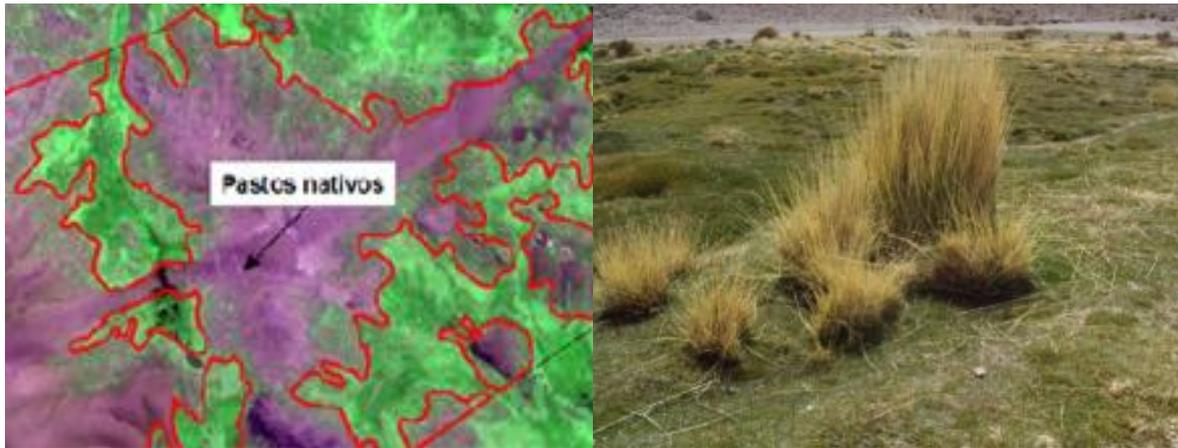


Figura 13: Pastos nativos

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Arbustos en recuperación

Fuente: Elaboración propia



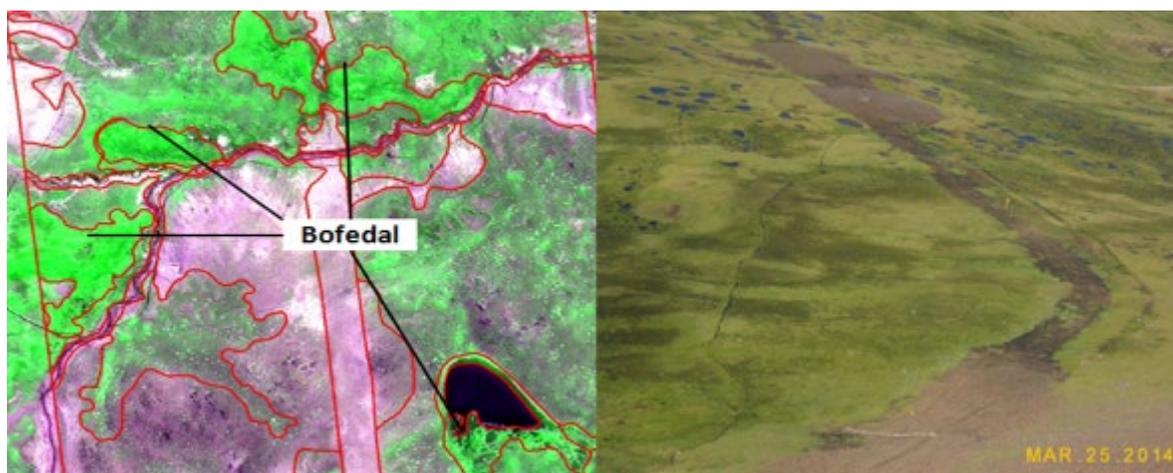


Figura 15: Bofedal

Fuente: Elaboración propia

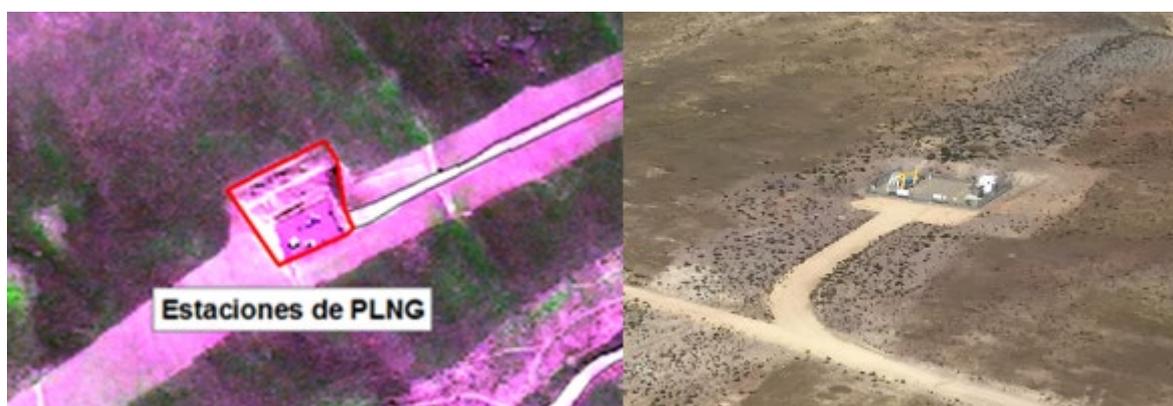


Figura 16: Estaciones de PLNG

Fuente: Elaboración propia

Durante el periodo de trabajo, la interpretación de las imágenes ha pasado por algunos ajustes debido al cambio de los sensores utilizados, con los años la calidad de estos ha mejorado en resolución llegando a trabajar con imágenes de 50 cm. de resolución espacial desde el año 2016. Por esta razón, a solicitud de PERÚ LNG se estandarizó la interpretación de años pasados en los que se trabajaron con información satelital de menor resolución espacial. En los primeros años de interpretación se usaron imágenes IKONOS y GeoEye de 4 m de resolución espacial, fusionadas con la banda pancromática de 1 m de resolución espacial, en el último año las imágenes usadas corresponden a la constelación de imágenes del satélite multiespectral Pléiades de 2 m de resolución espacial fusionadas con la banda pancromática de 0.50 m de resolución espacial. Estas mejoras en los insumos a interpretar han permitido una actualización en el uso de las nuevas tecnologías satelitales, así como en los resultados de monitoreo de vegetación.

2.3.3.8 Actividades post interpretación

a. Revisión y unión de la interpretación del grupo de trabajo

Debido a la extensión del área de interpretación, y los tiempos designados para el servicio, se contó con más de un intérprete. La cantidad de intérpretes varía de entre 4 o 5, asignándoles a cada uno un tamaño de área similar a interpretar. Los intérpretes pasan por un proceso de inducción para poder homogenizar los criterios de interpretación, además de los criterios de interpretación como son la escala y el llenado de la tabla de datos. Al terminar cada intérprete con el área designada, me entregan su interpretación (archivo shapefile) para su revisión, esta hace incidencia en; el correcto llenado de la tabla de atributos, la definición del trazo, que este corresponda a la escala de interpretación acordada, revisión y corroboración de las áreas donde se indica algún cambio.

b. Elaboración de tablas resultantes y comparativas

Para cada año en el que se realizó la interpretación de imágenes de satélite, se elaboraron tablas con la superficie resultante de la interpretación, así como cuadros comparativos donde se analiza el aumento o disminución de las diferentes coberturas del último año analizado respecto a los años anteriores

c. Elaboración de la presentación final

En esta presentación se destacan las áreas donde se registraron mayores cambios en las zonas recuperadas, nuevas construcciones, nuevos caminos, zonas en donde se aprecia los trabajos realizados por PERÚ LNG, además durante la presentación se tiene contacto con el área que está a cargo de las labores de recuperación y biorestauración, con quienes se verifica áreas específicas de interés. A continuación, se muestran algunos ejemplos.

En la Figura 17 puede observarse el registro de un nuevo camino en el KP 95, la primera imagen es del año 2019 y la segunda del 2014, en la Figura 18 puede verse el cambio la cobertura vegetal donde zonas de pasto y agrícolas pasan a arbustos en el KP 38, y en la Figura 19 puede observarse un nuevo camino en el KP 20.

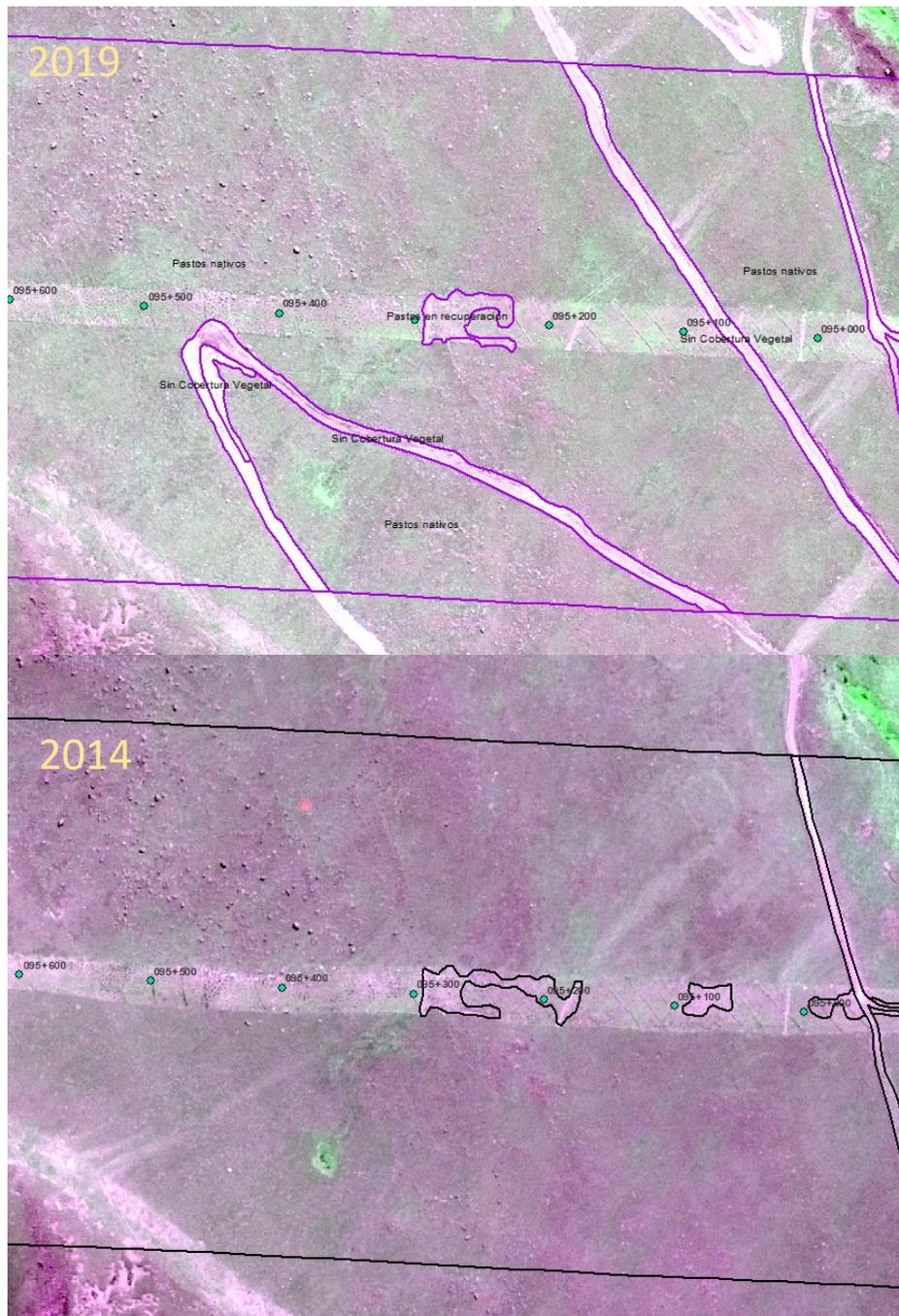


Figura 17: Detección de nuevo camino en KP 95

Fuente: Elaboración propia



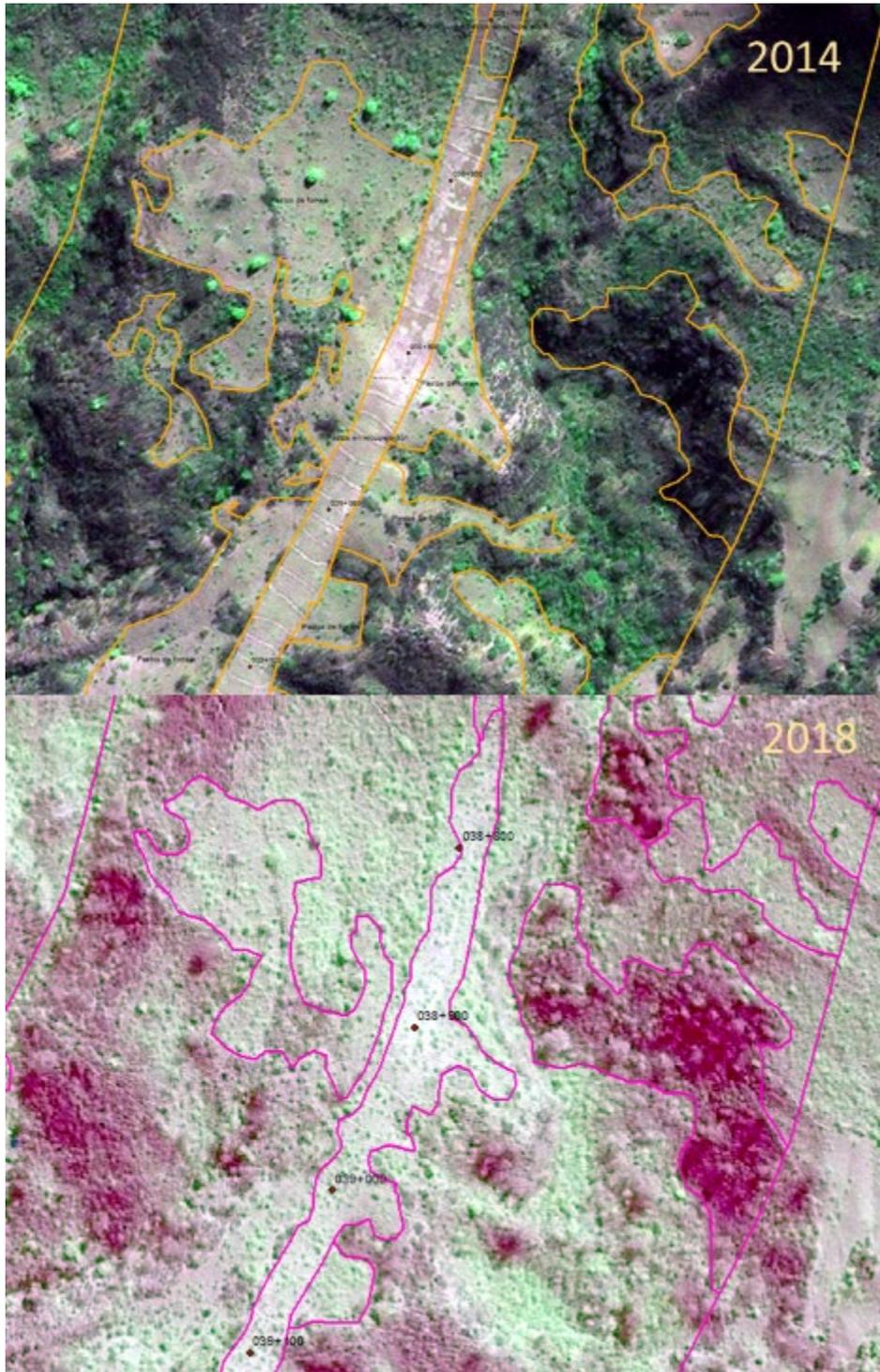


Figura 18: Detección de cambios en arbustos en KP 38

Fuente: Elaboración propia



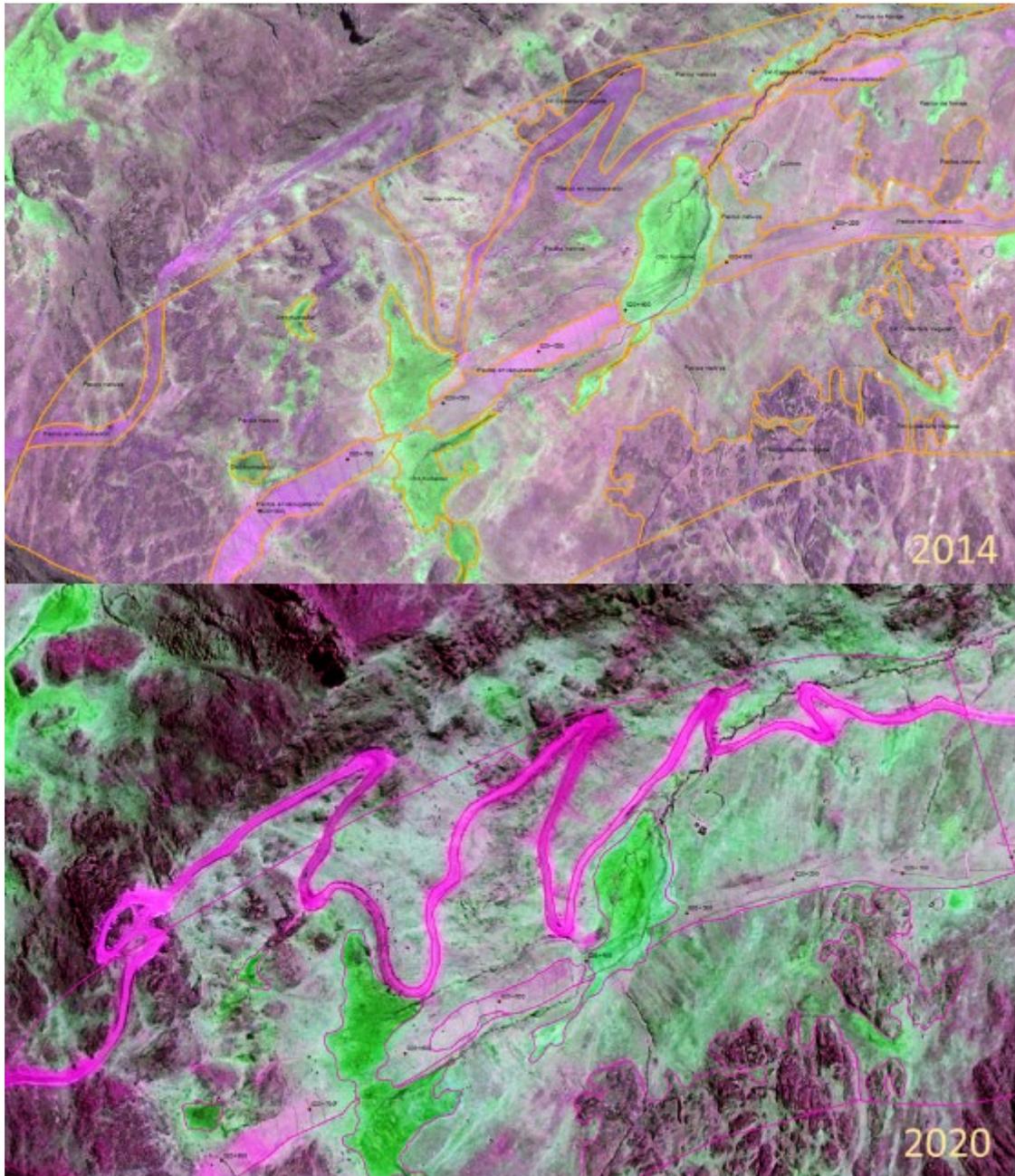


Figura 19: Detección de nuevo camino en KP 20

Fuente: Elaboración propia



En la Figura 20 se muestra el flujo del proceso de interpretación desde la reunión de coordinación hasta la presentación final.

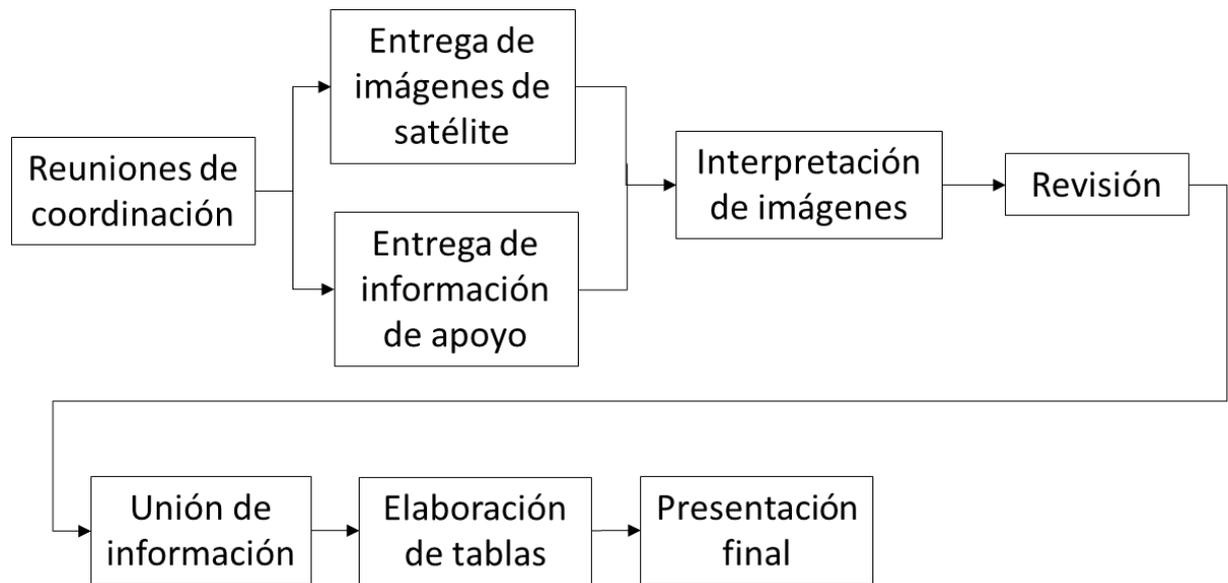


Figura 20: Flujo del proceso de interpretación

Fuente: Elaboración propia

III. APORTES Y DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

3.1. Aportes o resultados

El trabajo realizado sirve de base para el desarrollo de las actividades de planificación para la restauración del derecho de vía del gaseoducto de PERÚ LNG, estas actividades están dentro de los compromisos de PERÚ LNG con administrar responsablemente el medio ambiente y los recursos naturales. PERÚ LNG maneja el gasoducto conforme a los estándares nacionales e internacionales de protección ambiental, incluyendo los reglamentos de la Corporación Financiera Internacional (IFC) y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Para lograr estos compromisos se hace uso de la información de la cobertura y el análisis de los cambios del gaseoducto y área de influencia para cada año desde el 2011 hasta el 2019. Esta información se entrega en formato shapefile y en tablas que resumen los cambios tanto para el área de influencia del gaseoducto como para el derecho de vía (DdV)

Como ejemplo podemos ver en la Tabla 4 un diseño con las superficies resultantes para toda el área de influencia y en el cuadro 5 una tabla con las superficies resultantes para el DdV. En las Tablas 6 y 7 se muestra una tabla comparativa de los resultados del 2019 con los años pasado, tanto para el área total como para el DdV.



Tabla 4: Superficie por cada unidad interpretada del mapa de cobertura año 2019

GENERAL	ÁREA (ha)	TIPO /DESCRIPCION	ÁREA (ha)	USO	ÁREA (ha)	COBERTURA VEGETAL	ÁREA (ha)				
1. Hidrografía	46.62	Lagunas y ríos	38.32	Pesca	38.32	Sin Cobertura Vegetal	46.62				
		Bancos de arena	8.30	Sin Uso	8.30						
2. Con Vegetación	6836.70	Vegetación natural	6836.70	Uso múltiple	6836.70	Arbustos	1405.46				
						Tillandsia (Vegetación de dunas)	0				
						Bosques nativos	94.51				
						Pastos nativos	5194.49				
						Pastos en recuperación	123.72				
						Cactáceas	0				
						Arbustos en recuperación	18.51				
3. Humedales	461.89	Bofedal	287.15	Ganadería	287.15	Bofedal	285.28				
						Bofedal en recuperación	1.87				
						Humedal	174.74	Sin Uso	0.14	Vegetación acuática	0.14
										Ganadería	174.60

Fuente: Elaboración PERÚ LNG



4. Centros Poblados	2.99	Centros Poblados	2.99	Poblacional	2.99	Sin Cobertura Vegetal	2.99
		Zonas rocosas	278.67				
5. Zonas de escasa vegetación	789.79	Desierto	0	Sin Uso	789.79	Sin Cobertura Vegetal	789.79
		Deslizamientos y otros	511.12				
6. Accesos	71.26	Accesos	71.26	Transporte	71.26	Sin Cobertura Vegetal	71.26
				Agricultura	1021.21	Cultivos	1021.21
				Ganadería	177.38	Pastos de forraje	177.38
7. Áreas Intervenidas	1306.36	Áreas Intervenidas	1306.36	Forestal	95.55	Plantaciones	95.55
				Estaciones de superficie PLNG	6.64	Sin Cobertura Vegetal	6.64
				Otros	5.58	Sin Cobertura Vegetal	5.58
		Nubes	121.79				
8. Sin Información	1466.87	Sombras	40.63	Sin Información	1466.87	Sin información	1466.87
		Nieve	7.19				
		Sin información	1297.26				
TOTAL	10982.48	TOTAL	10982.48	TOTAL	10982.48	TOTAL	10982.48



Tabla 5: Superficie por cada unidad interpretada del mapa de cobertura año 2019 dentro del DdV

GENERAL	ÁREA (ha)	TIPO /DESCRIPCION	ÁREA (ha)	USO	ÁREA (ha)	COBERTURA VEGETAL	ÁREA (ha)
1. Hidrografía	1.37	Lagunas y ríos	1.19	Pesca	1.19	Sin Cobertura	1.37
		Bancos de arena	0.18	Sin Uso	0.18	Vegetal	
2. Con Vegetación	486.13	Vegetación natural	486.13	Uso múltiple	486.13	Arbustos	108.78
						Tillandsia (Vegetación de dunas)	0.00
						Bosques nativos	1.33
						Pastos nativos	256.35
						Pastos en recuperación	104.81
						Cactáceas	0.00
						Arbustos en recuperación	14.86
						Bofedal	2.98
						Bofedal en recuperación	1.57
						Vegetación acuática	0.00
3. Humedales	10.66	Humedal	6.11	Sin Uso	0.00	Otro humedal	6.11
				Ganadería	6.11	Sin Cobertura Vegetal	0.00
4. Centros Poblados	0.00	Centros Poblados	0.00	Poblacional	0.00		
5. Zonas de escasa vegetación	53.49	Zonas rocosas	1.88	Sin Uso	53.49	Sin Cobertura Vegetal	53.49
		Desierto	0.00				
		Deslizamientos y otros	51.61				
6. Accesos	7.96	Accesos	7.96	Transporte	7.96	Sin Cobertura Vegetal	7.96
				Agricultura	72.60	Cultivos	72.60
7. Áreas Intervenidas	92.13	Áreas Intervenidas	92.13	Ganadería	17.09	Pastos de forraje	17.09
				Forestal	0.62	Plantaciones	0.62



				Estaciones de superficie PLNG	1.10	Sin Cobertura Vegetal	1.10
				Otros	0.72	Sin Cobertura Vegetal	0.72
8. Sin Información	108.23	Nubes	7.30	Sin Información	108.23	Sin información	108.23
		Sombras	2.05				
		Nieve	0.38				
		Sin Información	98.51				
TOTAL	759.97	TOTAL	759.97	TOTAL	759.97	TOTAL	759.97

Fuente: Elaboración PERÚ LNG

Tabla 6: Superficie por la clase General del mapa de cobertura

GENERAL	ÁREA (ha) 2011	ÁREA (ha) 2012	ÁREA (ha) 2013	ÁREA (ha) 2014	ÁREA (ha) 2015	ÁREA (ha) 2016	ÁREA (ha) 2017	ÁREA(ha) 2018	ÁREA(ha) 2019	2019 %
1. Hidrografía	46.7	50.34	49.78	50.07	52.06	53.44	47.30	53.01	46.62	0.42
2. Con Vegetación	7787.12	7816.71	7675.05	7815.88	7612.59	7905.25	7978.71	7875.52	6836.70	62.25
3. Humedales	454.94	471.43	478.46	467.61	454.83	459.58	490.92	495.9	461.89	4.21
4. Centros Poblados	3.86	4.06	4.06	4.03	4.12	1.81	2.77	2.92	2.99	0.03
5. Zonas de escasa vegetación	916.88	968.66	952.51	925.97	881.16	834.61	850.58	831.85	789.79	7.19
6. Accesos	82.37	80.96	83.2	76.46	70.29	69.07	67.14	74.67	71.26	0.65
7. Áreas Intervenidas	1461.54	1425.89	1472.08	1444.98	1488.52	1524.05	1529.94	1545.14	1306.36	11.89
8. Sin Información	229.08	164.44	267.33	197.49	418.91	134.65	15.12	103.47	1466.87	13.36
TOTAL	10982.48	100								

Fuente: Elaboración PERÚ LNG



De la Tabla 6 se puede observar que la clase General que presenta la mayor superficie para el año 2019 es la categoría Con Vegetación con el 62.25 por ciento del total de superficie del ámbito de trabajo, seguida de la categoría Sin información con el 13.36 por ciento; mientras que la categoría Centros poblados es la que menor superficie presenta con 0.03 por ciento.

Tabla 7: Superficie por la clase General del mapa de cobertura en el Derecho de Vía.

GENERAL	ÁREA (ha) 2011	ÁREA (ha) 2012	ÁREA (ha) 2013	ÁREA (ha) 2014	ÁREA (ha) 2015	ÁREA (ha) 2016	ÁREA (ha) 2017	ÁREA (ha) 2018	ÁREA (ha) 2019	2019%
1. Hidrografía	1.38	1.52	1.55	1.57	1.74	1.55	1.29	1.45	1.37	0.18
2. Con Vegetación	536.95	538.93	545.09	545.33	530.28	562.55	574.12	565.81	486.13	63.97
3. Humedales	8.79	10.09	10.95	12.63	10.96	10.8	12.01	11.49	10.66	1.4
4. Centros Poblados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. Zonas de escasa vegetación	113.14	112.48	99.66	94.37	82.83	70.65	62.29	58.02	53.49	7.04
6. Accesos	8.56	8.2	8.31	8.1	7.08	6.61	6.59	7.84	7.96	1.05
7. Áreas Intervenidas	75.29	77.22	84.02	84.84	97.04	98.72	103.17	107.86	92.13	12.12
8. Sin Información	15.86	11.54	10.4	13.14	30.03	9.1	0.5	7.5	108.23	14.24
TOTAL	759.97	100								

Fuente: Elaboración PERÚ LNG

De la Tabla 7 se observa que para el año 2019 la categoría Con Vegetación es la que presenta mayor superficie con 486.13 hectáreas (63.97 por ciento de la superficie del derecho de vía), la segunda categoría con mayor área es la de Sin Información con 108.23 ha (14.24 por ciento), debido a las áreas donde no se han tenido imágenes satelitales disponibles para la interpretación, seguida por la categoría Áreas intervenidas con 91.13 hectáreas, que representa el 12.12 por ciento de la superficie del derecho de vía; mientras que la clase Hidrografía, con 0.18 por ciento. es la categoría que abarca la menor superficie del derecho de vía (1.37 hectáreas). No se presentan centros poblados dentro del derecho de vía al igual que en los años anteriores.

Para garantizar la replicabilidad de este proceso de interpretación se tiene una metodología para reconocer las coberturas de interés, en base combinación de bandas y realces como el histograma de ecualización entre otros. Esta metodología se comparte con los intérpretes para que la interpretación este estandarizada y se sigan los mismos criterios para detectar las coberturas de interés de la leyenda. Cada año en el que se ha realizado este trabajo se ha tenido por lo menos un nuevo interprete por lo que se ha capacitado más de 9 interpretes.

3.2 Desarrollo de experiencias

Durante los años que he realizado este trabajo como especialista SIG he estado a cargo de la capacitación de los nuevos intérpretes y también he estado a cargo de la revisión de la interpretación, además de en los últimos años he dirigido la presentación final al grupo de PERÚ LNG, en donde se señalan los principales cambios registrados.

Dada mi experiencia he tenido una mayor participación en la solución de la incertidumbre en la identificación de las coberturas vegetales por parte de los diferentes intérpretes, esto mediante el uso de fotografías de sobrevuelos y de campo, que facilitaron la interpretación de las unidades a identificar lo que las convierten en herramienta importante en la metodología del trabajo. Además, el uso de herramientas como los programas de Google Earth y el Bing en ArcGis completan la ayuda para identificar de coberturas. Cabe mencionar que el conocimiento de la zona por parte del equipo de campo de PERÚ LNG es un apoyo importante para minimizar el error de interpretación, ya que cualquier duda o incertidumbre de lo encontrado durante la interpretación, puede consultarse con ellos para resolverla.

Como encargada de la revisión e integración de las partes interpretadas por todos los colaboradores en el trabajo, realizo la comparación con los años anteriores para ver los cambios y ubicar posibles errores, para lo cual hago uso de un proceso de comparación que permite realizar esta actividad de manera dinámica, en base a la superposición de la interpretación actual sobre la del año anterior la cual va en colores para resaltar los cambios. Esto mismo se usa durante la presentación final ante el grupo de PERÚ LNG para mostrar las áreas con mayores cambios de un año a otro. Como puede verse en la Figura 21.

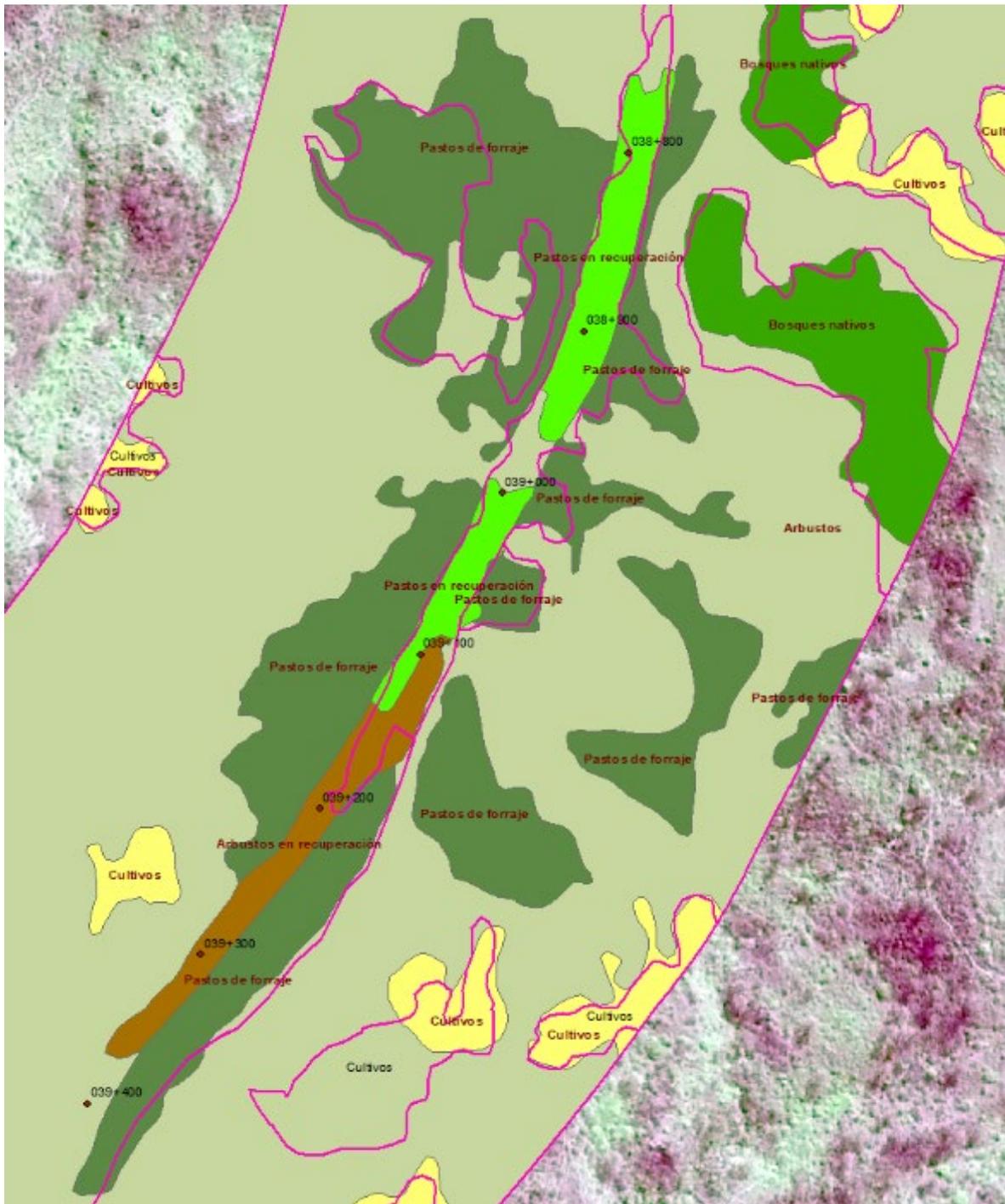


Figura 21: Comparación de dos años de interpretación

Fuente: Elaboración propia



IV. CONCLUSIONES

- Las imágenes de alta resolución permiten la discriminación e identificación de las diferentes unidades de cobertura vegetal a un nivel detallado de interpretación visual, lo que proporciona una descripción detallada de las condiciones del derecho de vía del gaseoducto y su área de influencia.
- La estandarización de los procesos y la metodología de interpretación de las imágenes de alta resolución permite a los intérpretes tener criterios homogéneos para la identificación de los elementos de la imagen satelital.
- La metodología expuesta da como resultado un producto final que permite su comparación con años anteriores, lo que permite ubicar los cambios más importantes, así como cuantificar las áreas en proceso de recuperación.
- Los resultados obtenidos son la base para la planificación de las actividades de recuperación de vegetación en el derecho de vía del gaseoducto, y sirven como herramienta de monitoreo de las actividades de restauración llevadas a cabo.



V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda siempre que sea posible al realizar trabajos de interpretación tener herramientas como fotos de campo para una mejor comprensión del paisaje y las coberturas a interpretar, para minimizar los errores e incertidumbres de la interpretación.
- Es importante que los intérpretes que participen en este tipo de trabajo tengan bien homogenizados los criterios y la metodología a usar, para que no haya discrepancias en los resultados obtenidos.
- Es importante que todos los intérpretes compartan los mismos criterios de interpretación



VI. BIBLIOGRAFÍA

- Chuvieco, E. (2006). Teledetección ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/259011213_Teledeteccion_Ambiental_La_Observacion_de_la_Tierra_Desde_el_Espacio
- Euler, A. (2003). Interpretación de datos del dosel forestal y de sensores remotos para la interpretación de mapas de tipos de bosque en Acre, Brasil. *Actualidad Forestal Tropical*, 11(1), 22-23.
- Fernández, I. (2001). El satélite Landsat. Análisis visual de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. Recuperado de <https://www.cartesia.org/data/apuntes/teledeteccion/landsat-analisis-visual.pdf>
- García, E., Allende, F., Soriano, J. & Fernandez F. (1999). Estudio de la evolución temporal del sector centro-oriental de la cuenca del Segura”. *Revista Digital Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)*, (115). Recuperado de <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/1495>.
- Horning, N. (2004). Justification for using photo interpretation methods to interpret satellite imagery - Version 1.0. American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation. Recuperado de https://www.amnh.org/content/download/74337/1391301/file/JustificationForPhotoInterpretation_Final.pdf
- Malleux, J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Lima, Perú.
- Serafini, M. C., Antes, M. E. & Villanueva, S. (2014). Propuesta didáctica basada en la interpretación visual de imágenes satelitales. In: *Memorias del XVI Simposio Internacional La Geoinformación al servicio de la Sociedad*, SELPER, Medellín, Colombia, 29 sep – 3 oct. Recuperado de <https://selper.org.co/papers-XVI-Simposio/Educacion-en-Geomatica/ED8-Propuesta-didactica-basada-en-la-interpretacion-visual.pdf>



Pérez G., U. (2005). La percepción remota. Ibagué-Tolima, Colombia. 34 P. Consultado 17 oct. 2020. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/383206942/Percepcion-Remota-pdf>

PERÚ LNG. (2019). Memoria anual 2019. Recuperado de <https://perulng.com/wp-content/uploads/2020/07/Memoria-Anual-PERU-LNG-2019.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1: Descripción de las diferentes clases de cobertura vegetal

A. Hidrografía

Asocia a los cuerpos de agua y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, junto con los suelos arenosos asociados a su cauce.

En ambos casos no hay presencia de cobertura vegetal.

a. Lagunas y ríos

Las lagunas son cuerpos de agua de naturaleza de aguas dulces.

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad que posee un caudal considerable.

El uso que se le da a las lagunas y ríos dentro del área de estudio es el de Pesca, siendo ésta una pesca de subsistencia mayormente.

b. Bancos de arena

Son terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, generalmente desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación matorral ralo y bajo. No posee ningún uso conocido.

B. Con vegetación

Asocia a diferentes coberturas vegetales, de origen natural o artificial. Podemos encontrar las siguientes formaciones:

a. Vegetación natural

Asocia a todas las especies que han crecido naturalmente en un lugar, es decir, que involucra a todas las especies que crecen en el área biogeográfica de donde son originarias.



En el área de estudio la vegetación nativa tiene uso múltiple. Comprende principalmente la actividad de pastoreo debido al tipo de vegetación, además del uso de leña como fuente energética para la población local.

- Arbustos

Corresponde a las coberturas constituidas por vegetación natural de porte bajo, con un dosel irregular en donde predominan los elementos arbustivos (matorral), pero que puede presentar arbóreos dispersos.

Un arbusto es una planta perenne, con una altura entre 0,5 m y 5 m, y sin una copa definida (FAO, 2001).

- Tillandsia (Vegetación de dunas)

Son especies de bromelias conocidas como Tillandsias (*Tillandsia* spp.) de porte rastrero, sin sistema radicular, de hojas arrosetadas de color gris que les permite captar la humedad atmosférica; se movilizan de acuerdo al movimiento de las dunas en su avance con dirección al este, logrando ascender a las primeras elevaciones de los cerros donde se fijan.

- Bosques nativos

Área que presenta una importante densidad de árboles y arbustos. Éstos surgen de forma natural y sin grandes intervenciones externas.

En el área de estudio estos bosques se encuentran situados en su mayoría en la parte alta, predominando a esa altura el género *Polylepis*.

Los bosques relictos de *Polylepis* (queñuales) se caracterizan por formar pequeños parches, donde *Polylepis* suele ser la especie arbórea dominante o exclusiva. Muchas de las especies suelen habitar las zonas de líneas de árboles (zonas de transición entre los bosques montanos y zonas alpinas) y formar pequeños parches, comúnmente presentes en laderas de montañas y quebradas rocosas.

En el área de estudio también se encontraron otros bosques nativos a una altitud menor, y donde la cobertura de suelo que primaba era el de desierto.

- Pastos nativos

Está conformada por superficies cubiertas por pajonales, césped de puna principalmente. También se incluyen áreas con escasa vegetación, que son aquellos espacios de naturaleza arenosa o rocosa donde se puede encontrar esporádicas herbáceas.

El pajonal es una formación vegetal compuesto de comunidades de herbáceas altoandinas, que se distribuyen formando densas agrupaciones o matas mayormente de gramíneas de hojas duras, en algunos casos punzantes, conocidas con el nombre de ichu o paja, de ahí el nombre de pajonal.

Este tipo de vegetación se caracteriza por presentar alturas no mayores a los 70cm, ser de consistencia resinosa y dura por contener sílice en su estructura.

Las matas de gramíneas se presentan en diferentes grados de cobertura, como consecuencia de variaciones en la topografía, exposición, altura y por efectos del sobre pastoreo y ubicación geográfica.

- Pastos en recuperación

Este tipo de vegetación (pastizal y pajonal) es parte del proceso de biorestauración ejecutado por Perú LNG, y su distribución se restringe dentro del Derecho de Vía del gasoducto.

- Cactáceas

Vegetación climática abierta dominada por grandes cactáceas columnares arborescentes entre las que se intercalan cactáceas arbustivas y globulares, así como matorrales muy xeromórficos.

Se desarrolla en las serranías y laderas andinas occidentales bajas, en zonas con bioclima desértico árido e hiperárido donde representa la vegetación potencial clímax, sobre suelos minerales generalmente muy pedregosos.

- Arbustos en recuperación

Corresponde a las coberturas constituidas por vegetación donde predominan los elementos arbustivos (matorral) dentro del Derecho de vía del gasoducto de Perú LNG. No son consideradas en zonas donde el paisaje es dominado por otro tipo de cobertura vegetal.

C. Humedales

a. Bofedal

• Bofedal

Son asociaciones herbáceas ubicadas en zonas altas, originados por la existencia de lagunas y cursos de agua temporal o permanente. Las comunidades vegetales del bofedal están constituidas por juncáceas y gramíneas principalmente. Es una formación importante porque además de albergar una elevada diversidad de flora y fauna, acumula grandes cantidades de agua (humedal), ubicados generalmente por encima de los 3800 msnm.

Presenta similar escenario climático que el césped de puna; se desarrollan en terrenos de topografía plana o depresionada con mal drenaje natural, donde convergen las aguas de las zonas altas ya sea por filtración o por escurrimiento. Es en estas áreas donde se acumula una cantidad excesiva de humedad, se mantiene la vegetación tierna y verde casi todo el año, constituyendo el sustento de ovinos y camélidos en épocas de sequía (INRENA, 1995).

La zona de estudio presenta dos estaciones climáticas bien diferenciadas: una de estío, entre abril y octubre, caracterizada por días soleados noches muy frías (aquí son frecuentes las heladas) y ausencia de lluvias; y una lluviosa (mal llamada ‘invierno’), entre noviembre y marzo, en la que las precipitaciones son abundantes.

De acuerdo a INRENA (1995) el bofedal se caracteriza, por el predominio de especies de la familia *Juncaceae*, a la que siguen en orden de importancia las familias *Graminae* y *Compositae*. Prácticamente está definida por la presencia de especies de los géneros *Distichia*, *Hyrochoeriso* *alchemilla*, en su composición florística se encuentran especies almohadilladas y no almohadilladas.

En la zona de estudio, los pobladores les dan un uso netamente ganadero a los bofedales.

- Bofedal en recuperación

Son asociaciones herbáceas en proceso de recuperación ubicadas en zonas altas dentro del Derecho de vía del gasoducto de Perú LNG, y su presencia se da debido a la existencia de lagunas y cursos de agua temporal o permanente.

b. Humedal

- Vegetación acuática

Las plantas acuáticas son plantas adaptadas a los medios muy húmedos o acuáticos tales como lagos, orillas de los ríos, lagunas, etc. Estas plantas pueden encontrarse tanto entre las algas como entre los vegetales vasculares.

Su adaptación al medio acuático es variable. Se pueden encontrar diferentes grupos de plantas: unas totalmente sumergidas, otras, las más numerosas, parcialmente sumergidas o con hojas flotantes.

Con fines de este estudio se considera como vegetación acuática aquella que se encuentre permanentemente sumergida a lo largo del año.

- Otro humedal

Incluye a la vegetación de zonas húmedas o asociadas a cuerpos de agua tales como ojos de agua y bordes de quebradas y lagunas, además de zonas de transición entre bofedales y césped de puna que no presente acumulación de materia orgánica.

Esta categoría también comprende a las zonas húmedas dentro del Derecho de vía que no presentan características de bofedales.

D. Centros Poblados

a. Centros Poblados

Son las áreas habitadas o urbanizadas; es decir, la ciudad misma más el área contigua edificada, con usos de suelo de naturaleza no agrícola y que, partiendo de un núcleo central, presenta

continuidad física en todas direcciones hasta el ser interrumpida, en forma notoria, por terreno de uso no urbano como bosques, sembradíos o cuerpos de agua.

E. Zonas de escasa vegetación

Son áreas que no presentan ningún tipo de cobertura vegetal, además de no poseer ningún uso conocido.

a. Zonas rocosas

Representa el agregado natural de partículas de uno o más minerales, con fuerte unión cohesiva permanente, que constituyen masas geológicamente independientes y cartografiables.

b. Desierto

Se caracteriza por ausencia casi completa de vegetación vascular. El área presenta precipitaciones muy bajas o nulas y no recibe influencia de neblinas, lo que impide totalmente la presencia de vida vegetal.

En su distribución, alterna con los Matorrales y herbazales desérticos basimontanos que se encuentran sólo asociados a las hondonadas que acumulan algo de humedad en esta matriz desértica, con los Bosques y arbustales freato-halófilos basimontanos desérticos.

c. Deslizamientos y otros

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas. Se incluyen también las áreas de nieve perpetua o estacional.

F. Accesos

a. Accesos

Son redes de comunicación que están conformadas por las carreteras principales y algunos caminos de penetración de uso permanente, así como otras vías menores que cruzan o llegan al derecho de vía.

Debido a su uso (transporte), no presenta ningún tipo de Cobertura vegetal.

G. Áreas Intervenidas

a. Áreas Intervenidas

- Agricultura

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas, ya sea que se encuentren con cultivos, en rotación y en descanso o barbecho.

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo.

También están incluidos los cultivos permanentes, que son los que se realizan a largo plazo.

- Ganadería

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

- Plantaciones

Son áreas donde se han establecido árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de laderas, protección

de espejos de agua, corrección de problemas de erosión, plantaciones silvopastoriles o generar otro bien o servicio.

En general, el área de estudio tiene características naturales muy favorables para programas de forestación y reforestación, utilizando especies nativas y exóticas, las cotas entre los 1800 a los 3400 msnm parecen ser las más aparentes para el desarrollo de las plantaciones.

El Eucalipto es normalmente la especie más difundida para plantaciones forestales, especialmente en áreas donde su adaptación es muy buena. (Malleux, 1975).

- Estaciones de superficie PLNG

Son áreas intervenidas, que no presentan ningún tipo de Cobertura vegetal y que se establecieron por El Proyecto de PERÚ LNG (Gas Natural Licuado).

Se encuentra distribuido a lo largo de toda el área de estudio, desde el punto de conexión en los Andes de Ayacucho hasta la Planta de LNG ubicada en la costa en el kilómetro 170 de la Panamericana Sur.

- Otros

Son áreas intervenidas con el fin de realizar diversas actividades y que no calzan en las categorías anteriores.

H. Sin Información

Comprende las áreas que debido a condiciones climáticas no se posee información sobre el tipo de cobertura del suelo que presenta.

- a. Nubes

Una nube es un hidrometeoro que consiste en una masa visible formada por cristales de nieve o gotas de agua microscópicas suspendidas en la atmósfera. Las nubes dispersan toda la luz visible, y por eso se ven blancas. Sin embargo, a veces son demasiado gruesas o densas como para que la luz las atraviese, y entonces se ven grises o incluso negras.

b. Sombras

Comprende a las zonas que no se posee información debido a la sombra que proyectan las nubes en una región. También comprende la zona que no posee información generado por la falta de iluminación debido a pendientes pronunciadas.

Por concepto la sombra es una región de oscuridad donde la luz es obstaculizada. Una sombra ocupa todo el espacio detrás de un objeto opaco con una fuente de luz frente a él.