

4.0 LINEA BASE AMBIENTAL -
SOCIAL

4.0

LÍNEA BASE DE AMBIENTAL - SOCIAL

4.1 LÍNEA BASE FÍSICA

4.1.1 CLIMA Y ZONAS DE VIDA

4.1.1.1 GENERALIDADES

El presente capítulo analiza las variaciones espaciales y temporales de las condiciones meteorológicas presentes en el área de estudio, ubicada en la costa sur del Perú, específicamente en las cercanías a la bahía de San Juan de Marcona, distrito de Marcona, provincia de Nazca, región Ica, ésta por su ubicación presenta ciertas particularidades climáticas las que son definidas a partir del análisis de cada una de sus variables. Se incide principalmente en el análisis de la precipitación, temperatura, humedad relativa y vientos, la caracterización de estos parámetros se realiza por sus implicancias físicas y biológicas para el proyecto, en este sentido el capítulo se constituye en un aspecto central de la línea base en general.

El capítulo se desarrolla en base al análisis de un modelo regional para luego definir las características climáticas a nivel local, una vez realizado ello, se considera la información meteorológica proporcionada por las estaciones cercanas al área de estudio de propiedad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), la misma que es revisada y analizada con propiedad y cuyos resultados complementan el capítulo entendiendo que estos datos corroboran el modelo climático desarrollado.

Para la definición de los climas existentes en el área de estudio se utiliza los sistemas de clasificación climática de Köppen y Thornthwaite, así como el sistema de clasificación bioclimática desarrollado Leslie R. Holdridge.

4.1.1.2 FACTORES CLIMÁTICOS

Los principales factores climáticos que dominan el área de estudio son: La Corriente de Humboldt, las altas presiones subtropicales y la posición del área de estudio respecto a la circulación general de los vientos; de este modo el clima del área de estudio presenta características particulares.

Uno de los factores dominantes en la costa central y sur del Perú es la dominancia de los vientos alisios, que desplazan las corrientes frías (Corriente de Humboldt) hacia la costa peruana, en ellas dominan los vientos paralelos a la costa, que ponen en movimiento la cálida y poco profunda capa superficial del océano. Para compensar esto, el agua fría sube de las partes más profundas. A causa de ello, el aire se enfría en bajos niveles y se origina una marcada circulación de aire casi permanente durante todo el día entre el mar y la tierra que arrastra la niebla marina tierra adentro. Esta niebla marina al desplazarse hacia el continente choca con las colinas costeras y ocasiona una lluvia muy fina, durante los meses de invierno, particularmente en la costa central y sur del país.

Otro factor de gran importancia es el Anticiclón del Pacífico Sur. Se trata de un sistema de alta presión que produce condiciones muy estables en la troposfera baja (inversión térmica de subsidencia), temperaturas del mar relativamente bajas, vientos predominantes desde el sur y una extensa cubierta de nubes. Esta cubierta juega un papel importante en el balance de radiación superficial, al reflejar una parte importante que incide sobre ella, enfriando la superficie del mar y la columna de aire en directa interacción con la capa límite marina (CLM), la mezcla interior de la CLM se mantiene por el enfriamiento del tope de la nubosidad y la mezcla mecánica que produce el viento en su interior. Por esta característica, el aire descendente se calienta y pierde humedad, lo que hace poco probable la generación de lluvias, constituyendo así una de las zonas más áridas en el mundo.

La posición a sombra orográfica de la costa se refiere al sentido en que se desplazan los vientos planetarios en la región sur del país, donde la mayor parte del año, estos vientos provienen del oriente amazónico y de la Alta de Bolivia; éstos en su proceso de desarrollo se elevan y enfrían al encontrarse con los Andes orientales, recorren las altiplanicies y luego inician el descenso a la costa al cruzar las cumbres de la Cordillera Occidental. En este descenso se produce igualmente un calentamiento paulatino del aire y la pérdida creciente de su humedad relativa, de este modo al llegar a estos sectores, el aire llega en condiciones de extrema sequedad.

PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

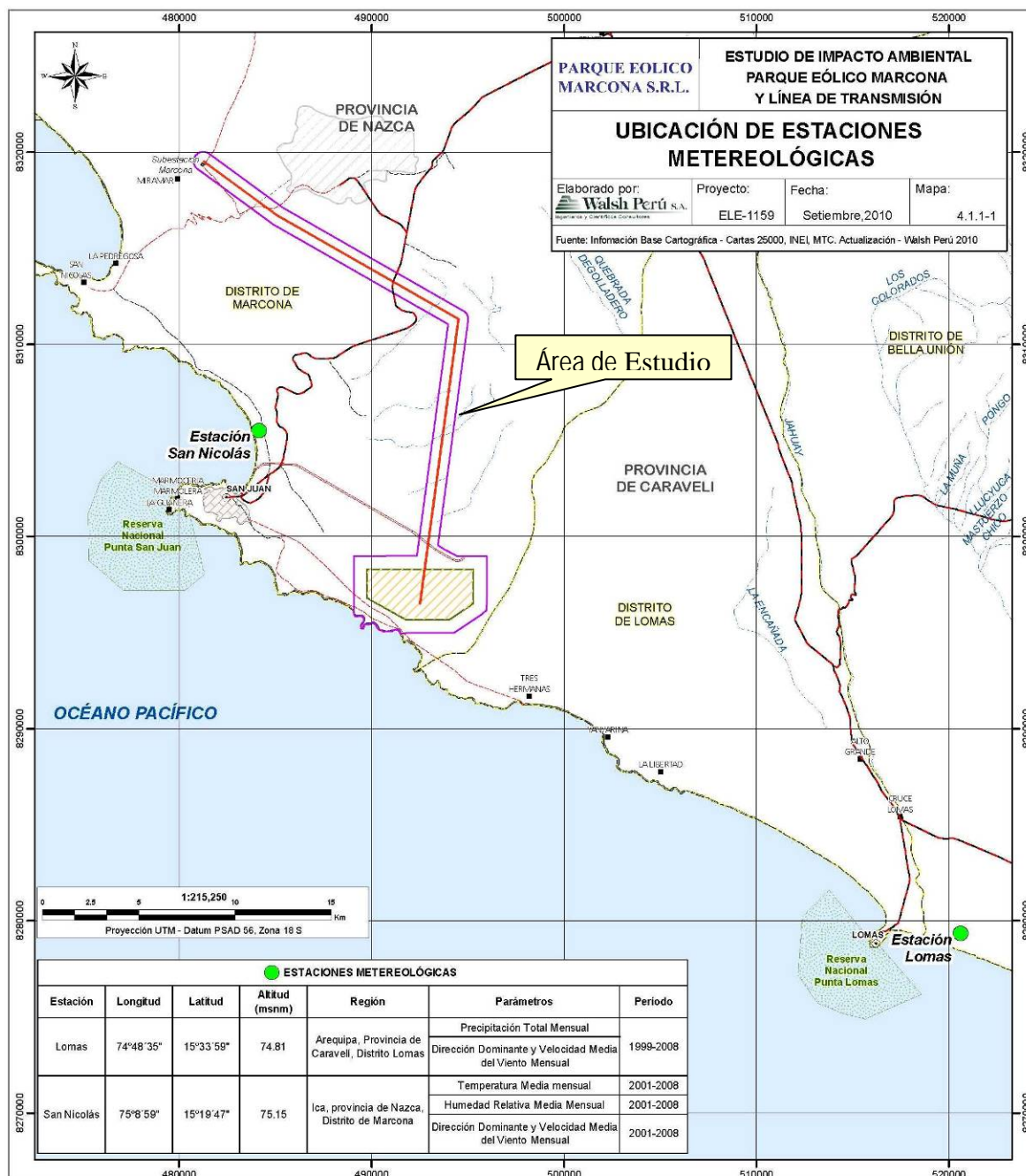
Los datos meteorológicos son obtenidos de las estaciones Lomas y San Nicolás, la primera ubicada a unos 30 km al sur del área de estudio y la segunda en el entorno cercano, ambos presentan datos bastante actualizados. Se considera que estas estaciones son bastante representativas por su cercanía, afectación por los mismos factores climáticos, similitud de fisiografía, exposición a radiación solar y vientos; por lo mismo los datos de estas estaciones caracterizan plenamente las condiciones climáticas para el área de estudio. En el Cuadro 4.1.1-1 se muestra la información básica de las estaciones consideradas y su representación cartográfica en la Figura 4.1.1-1.

Cuadro 4.1.1-1 Datos y ubicación general de las estaciones

Estación Meteorológica	Ubicación					
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Región	Parámetros	Período
Lomas	15° 34'	74° 49'	20	Arequipa, Provincia de Caravelí, Distrito Lomas	Precipitación total mensual	1999-2008
					Dirección dominante y velocidad media del viento mensual	
San Nicolás	15° 20'	75° 09'	18	Ica, provincia de Nazca, Distrito de Marcona	Temperatura media mensual	2001-2008
					Humedad relativa media mensual	2001-2008
					Dirección dominante y velocidad media del viento mensual	2001-2008

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010

Figura 4.1.1-1 Ubicación de Estaciones Meteorológicas.



Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010

Precipitación

A la costa sur del Perú, por su ubicación, le correspondería mayores precipitaciones pero ello no ocurre debido fundamentalmente a la influencia de la Corriente marina de Humboldt, la cual se caracteriza por ser fría, ésta recorre paralela a la costa en dirección sur a norte gran parte del litoral peruano, contribuyendo a aumentar la aridez de la costa producto de la estabilización del aire en contacto con la superficie del agua fría. La estabilización del aire genera que la superficie circundante se sature de humedad, formando una nubosidad muy marcada y casi permanente por

varios meses, generando solamente una precipitación estacional exigua debida a las microgotas que forman las nieblas, en una lluvia débil conocida como garúas.

En el Cuadro 4.1.1-2, se presentan los valores de precipitación correspondientes a la estación Lomas. La condición pluviométrica de Lomas es la de una zona extremadamente desértica, donde hay años frecuentes sin lluvia alguna, salvo débiles humectaciones del suelo como producto de las nieblas invernales o ligeras lloviznas, las cuales totalizan solo trazas de lluvias no medibles.

Cuadro 4.1.1-2 Precipitación mensual y anual

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1999	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0.7
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	4.3	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Prom.	0	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0

Fuente: SENAMHI

Como se observa en el Cuadro 4.1.1-2, las lluvias son prácticamente inexistentes salvo en el mes de julio del año 2004, propias de meses fríos y nublados, y en un volumen mucho menor en diciembre de 1999; con estos valores no es posible realizar ningún análisis; en general las precipitaciones son inexistentes tal como se puede verificar en cuadro precedente. Si bien esta es la característica dominante de los volúmenes de precipitación, es preciso señalar que esta data histórica es aún insuficiente para poder determinar los caracteres generales del clima, sin embargo la evaluación del terreno no evidencia ninguna forma erosiva desarrollada por las lluvias lo que indicaría que el régimen anual e interanual es justamente una condición de extrema aridez.

Temperatura

La temperatura presenta un régimen anual e interanual bastante definida de tal modo que en una región ésta presenta pocas variaciones. En el área de estudio la temperatura está condicionada básicamente por la inversión térmica, fenómeno característico de la costa central y sur del país, con temperaturas invernales marinas y la formación de nieblas estacionales. En años normales, la temperatura invernal de las aguas frías de la corriente costera y afloramientos varía de 14° a 16°C, lo que hace que el viento más cálido y cargado de humedad, que proviene de los anticiclones de altamar (más cálidos por estar fuera de la influencia de las masas frías de la corriente), se enfríe por contacto con el agua fría de la corriente cuando llega en su marcha hacia el continente. El aire enfriado condensa con frecuencia las nieblas invernales, y las nieblas reducen considerablemente la radiación, reduciendo las temperaturas diurnas, y moderando las temperaturas nocturnas. De este modo se presenta una situación de inversión térmica, de invierno, cuando las temperaturas del litoral, son menores que las que se hallan al interior del continente.

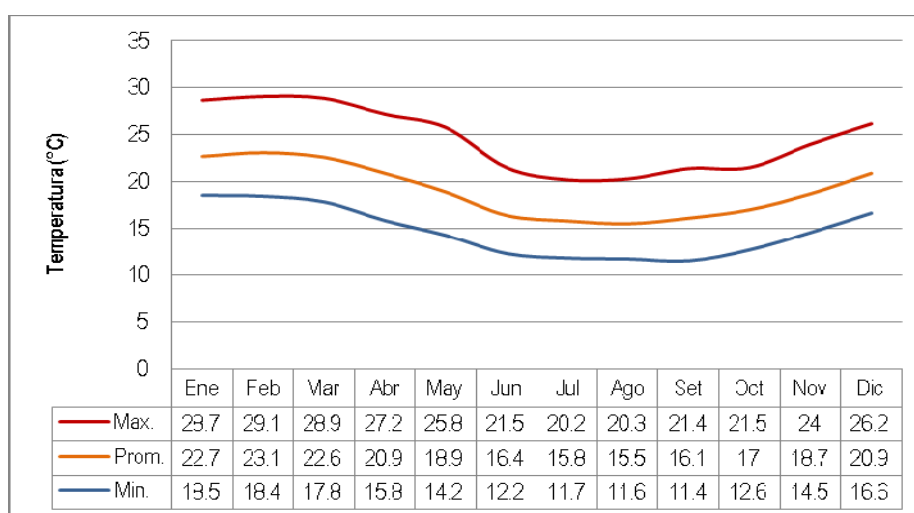
En el Cuadro 4.1.1-3, se muestran los valores mensuales correspondientes y la Figura 4.1.1-2 el comportamiento de la temperatura durante el año.

Cuadro 4.1.1-3 Temperatura media mensual estación San Nicolás

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
Máxima	28,7	29,1	28,9	27,2	25,8	21,5	20,2	20,3	21,4	21,5	24	26,2	24,5
Promedio	22,7	23,1	22,6	20,9	18,9	16,4	15,8	15,5	16,1	17,0	18,7	20,9	19,0
Mínima	18,5	18,4	17,8	15,8	14,2	12,2	11,7	11,6	11,4	12,6	14,5	16,6	14,6

Fuente: SENAMHI

Figura 4.1.1-2 Régimen anual



Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010

Fuente: SENAMHI

La temperatura media es de 19°C con una variación anual de 7°C. El promedio de las temperaturas máximas medias es de 24°C, llegando incluso entre 28 y 29°C que corresponde a los meses de enero a marzo, esto por la mayor incidencia de los rayos solares, todo ello se ve favorecido además por la escasa presencia de nubes en estos meses. En el caso de las temperaturas mínimas, esta presenta un promedio alrededor de 14°C, descendiendo incluso hasta cerca a los 11°C en los meses de invierno (junio – setiembre).

4.1.1.3 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa (HR) sigue una marcha inversa, en general, a la temperatura. Esto es así, porque, al aumentar la temperatura, se incrementa la presión de saturación, con lo que la humedad relativa disminuye. Si, por el contrario, la temperatura desciende, disminuye también la presión de saturación, con lo que la humedad relativa aumenta. En la región de la costa central y sur del Perú, las temperaturas no son muy elevadas y la abundancia de agua en el océano producen valores considerables de HR, este hecho está relacionado también a la abundante nubosidad.

Para la evaluación de la humedad relativa en el área de estudio se trabajó con la estación San Nicolás, cuyos valores medios mensuales se presentan en el Cuadro 4.1.1-4 y en la Figura 4.1.1-3,

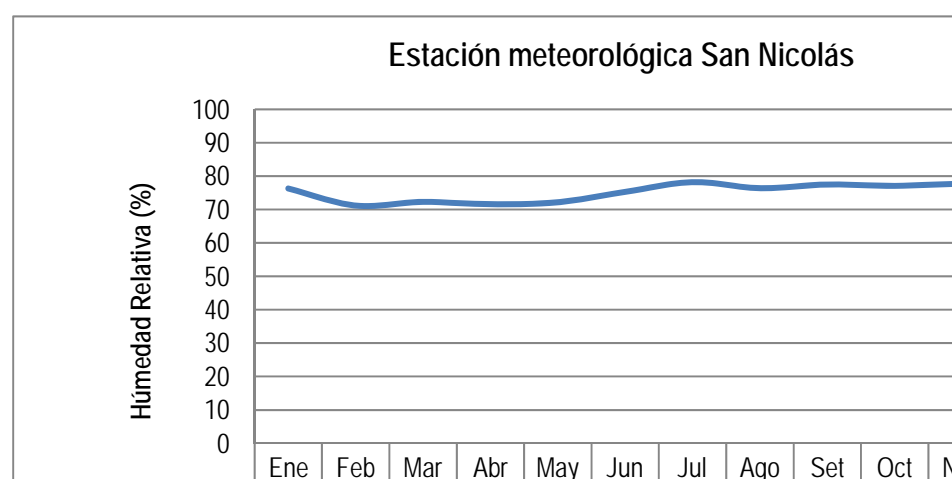
se muestra el régimen anual. La humedad relativa promedio en el área de estudio está alrededor de 75% y pocas veces baja a menos de 70%; en gran parte de la costa peruana durante el invierno están cubiertas de una niebla persistente que no deja pasar los rayos del sol pero por otro lado estas generan la acumulación de la HR.

Cuadro 4.1.1-4 Humedad relativa media mensual

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
San Nicolás	76,3	71,2	72,3	71,6	72,2	75,3	78,2	76,4	77,5	77,1	77,7	76,9	75,2

Fuente: SENAMHI

Figura 4.1.1-3 Régimen anual - humedad relativa periodo 2001 – 2008.



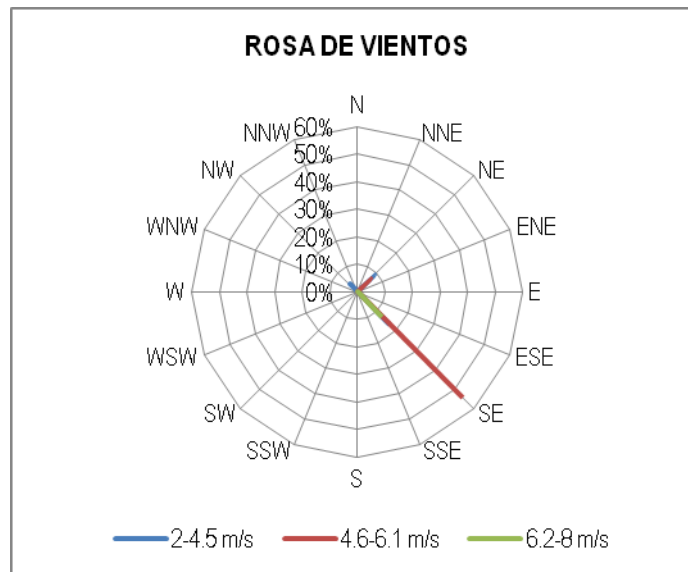
Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010
Fuente: SENAMHI

Vientos

La costa peruana está dominada principalmente por las brisas costeras. Éstas, por el diferente comportamiento térmico existente entre el mar y la tierra, determinan que en las líneas de costa se generen habitualmente ciertas diferencias de temperatura. Durante el día, la tierra se recalienta mucho más que el mar, en tanto que por la noche el mar conserva su calor mucho más que la tierra. Estas diferencias térmicas originan diferencias de densidad que propician la aparición de circulaciones del aire, esta circulación mar-continente se ve reflejada en la dirección general que siguen los vientos en el área de estudio, como se observa en la Figura 4.1.1-4 y 4.1.1-5.

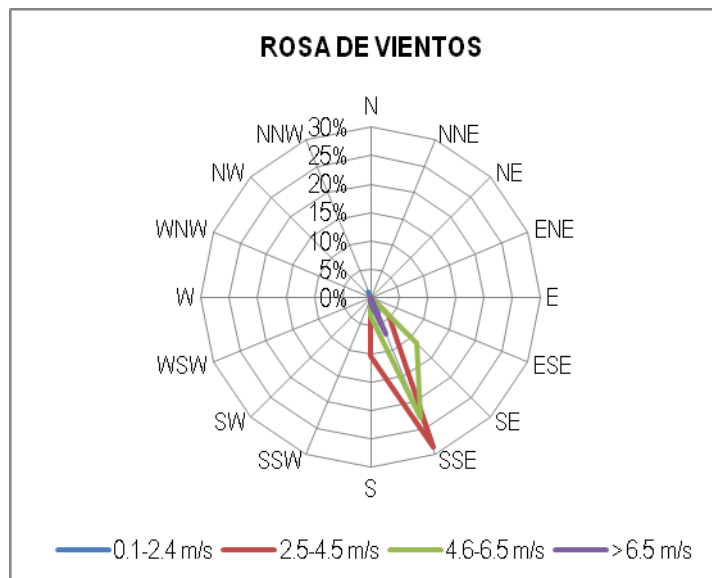
Durante el día, el aire más frío y denso del océano se dirige hacia la superficie terrestre, en la cual el aire cálido y ligero presenta una tendencia a subir; se organiza así una circulación dirigida desde el mar a la tierra en superficie y contrarrestada por una circulación de sentido opuesto en las capas más altas del aire. Se trata de la brisa marina o "virazón", que se inicia en las primeras horas del día y alcanza su máxima intensidad en las horas centrales del día.

Figura 4.1.1-4 Estación Lomas



Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010
Fuente: SENAMHI

Figura 4.1.1-5 Estación San Nicolás



Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010
Fuente: SENAMHI

Las Figuras 4.1.1-4 y 4.1.1-5, muestran una marcada dominancia del viento que proviene del SE y SSE respectivamente; estas direcciones dominantes se debe al desplazamiento que tienen los vientos fríos y densos del océano hacia las costas. Las velocidades correspondientes están entre 2 a 8 m/s, éstos según la escala de Beaufort van desde vientos flojos a moderados.

CLASIFICACIONES CLIMÁTICAS

Clasificación de Köppen

Para la determinación climática, Köppen se apoya en varias variables; primero a partir del régimen térmico, de este modo en el área de estudio la temperatura del mes más frío es de 15, por ende se cataloga como un clima seco B, luego en base al índice de aridez K se establece que este es cero así se presenta como una zona desértica subhúmedo. Teniendo en cuenta la precipitación se evalúa finalmente el régimen de precipitaciones en donde el promedio de éste es cero y por tanto $K=0$. Finalmente el clima del área se define como de tipo BWh, éstos se caracterizan por su aridez, fruto primordialmente de escasas precipitaciones, unido a elevados valores de evaporación que crean un balance de agua deficitario durante todo año.

Clasificación de Thornthwaite

Esta clasificación se basa en el concepto de la evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua, el que determina el déficit o excedente de agua. La evapotranspiración potencial (ETP) se determina a partir de la temperatura media mensual y corregida según la duración de la radiación solar en el día; y el exceso de déficit se calcula a partir del balance de vapor de agua, considerando la humedad, que junto con la ETP permite definir los tipos climáticos, en función del momento del año con exceso o falta de agua y de la concentración estacional de la eficacia térmica. Según esto se determina el tipo climático.

Cuadro 4.1.1-5 Determinación del tipo climático

Grado de favorabilidad	Estaciones consideradas para el BH
Jerarquía de Humedad	
Valores del Índice I	-1.3
Símbolo y Carácter del Clima	C ₁ : Seco subhúmedo
Vegetación Característica	Escasa vegetación
Sub Tipo de Humedad	
Símbolo	d
Significado	Seco
Eficacia Térmica	
Valores del Índice I'	Tercer mesotérmicos (ETP Anual 873.6)
Símbolo y Carácter del Clima	B ₃ '
Tipo de Distribución	
Porcentaje	35,7
Símbolo	a'
Clima Identificado	C ₁ d B ₃ 'a'

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010

En conclusión, el clima correspondiente al área de estudio se define como C₁d B₃'a', que se lee *clima seco subhúmedo, mesotérmico, con déficit de agua todo el año y baja concentración de eficacia térmica en verano*.

Síntesis

Los dos sistemas de clasificación para el área de estudio lo identifican como un clima árido subhúmedo, con déficit hídrico todo el año. Estos sistemas de clasificación son de aceptación universal y constituyen en todo el mundo la base para la evaluación de los recursos naturales y de los ecosistemas.

4.1.1.4 ZONAS DE VIDA

La costa sur del Perú presenta una homogeneidad climática, con valores muy bajos de precipitación, tal como se describe líneas arriba, sin embargo por la diferencia de altitud que presenta el área de estudio se presentan tres zonas de vida. Las unidades correspondientes a las zonas de vida del área de estudio se desarrollan sobre la base de lo establecido en la Guía Explicativa del Mapa Ecológico del Perú (ONERN 1976).

Desierto desecado – Templado cálido (dd-Tc)

En la zona de vida desierto desecado – Templado cálido. La biotemperatura media anual máxima se ubica alrededor de los 19.4°C, mientras que la media anual mínima se ubica alrededor de los 16.3°C, el promedio de precipitación total por año oscila entre 15.1 mm y 4.4 mm correspondientes a los valores máximos y mínimos promedios respectivamente.

De acuerdo al diagrama de Holdridge, el promedio de la evapotranspiración potencial total por año es mucho más de 64 veces la precipitación, lo que la ubica en la provincia de humedad de Desecado.



Foto 1 Este tipo de zona de vida predomina en las terrazas marinas, cercanas al área de la concesión de los aerogeneradores. Altitud 40 msnm Agosto - 2010.

Desierto superárido – Templado cálido (ds-Tc)

En esta zona de vida la biotemperatura media anual máxima es de 19.5°C y la media anual mínima 16°C, el promedio máximo de precipitación total por año es de 47.3 mm y el promedio mínimo, de 3.4 mm. Según el sistema de Holdridge, el promedio de la evapotranspiración potencial total por año fluctúa entre 16 y 32 veces la precipitación, por ello encontrándose en la provincia de humedad Superárido.



Foto 2 En la vista se aprecia la cima del cerro Colorado o Tres Hermanas, donde se colocarán los aerogeneradores, El tipo de vegetación que la cubre son de lomas. Altitud 350 msnm Agosto - 2010.

Desierto perárido – Templado cálido (dp-Tc)

En esta zona de vida la biotemperatura media anual es de 18.3°C. De acuerdo al sistema de Holdridge, la evapotranspiración potencial total por año varía entre 8 y 16 veces la precipitación, siendo característica la provincia de humedad Perárido.

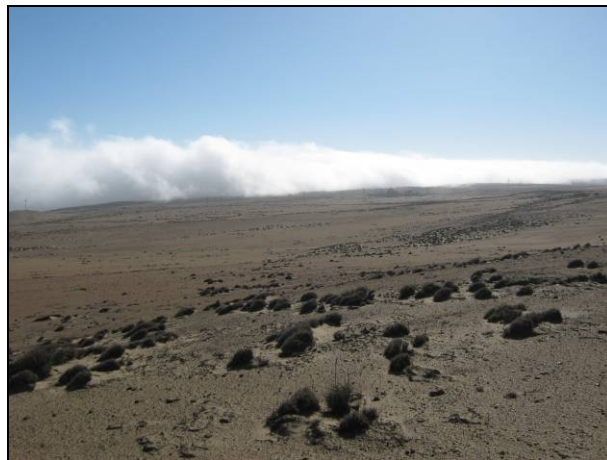
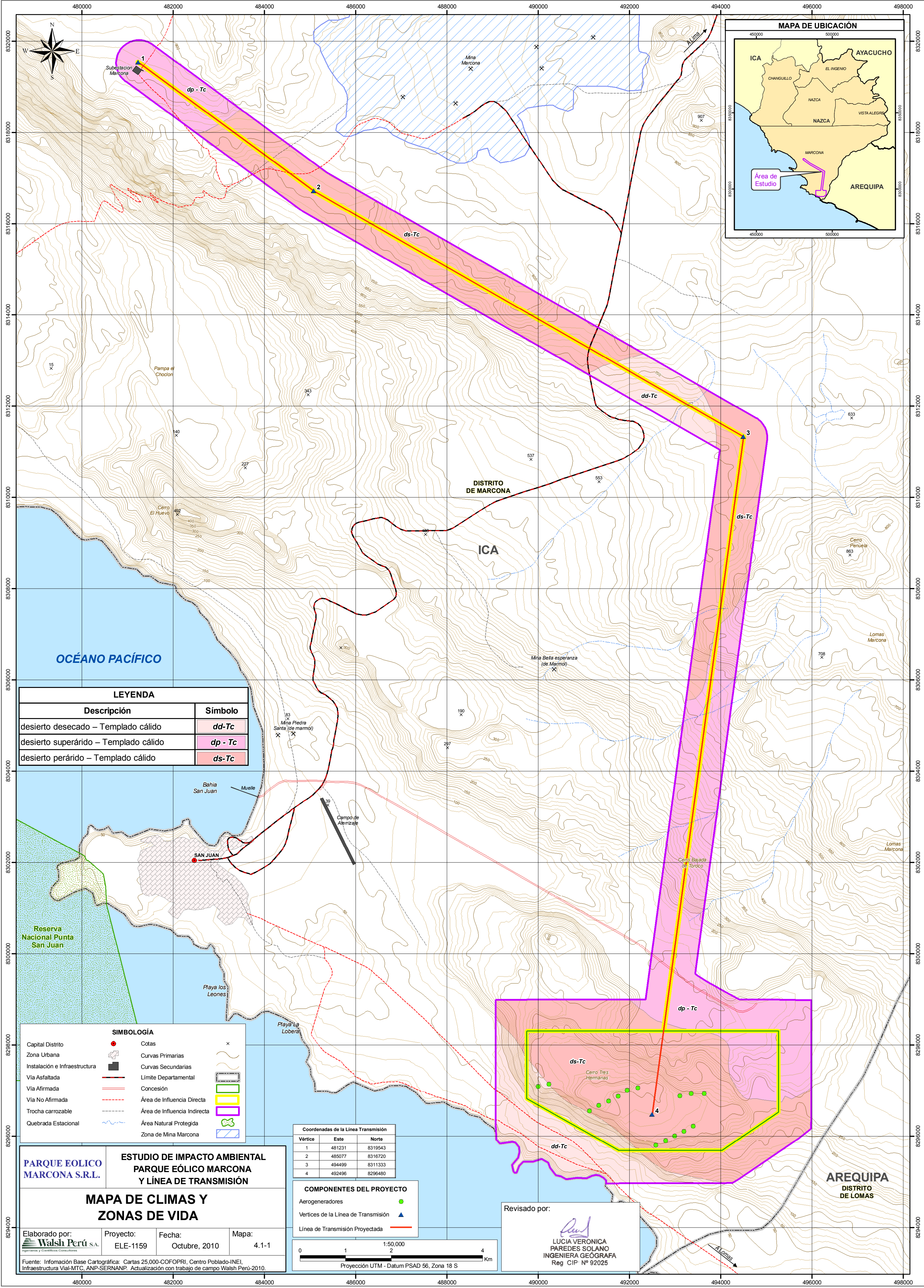


Foto 3 En esta zona de vida se caracteriza por presentar tillandsiales, la vista es circundante a la subestación Marcona. Altitud 830 msnm Agosto-2010.



4.1.2 CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO AMBIENTAL

El presente capítulo muestra los resultados de la evaluación de calidad del aire y ruido en el área de influencia del proyecto Parque Eólico Marcona y línea de transmisión. La finalidad del mismo es establecer las condiciones iniciales existentes en el sector de estudio respecto a las concentraciones de partículas y gases, además, de registrar los niveles actuales de ruido.

Las centrales eólicas se basan en la utilización de la fuerza del viento como energía primaria para la producción de energía eléctrica. Las principales emisiones a la atmósfera corresponderán al material particulado (PM_{10}) y se presentarán durante la etapa de construcción, producto de los movimientos de tierra relacionados con excavaciones, carga, descarga y transporte de materiales inertes. Sin embargo, dada la envergadura de las obras y su carácter puntual y esporádico, las emisiones de material particulado se consideran poco significativas. El área del proyecto, presenta buenas condiciones de ventilación dada su proximidad al borde costero permitiendo la dispersión y desplazamiento de los contaminantes. Asimismo, la mayor parte de los frentes de trabajo se emplazan distantes de centros poblados, por lo que no existirán receptores directos.

Los muestreos de aire (PM_{10} y gases) y mediciones de ruido fueron llevados a cabo en dos puntos ubicados uno en la zona del proyecto (Parque Eólico) y el otro en el distrito de San Juan de Marcona. El criterio considerado para la selección de estos puntos está en concordancia con el D.S. N° 074-2001-PCM (*Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire*) y D.S. N° 085-2003-PCM (*Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental de ruido*) que establecen la necesidad de proteger la salud de las personas.

Las muestras de partículas PM_{10} fueron analizadas en el laboratorio acreditado CORPLAB (Corporación Laboratorios Ambientales del Perú S.A.C). Mientras que las concentraciones de gases en el aire (CO y NO_2) fueron registradas por equipos automáticos que reportaron concentraciones horarias. Asimismo, los niveles de ruido ambiental se obtuvieron con mediciones puntuales de 15 minutos en horario diurno y nocturno.

La ubicación de los puntos de muestreo de calidad ambiental (aire, ruido, campos electromagnéticos y calidad de suelo) se presenta en el Mapa 4.1-2.

4.1.2.1 CALIDAD DEL AIRE

La calidad del aire está determinada por su composición. La presencia o ausencia de varias sustancias y sus concentraciones son los principales factores determinantes de la calidad del aire. Debido a esto, la calidad del aire se expresa mediante la concentración o intensidad de contaminantes. Generalmente, se toma como indicadores de la calidad del aire a las partículas en suspensión (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y contaminantes gaseosos (SO_2 , CO , O_3 y NO_2).

A continuación se describe brevemente cada uno de los indicadores de calidad del aire que se encuentran regulados por la legislación peruana en el *Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire* (DS N° 074-2001-PCM):

Partículas menores a 10 Micras (PM₁₀)

Las PM₁₀ son la fracción respirable de las partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen. Estas están constituidas por aquellas partículas de diámetro inferior a 10 micras y tienen la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio hasta los alvéolos pulmonares. Las principales fuentes son la combustión de combustibles fósiles; procesos industriales; incendios; erosión eólica y erupciones volcánicas.

Partículas menores a 2.5 Micras (PM_{2.5})

La fracción respirable más pequeña es conocida como PM_{2.5} y está constituida por aquellas partículas de diámetro inferior o igual a las 2,5 micras, es decir, muchísimo más pequeñas que las partículas que a veces vemos a la luz del sol. Su tamaño hace que sean 100% respirables, por lo que penetran el aparato respiratorio y se depositan en los alvéolos pulmonares y pueden llegar al torrente sanguíneo.

Monóxido de Carbono (CO)

El CO es un gas que se genera como producto de desecho en la combustión incompleta del carbón, madera, aceite y otros combustibles productos del petróleo (por ejemplo, gasolina, propano, etc.). La fuente principal de CO son los motores de combustión interna.

Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

La formación de NO₂ en la atmósfera resulta de la oxidación del NO generado en los motores de combustión interna por combinación directa de nitrógeno y oxígeno. La mayor fuente de emisiones de óxidos de nitrógeno es el uso de combustibles fósiles por fuentes fijas y móviles.

Dióxido de Azufre (SO₂)

El SO₂ se origina por la combustión o proceso de combustibles que contienen azufre (diesel y petróleo principalmente) y la fundición de minerales ricos en sulfatos. Se genera principalmente por la industria (incluyendo las termoeléctricas), seguido de los vehículos automotores.

Los compuestos que contienen azufre están presentes en la atmósfera natural no contaminada. Estas sustancias provienen de la descomposición bacteriana de la materia orgánica, de los gases volcánicos y otras fuentes. Sin embargo, su contribución resulta muy pequeña en comparación con las producidas en los centros urbanos e industriales como resultado de las actividades humanas.

Sulfuro de Hidrógeno (H₂S)

El H₂S se encuentra naturalmente en el petróleo crudo, gas natural, gases volcánicos y manantiales de aguas termales. También se puede encontrar en aguas pantanosas, lagunas o aguas estancadas, desagües, estanques de harina o aceite de pescado, barcos pesqueros y alcantarillados. También puede ocurrir como resultado de la degradación bacteriana de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. Se genera en refinerías de petróleo.

Ozono (O₃)

También denominado ozono ambiental. Se trata de un gas que se crea a través de reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV) derivados de fuentes como la quema de combustible.

Su formación empieza a partir de la emisión del dióxido de nitrógeno (NO₂) e hidrocarburos (compuestos que reaccionan en la presencia de calor y luz solar para producir ozono).

Benceno

Las fuentes naturales de benceno, entre las que se incluyen los gases emitidos por volcanes y los incendios forestales, también contribuyen a la presencia de benceno en el medio ambiente. El benceno también se encuentra en el petróleo y la gasolina y en el humo de cigarrillos.

Hexano

Forma parte de la gasolina de automóviles y es utilizado para la extracción de aceite de semillas, como disolvente en reacciones de polimerización y en la formulación de algunos productos adhesivos, lacas, cementos y pinturas.

Plomo (Pb)

Con respecto a su incidencia en el medio ambiente, el plomo se encuentra de forma natural en el ambiente, pero las mayores concentraciones encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas.

Para el presente estudio se ha considerado evaluar los niveles de concentración actuales de aquellos contaminantes que podrían verse afectados por el proyecto, especialmente en la etapa de construcción, tal es así que se consideró el muestreo de los siguientes contaminantes: PM₁₀, CO y NO₂, debido a las características antes mencionadas de estos tres contaminantes, se presume que sobretodo en la etapa de construcción se producirá un incremento de sus niveles actuales.

Respecto al PM_{2.5}, SO₂, H₂S, O₃ Plomo, Benceno y Hexano estos no fueron considerados ya que en la zona del proyecto (Parque Eólico Marcona) no se ha identificado fuentes generadoras de estos parámetros.

4.1.2.2 RUIDO AMBIENTAL

Las emisiones de ruido en la etapa de construcción corresponderán a maquinaria utilizada en excavaciones y movimiento de tierras y al tránsito de camiones utilizados para el transporte y montaje de los aerogeneradores. Durante la etapa de operación la emisión de ruido estará asociada a la operación de los aerogeneradores, producto del movimiento de los engranajes del sistema de transmisión y generación y al ruido producido por el flujo del viento sobre las aspas.

Conforme al fabricante, los aerogeneradores cumplen la normativa de ruido internacional, el ruido principal de la unidad de generación no será provocado por el motor, sino que por el roce del aspa con el aire.

4.1.2.3 UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Se realizó el muestreo de partículas en suspensión (PM_{10}), gases (CO y NO_2) y medición de niveles de ruido en los puntos detallados en el Cuadro 4.1.2-1.

Cuadro 4.1.2-1 Descripción de puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	Ubicación	Coordenadas UTM-PSAD 56		Altura msnm
			Norte	Este	
CA-01 Aire	Del 24 al 26 de junio	Parque Eólico. Aprox. 10 km al Sureste de San Juan de Marcona	492,646	8 296,820	344
CA-02 Aire	Del 24 al 26 de junio	Distrito de San Juan de Marcona	483,054	8 300,848	29
CR-01 Ruido	26 de junio	Parque Eólico. Aprox. 10 Km al Sureste de San Juan de Marcona	492,675	8 296,823	339
CR-02 Ruido	26 de junio	Distrito de San Juan de Marcona	483,084	8 300,844	32

Fuente: Walsh Perú S.A.

4.1.2.4 METODOLOGÍA

La metodología y criterios para la evaluación de la calidad del aire siguió lo indicado en el *Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental del aire* (D.S. N° 074-2001-PCM) y en el *Protocolo de monitoreo de calidad del aire y gestión de los datos* (R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA).

Las PM_{10} fueron medidas con muestreadores de Alto Volumen (Hi Vol) que cumple con el método descrito en el D.S. N° 074-2001-PCM. El muestreador usa filtros de fibra de cuarzo; en este sistema las partículas son recolectadas en el filtro durante 24 horas, el cual es pesado antes y después del muestreo para determinar el peso neto obtenido en la muestra recolectada.

Para el muestreo de gases en el aire (CO y NO_2) se emplearon analizadores automáticos autorizados por el D.S. N° 074-2001-PCM, también considerado en la R.D. N° 1404/2005/DIGESA/SA. Estos equipos registran información minuto a minuto y reportan concentraciones promedio horarias. Los analizadores de gases tienen aprobación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US Environmental Protection Agency, EPA) como métodos de referencia, definidos en 40 CFR, Part 53, USEPA

Las mediciones de ruido fueron llevadas a cabo según lo señalado en el *Reglamento de estándares nacionales de calidad ambiental para ruido* (D.S. N° 085-2003-PCM), que a su vez cita como referencia la Norma ISO serie 1996 (ISO/NTP 1996-1:2007 Acústica - Descripción, medición y valoración del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimientos de valoración. ISO 1996-2:2007 Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of environmental noise levels).

Se midió niveles de ruido por 15 minutos en cada punto de calidad del aire, tanto en horario diurno (de 07:01 a 22:00 horas) como en horario nocturno (de 22:01 a 07:00 horas). Los resultados serán expresados en el nivel $LAeqT$ (Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente con Ponderación "A"), tal como lo señala el D.S. N° 085-2003-PCM.

Asimismo, junto con los muestreos de aire también se realizó el registro de parámetros meteorológicos (velocidad y dirección del viento, temperatura ambiental, y humedad relativa). Para tal fin se utilizó una torre meteorológica portátil que registró promedios horarios, permitiendo la trazabilidad de los datos para el análisis de los resultados de calidad del aire.

En el Anexo B-1 se adjuntan los certificados de calibración de los equipos utilizados para los muestreos de aire, registro de parámetros meteorológicos y medición de niveles de ruido.

4.1.2.5 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

A. PARTÍCULAS Y GASES

Como se observa en el Cuadro 4.1.2-2 los resultados obtenidos en los dos puntos evaluados mostraron valores de PM₁₀, CO y NO₂ por debajo de las concentraciones máximas establecidas por los ECA's Aire (D.S. N° 074-2001-PCM).

En el Anexo B-2 se adjuntan los informes de ensayo de PM₁₀ emitidos por el laboratorio y los registros horarios de gases (CO y NO₂) obtenidos durante los días de monitoreo.

Cuadro 4.1.2-2 Concentraciones de partículas y gases en los puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Fecha de muestreo	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)		NO ₂ (µg/m ³)
		24 Horas	Máx. Prom. 8 Horas	Máx. 1 Hora	1 Hora
CA-01	24-jun-2010	48,0	611	924	5,6
	25-jun-2010	38,8	311	490	3,3
	26-jun-2010	36,3	483	543	4,3
CA-02	24-jun-2010	66,8	2,406	2,599	22,5
	25-jun-2010	67,9	2,508	2,622	22,8
	26-jun-2010	59,3	2,518	2,762	28,8
ECA (D.S. N° 074-2001-PCM)		150	10,000	30,000	200

Elaboración Walsh Perú, 2010.

B. PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

En el Cuadro 4.1.2-3 se muestran los valores mínimos, máximos y promedios de los parámetros meteorológicos registrados durante los días de monitoreo. La estación meteorológica portátil fue instalada en el punto CA-02, en el distrito de San Juan de Marcona.

Cuadro 4.1.2-3 Resumen de parámetros meteorológicos.

Puntos de registro	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)			Velocidad del viento (m/s)			Dirección predominante del viento
	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	Mín	Prom	Máx	
24/06/10	11,6	15,9	18,5	60,9	70,9	78,4	3,7	4,7	5,7	S, SSW,SW
25/06/10	13,9	15,8	18,3	59,5	70,0	79,7	3,6	4,9	6,4	S
26/06/10	14,6	16,5	19,1	59,6	70,3	81,4	4,1	5,4	6,4	SSW
27/06/10	14,9	16,1	18,4	65,8	76,7	82,9	5,2	6,2	7,1	SSW

Elaboración: Walsh Perú, 2010

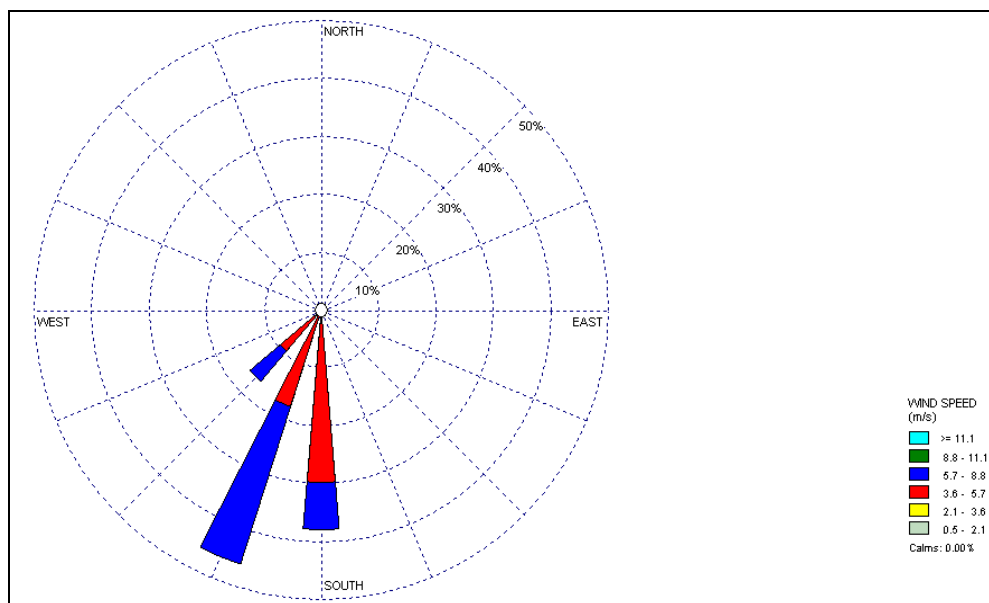
La temperatura ambiental o del aire es un parámetro que varía con la hora del día y con la estación del año. Durante el periodo de muestreo el comportamiento de la temperatura presentó un valor mínimo de 11.6 °C y un valor máximo de 19.1 °C. En general los valores registrados son típicos de los meses de invierno. Los más altos valores ocurrieron entre las 12:00 y 14:00 horas.

La humedad relativa disminuyó conforme avanzaban las horas de sol y por el aumento de la temperatura en el aire. Luego se incrementó lentamente hasta alcanzar sus valores máximos, hasta 82.9%, en horas de la madrugada. Este fenómeno se explica porque durante el día la temperatura aumenta, provocando que el vapor de agua y la capacidad de retención de humedad del aire disminuyan.

El viento presentó mayor porcentaje de ocurrencia para velocidades entre 3.6 y 5.7 m/s. No se registraron periodos de calma (velocidades menores a 0.6 m/s, según la escala de Beaufort). Asimismo, predominaron vientos provenientes del Sur-suroeste (SSW).

En la Figura 4.1.2-1 se presenta la rosa de vientos elaborada con información horaria de velocidad y dirección del viento; la gráfica indica la distribución de velocidades del viento en diferentes direcciones desde donde sopla el viento. Los registros horarios de parámetros meteorológicos son mostrados en el Anexo B-3.

Figura 4.1.2-1 Rosa de vientos.



Elaboración: Walsh Perú, 2010

C. RUIDO AMBIENTAL

En el Cuadro 4.1.2-4 se presentan los resultados de las mediciones de ruido ambiental en horario diurno y nocturno. Los máximos niveles de ruido fueron registrados en el punto CR-01 (donde estará ubicado el parque eólico), ambos valores superan los estándares para zona residencial¹, pero son inferiores a los estándares para zona industrial².

¹ "Área autorizada por el gobierno local correspondiente para el uso identificado con viviendas o residencias, que permiten la presencia de altas, medias y bajas concentraciones poblacionales" (Art. 3-Definiciones, inciso (v), del D.S. N° 085-2003-PCM).

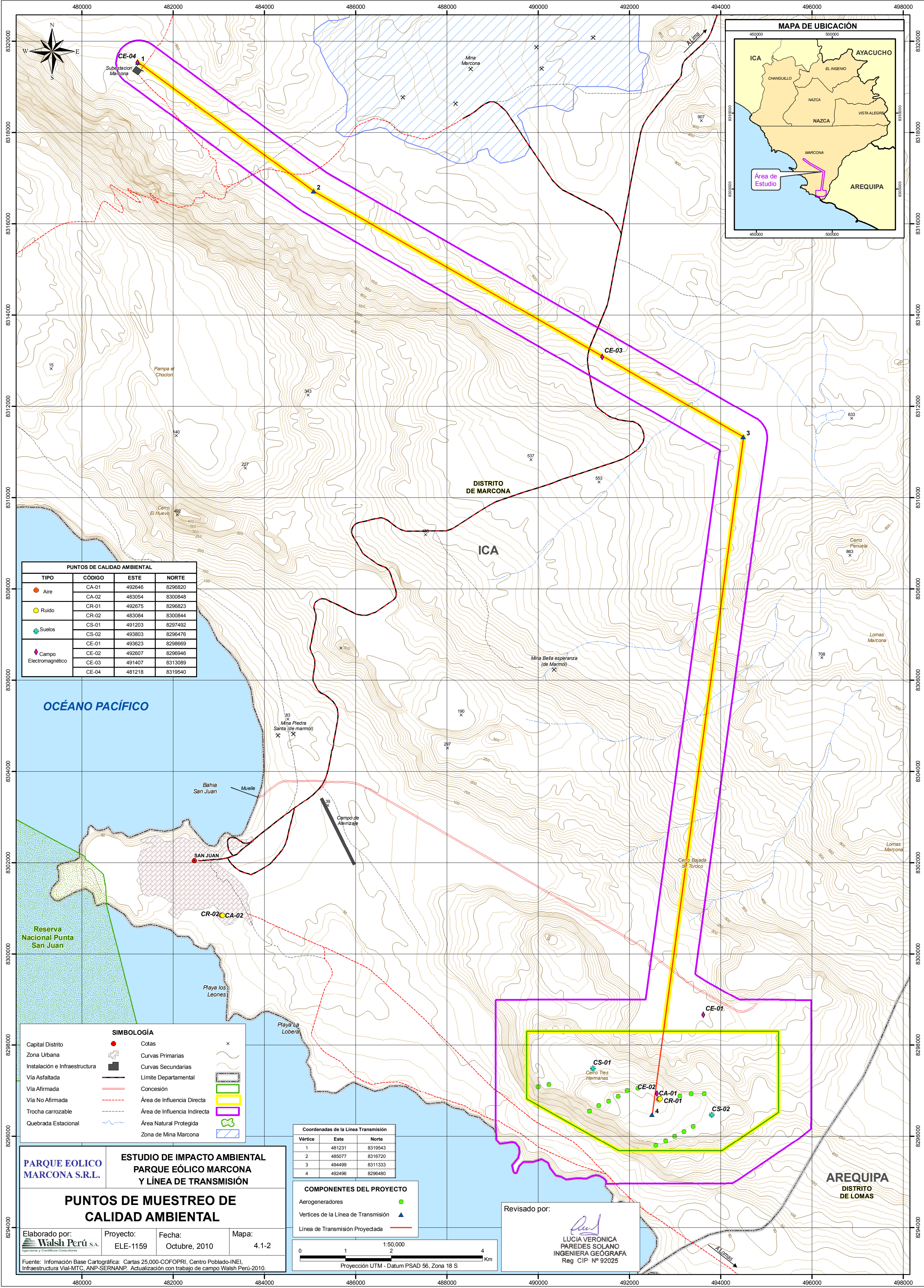
² "Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades industriales" (Art. 3-Definiciones, inciso (s), del D.S. N° 085-2003-PCM).

Cuadro 4.1.2-4 Registros de ruido ambiental en los puntos de medición.

Puntos de Medición	Lugar	LAeqT (dBA)	
		Diurno (07:01 a 22:00 horas)	Nocturno (22:01 a 07:00 horas)
CR-01	Zona del proyecto	70,2	68,1
	ECA (D.S. N° 085-2003-PCM) Zona Industrial	80	70
CR-02	San Juan de Marcona	48,2	48,1
	ECA (D.S. N° 085-2003-PCM) Zona Residencial	60	50

Elaboración Walsh Perú, 2010.

En el punto de medición CR-01 el sonido generado por el viento es la principal fuente de ruido identificada en el área donde se instalará el parque eólico, mientras que en el punto CR-02, ubicado en el distrito de Marcona, las principales fuentes de ruido están constituidas por los sonidos procedentes del tránsito esporádico de vehículos motorizados y personas.



4.1.3 CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Esta sección presenta los niveles de campos electromagnéticos registrados en el área concerniente a la localización del Parque Eólico Marcona y su línea de transmisión la cual se conectará a la sub-estación Marcona. Los alcances de evaluación incluyen la comparación con los límites permisibles establecidos en la normativa nacional y en las recomendaciones de la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección contra la Radiación No Ionizante). La ubicación espacial de los puntos de muestreo se observa en el mapa de puntos de muestreo de calidad ambiental (Mapa 4.1-2).

Se debe señalar que la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), realizan diversos estudios sobre el posible efecto de los campos electromagnéticos de baja frecuencia en el ser humano. Como resultado de estas investigaciones se concluye que para bajas frecuencias de hasta 10 MHz, es factible que se produzca la inducción de corriente eléctrica en los tejidos y en las células.

En ese sentido, la presente sección muestra los resultados de las mediciones de campos electromagnéticos realizados en la zona de estudio. Los valores obtenidos son comparados con los límites o estándares recomendados por los entes gubernamentales nacionales y entidades internacionales, que garantizarían minimizar los posibles efectos sobre la salud humana, principalmente.

4.1.3.1 ESTÁNDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA RADIACIONES NO IONIZANTES

El D.S. N° 010-2005-PCM aprobó los *Estándares de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes*, los cuales se basaron en las recomendaciones establecidas por la Comisión internacional para la protección contra radiaciones no ionizantes - ICNIRP. Las mediciones de radiación no ionizantes se han llevado a cabo tomando en cuenta estos estándares.

En el Cuadro 4.1.3-1 se presenta el ECA para exposición a las radiaciones no ionizantes producidas por las líneas eléctricas de 60Hz y los límites señalados por el ICNIRP. Este último especifica la diferenciación para exposición de tipo ocupacional y de tipo poblacional.

Cuadro 4.1.3-1 Estándares nacionales de calidad ambiental nacional e ICNIRP - para radiaciones de baja frecuencia- (60-Hz)

Frecuencia "f"(Hz)		E(kV/m)	H(A/m)	B(μT)
Límites ECA (*)	60Hz	250 / f	4 / f	5 / f
Límites ICNIRP para Exposición Ocupacional		8,3	336	420
Límites ICNIRP para Exposición del público en general (Poblacional)		4,2	66.4	83

Fuente: (*) D.S N° 010-2005-PCM, aplica a redes de energía eléctrica, líneas de energía para trenes, monitores de video
Comisión Internacional para la protección contra Radiaciones no Ionizantes ICNIRP.

Donde:

E: Intensidad de Campo Eléctrico, medida en kVoltios/metro (k.V/m)

H: Intensidad de Campo Magnético, medido en Amperio/metro (A/m)

B: Inducción Magnética (μT)

4.1.3.2 PROTOCOLO DE MEDICIÓN PARA REDES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El protocolo de medición fue desarrollado tomando como referencia el estándar IEEE 644 *Standard Procedures for Measurement of Power Frequency Electric and Magnetic Fields from AC Power Lines* (1994) que, entre otros aspectos, establece que las mediciones deben ser realizadas a una

altura de un metro sobre el piso, considerándose mediciones en otras alturas cuando sea necesario. En el caso de los campos eléctricos se recomienda que el operador mantenga una distancia mínima de 2.5 m de la sonda.

Ubicado el punto de medición, se procede con la medición RMS de la inducción magnética B (μT) para 60 Hz y se toma nota de los valores máximos. Luego se toman lecturas del máximo porcentaje de exposición poblacional, de acuerdo a las recomendaciones del ICNIRP. Terminada la medición de campo magnético se calibra la sonda de campo eléctrico, repitiendo los pasos anteriores.

Durante las mediciones se debe recolectar valores máximos de la siguiente información: intensidad de campo eléctrico y magnético en kVoltios/metro (kV/m) y Amperio/metro (A/m), inducción magnética B (μT); así como el porcentaje (%) de exposición poblacional y laboral.

4.1.3.2.1 Procedimiento de medición

El siguiente procedimiento fue establecido para el personal de campo responsable de la ejecución de las mediciones. Para esta evaluación se utilizó el medidor isotrópico:

- El medidor isotrópico se mantuvo apartado de cualquier estructura metálica u otros obstáculos. Esta distancia debe ser por lo menos 3 veces mayor que la dimensión del sensor, o sea, aproximadamente 10 cm.
- Utilizando el medidor isotrópico se evaluó los niveles de radiación en puntos cercanos a estructuras metálicas como portones y rejas, donde las difracciones y ponderaciones pueden alterar localmente los niveles de señal.
- En cada punto de medición seleccionado se movió el sensor del medidor con el objetivo de encontrar la región con los mayores valores de radiaciones.

4.1.3.2.2 Equipos de medición

El instrumental e infraestructura utilizados para las mediciones se especifica a continuación:

- Medidor de campo electromagnético marca EXTECH, Modelo 480826.
- GPS Marca GARMIN, Modelo ETREX.
- Además de la descripción precedente, se utilizó distintos accesorios para permitir la máxima calidad y confiabilidad en los resultados.

El certificado de calibración del medidor de campo electromagnético se muestra en el Anexo B-6.

4.1.3.3 UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

El trabajo de campo consistió en medir y evaluar cuantitativamente las radiaciones electromagnéticas no ionizantes en la zona donde se ubicará el Parque Eólico y su línea de transmisión la cual se conectará a la subestación Marcona. La ubicación con coordenadas de los puntos de muestreo se presenta en el Cuadro 4.1.3-2.

Cuadro 4.1.3-2 Puntos de medición

Punto	Fecha de medición	Descripción del punto	Coordenadas UTM (datum PSAD 56)		Elevación (m.s.n.m.)
			Este	Norte	
CE-01	25 de junio	Bajo el trazo de la línea de transmisión proyectada.	493,623	8 298,669	162
CE-02	25 de junio	Área de influencia directa del proyecto.	492,607	8 296,946	360
CE-03	12 de agosto	Bajo el trazo de la línea de transmisión proyectada. Entre el Parque Eólico y la subestación Marcona.	491,407	8 313,089	715
CE-04	13 de agosto	Subestación Marcona.	481,218	8 319,540	857

Elaboración: Walsh Perú, 2010.

4.1.3.4 RESULTADOS

Las mediciones que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

- Inducción magnética B (μT) en porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones ICNIRP para exposición ocupacional y poblacional.
- Intensidad de campo magnético en 60 Hz. H (en A/m) en porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones ICNIRP para exposición ocupacional y poblacional.
- Intensidad de campo eléctrico en 60 Hz. E (kV/m) en porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones ICNIRP para exposición ocupacional y poblacional.

Los Cuadros 4.1.1-3 al 4.1.1-5 muestran los resultados de las mediciones de exposición a la inducción magnética, campo magnético y campo eléctrico y sus respectivas comparaciones con los límites establecidos por el ICNIRP, el mismo que es adoptado por el ECA nacional.

Los resultados son comparados con los límites ocupacional y poblacional.

Cuadro 4.1.3-3 Mediciones de exposición a la inducción magnética Brms (μT)

Punto	Descripción del punto	Flujo magnético	Brms(μT) 60Hz	LMP _{ICNIRP} B(μT)	
				Ocupacional	Poblacional
CE-01	Área del proyecto	X: <0.01	<0,02	420	83
		Y: <0.01			
		Z: <0.01			
CE-02	Trazo de la línea de transmisión	X: <0.01	<0,02	420	83
		Y: <0.01			
		Z: <0.01			
CE-03	Trazo de la línea de transmisión	X: 0.02	0,05	420	83
		Y: 0.05			
		Z: 0.01			
CE-04	Sub-Estación Marcona.	X: 0.27	0,52	420	83
		Y: 0.29			
		Z: 0.34			

Elaboración: Walsh Perú, 2010.

Brms (μT): 60 Hz Valor rms de la inducción magnética medida en 60 Hz (Valor máximo registrado). Este valor es la resultante del flujo magnético en los ejes X, Y, Z ($B^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$).

Cuadro 4.1.3-4 Mediciones de exposición a la intensidad de campo magnético H(A/m)

Punto	Descripción del punto	H(A/m) 60Hz	LMP _{icnirp} H(A/m)	
			Ocupacional	Poblacional
CE-01	Área del proyecto	<0.01	336	66,4
CE-02	Trazo de la línea de transmisión	<0.01	336	66,4
CE-03	Trazo de la línea de transmisión	0.07	336	66,4
CE-04	Sub-Estación Marcona.	0.66	336	66,4

Elaboración: Walsh Perú, 2010.

H(A/m): 60 Hz Valor de la intensidad de campo magnético medido en 60 Hz (Valor máximo registrado)

Cuadro 4.1.3-5 Mediciones de exposición a la intensidad de campo eléctrico E (kV/m)

Punto	Descripción del punto	E _{rms} (kV/m) 60Hz	LMP _{icnirp} E(kV/m)	
			Ocupacional	Poblacional
CE-01	Área del proyecto	<0,00001	8,3	4,2
CE-02	Trazo de la línea de transmisión	<0,00001	8,3	4,2
CE-03	Trazo de la línea de transmisión	0,026	8,3	4,2
CE-04	Subestación Marcona.	0,250	8,3	4,2

Elaboración: Walsh Perú, 2010.

E_{rms} (V/mT): 60 Hz Valor rms de la intensidad de campo eléctrico medida en 60 Hz (Valor máximo registrado)

%E_{icnirp}: 60 Hz Relación entre el valor de la medición de la intensidad de campo eléctrico.

El Límite Máximo Permisible ICNIRP para Exposición Ocupacional en 60 Hz es 8.3 kV/m

Según los resultados mostrados, los niveles de radiaciones electromagnéticas medidos se encuentran por debajo de los niveles máximos permisibles para radiaciones no ionizantes indicados en el ECA y los límites ICNIRP.

Cabe resaltar que los puntos en los cuales se llevaron a cabo las mediciones se encuentran alejados de poblaciones como se muestra en el Mapa 4.1-2.

4.1.4 GEOLOGÍA Y SISMICIDAD

4.1.4.1 GENERALIDADES

El presente capítulo evalúa los aspectos geológicos y sísmicos del área de estudio, donde se instalarán los aerogeneradores y línea de transmisión de 220 kV. La evaluación incluye primero una descripción litológica de las unidades rocosas que afloran superficialmente, sintetizadas en su respectiva columna estratigráfica, estas van desde el Precambriano hasta el Cuaternario Holoceno; luego, se describen los aspectos estructurales, es decir, la presencia de fallas entre otros elementos similares; en tercer lugar se evalúa la geología histórica, presentada como marco explicativo de los rasgos estratigráficos y estructurales presentes; finalmente, se presenta un análisis de la sismicidad, caracterizando el peligro sísmico del área de estudio.

Para el desarrollo de este acápite se realizó una visita de campo en julio y agosto del 2010 y se ha complementado con la revisión del Cuadrángulo de San Juan, hoja 31-m (INGEMMET, 1998).

4.1.4.2 ESTRATIGRAFÍA

La cronoestratigrafía de la geología local del área de estudio, muestra las formaciones en las que sobreyace, desde la formación más antigua a la reciente; está constituida por rocas; metamórficas regionales del Complejo Basal de la Costa (Precambrianas), metasedimentarias de la formación San Juan (Precambriano Superior - Paleozoico Inferior), sedimentarias de la formación Pisco (Terciario Superior) y los depósitos Cuaternarios de origen aluvial, residual y eólicos-residuales, estos últimos cubriendo en algunos lugares a las rocas intrusivas del Batolito de San Nicolás (Paleozoico Inferior). En el Cuadro 4.1.4-1 se presenta la Columna estratigráfica regional y en el Mapa Geológico (Mapa 4.1-3) su representación cartográfica.

Se estima, que el espesor de las unidades locales estratigráficas, alcanza más de 3,500 metros, considerando los promedios regionales de estas unidades (Cuadrángulo de San Juan).

Cuadro 4.1.4-1 Columna cronoestratigráfica

Era	Sistema	Serie	Formación geológica	Descripción litológica	Rocas intrusivas
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos Aluviales (Q - al)	Acumulaciones de cantos, gravas y arenas, englobados en una matriz areno-limosa; están sueltos a ligeramente consolidados.	
		PLEISTOCENO	Terraza Marina (Q - tm)	Capas de conglomerados heterogéneos, englobados en matriz arenosa, lentes de arenisca con horizontes conchíferos, algo de tufos redepositados.	
	TERCIARIO	MIOCENO	Formación Pisco (Ts - Pi)	Areniscas conglomerádicas, tonalidades amarillentas, con arcillas bentoníticas y cenizas volcánicas, abundantes fósiles, microfósiles y vetillas de yeso, coquinas.	

Era	Sistema	Serie	Formación geológica	Descripción litológica	Rocas intrusivas
PROTEROZOICO	PRECAMBRIANO SUP.	Paleozoico inferior	Formación San Juan (PE - sj)	Metasedimentos de origen calcáreo y lutáceo, transformado a esquistos de bajo grado térmico, mármoles calcáreos, dolomíticos de grano fino, blanco amarillentos y zonas granitizadas.	Batolito de San Nicolás
	PRECAMBRIANO		Complejo Basal de La Costa (PE -gr / PE - gn)	Rocas metamórficas conformados por esquistos micáceos, gneis, geisses de granitos y granodioritas, atravesados por una serie de diques sintectónicos y post-tectónicos de andesitas a básicos. Conocido como Complejo Lomas, se correlaciona con el Cratón brasileño.	Adamelita S.N. : adsn Granodiorita S.N. : gdsn Diorita S.N. : disn

4.1.4.2.1 Rocas sedimentarias

Formación San Juan (PE-sj)

Esta formación está constituida por metasedimentos principalmente de origen calcáreo y lutáceo, transformada a esquistos de bajo grado por metamorfismo térmico. Estos esquistos calcáreos de tonos grises y rosados claros con superficies lustrosas presentan en muchos casos mármoles dolomíticos de grano fino, blanco amarillentos que se encuentran intensamente fracturados por la tectónica del área. También se encuentran en esta formación algunas zonas granitizadas.

Esta unidad se presenta al Sureste y Noroeste del Cerro Tres Hermanas donde se reconoce un sector con inclinación de sus metasedimentos de 50° SE.

La formación San Juan se estima tenga una potencia regional de 3,000 metros, es única por su naturaleza y posición, infrayace regionalmente a la formación Marcona y está intruida por el Batolito de San Nicolás, por el cual su edad es Precambriana Superior - Paleozoico Inferior, posiblemente Ordoviciense.

Formación Pisco (Ts-pi)

Esta formación está constituida por secuencias sedimentarias consolidadas, compuesta en su sección inferior por areniscas conglomerádicas de grano grueso con tonalidades amarillentas, en bancos anchos y horizontes conchíferos bastante triturados por el oleaje, con arcillas laminadas y interestratificadas, con bentonita y abundante ceniza volcánica y yeso; en su sección media y superior por areniscas limolíticas, limolitas, areniscas de grano fino con alternancia de areniscas tufáceas, concreciones de areniscas silíceas, tufos y cenizas retrabajadas, caracterizadas por ser livianas y frágiles, con tonalidades gris claro a gris blanquecino ligeramente anaranjado, presenta asimismo abundantes fósiles y microfósiles como foraminíferos, gasterópodos, braquiópodos y lamelibranquios.

Esta unidad se presenta al Noreste y Este del macizo Cerro Tres Hermanas, presenta como característica general una estratificación subhorizontal, ligeramente onduladas y con numerosas vetillas de yeso; en el área de San Juan tiene un espesor cercano a 500 metros y su edad corresponde al Mioceno del Terciario Superior.

Depósitos terrazas marinas. (Q-tm)

Estos depósitos se asocian a aisladas mesetas, debido a una intensa erosión fluvial posterior a su deposición como las terrazas de San Juan, conservadas en la depresión preandina y en sectores donde la Cordillera de la Costa muestra ondulaciones suaves. Se originaron como consecuencia del levantamiento y retiro del mar, dejando como rasgo geomorfológico una superficie plana con cubierta de gravas y arenas.

Está constituida por capas de conglomerados con elementos heterogéneos dentro de una matriz arenácea, lentes de arenisca y areniscas bioclásticas caracterizados por presentar horizontes conchíferos. También contienen algo de tufos redepositados y flujos de barro de material volcánico. Estas acumulaciones generalmente subhorizontales a horizontales pertenecen al Cuaternario pleistocénico. Esta se localiza cerca al vértice 3 de la línea de transmisión proyectada.

Depósitos aluviales. (Q-al)

Los depósitos aluviales, ocurren en forma muy localizada; en el lecho de quebradas antiguas por donde pasara la línea de transmisión, estos depósitos están constituidos por mezclas de gravas con arenas, generalmente con cantos subredondeados a angulosos y matriz areno - limosa, lentes de arena sucias, lodolitas y materiales tufáceos se hallan en estado suelto a ligeramente consolidados, de naturaleza heterogénea y heterométrica. Estos depósitos pertenecen al Cuaternario Holoceno (Reciente).

Depósitos eólicos - residuales. (Q-e)

Estos depósitos tapizan a las rocas en lomadas, pampas y laderas de los promontorios o macizos, están conformados por arenas y arenas limosas, en superficie se hallan con esporádicas gravas y algunos fragmentos de roca, este material se encuentra en estado suelto, seco, con variable espesor, esta unidad por lo diseminado que se encuentra en el área de estudio no ha sido cartografiada.

4.1.4.2.2 Rocas metamórficas

Complejo Basal de la Costa (PE-gr / PE-gn)

Este conjunto metamórfico de amplia extensión regional está conformada litológicamente por; esquistos micáceos, gneis, granitos gnéisicos, paragneis y migmatitas. Los esquistos ocupa aéreas marginales y constituyen la fase más joven del metamorfismo regional; sus tonos varían de gris verdoso oscuro a negruzco. Los gneis son principalmente graníticos (PE- gr) de tinte gris y rosáceo con granos u ojos de cuarzo y ortosa - microclina pertitizada, dentro de una matriz cuarzo feldespática de grano fino.

Este complejo en su composición también tiene granodiorita (PE- gn); plagioclasas y ortosa, en forma de bandas de tonalidades claras alternadas con segregaciones oscuras de minerales máficos. Estos se presentan atravesados por una serie de diques sintectónicos y postectónicos principalmente andesíticos a básicos.

Estas rocas principalmente los granitos gnéisicos, se presentan en la zona meridional y central del área de estudio, con algunas inclusiones en la zona de litoral; en el afloramiento conocido como Cerro Tres Hermanas, Lomas de Marcona y Punta Colorada. Donde se han reconocido foliaciones

de 35 - 80° y junturas mayores a 50°. También se localiza en el Cerro Bajada de Toroco y en el vértice 3 de la línea de transmisión proyectada, con foliaciones de 50 - 70° y algunas junturas mayores a 45°.

Este basamento cristalino, es conocido también como Complejo Lomas, representa la unidad más antigua que ocurre en el área de San Juan de Marcona, se le correlaciona con las rocas del Cratón brasileño y su edad es asignada al Precámbrico.

Rocas intrusivas paleozoicas (Pi- adsn/ gdsn/ disn)

Esta unidad denominada el Batolito de San Nicolás se ha emplazado en la Cordillera de la Costa, intruyendo a las rocas del Complejo Basal de la Costa y formaciones premesozoicas. Está constituida por cuerpos irregulares de rocas intrusivas de la serie adamelitas en la parte central, granodioritas en la parte intermedia y diorita - gabros en la parte marginal, de textura porfírica; grano grueso a medio, se encuentran meteorizados y fracturados, con una coloración gris marrón y en estado fresco de color grisáceo.

Esta unidad aflora masivamente en gran parte al norte de las lomas Marcona, entre la pampa Choclon y la Mina Marcona (vértices 1 y 2 hasta inmediaciones del vértice 3), así como en las cercanías de Bella Esperanza, en la zona de San Juan de Marcona en las proximidades de las bahías San Nicolás y San Juan.

Las adamelitas (Pi-adsn) son rocas de grano grueso, algo porfíricas de tonalidades gris rosados, se encuentran con mayor propagación entre la bahía de San Nicolás y la mina Marcona, aflora a lo largo del tramo Noroeste, (vértices 1 y 2).

Las granodioritas (Pi- gdsn) son rocas de grano grueso, mesócratas, gris verdoso, caracterizados por presentar cristales tabulares de hornblenda verde, con ligera orientación, parcialmente interpenetrados, dando una disposición radial.

Aparte de las rocas intrusivas descritas, existe una serie de pequeños cuerpos en forma de diques de andesitas y dacitas.

La edad del emplazamiento del Batolito de San Nicolás de acuerdo a datos radiométricos y su relación con la estratigrafía del área de estudio, corresponde al Ordovícico - Silúrico del Paleozoico Inferior.

4.1.4.3 TECTÓNICA

El área de estudio y su entorno ha sido moderadamente deformada por la tectónica; estas deformaciones corresponden a fallamientos cuyos alineamientos tienen la orientación andina. Todas estas principales fallas están acompañadas por diaclasas, fracturas cuyas orientaciones no son preferenciales, de igual modo sus espaciamientos, persistencias y rellenos son muy variables.

Se estima que las unidades geológicas han sido afectadas por estos fallamientos; estas estructuras se encuentran hacia el sur de la península San Juan, cercanas a las ensenadas Chiquerio y Colorado (Tres Hermanas), principalmente son fallas del tipo gravitacional, tal como los dos fallamiento subparalelos con rumbo promedio de N 45° W y de aproximadamente 12 km de traza, afectando al basamento cristalino (PE-gr/PE-gn), los metasedimentos (PE-sj) y a las rocas sedimentarias Terciarias (Ts-pi).

Asimismo existen dos probables estructuras en la pampa Choclón y loma Marcona, los rumbos de estas discontinuidades son de Noroeste a Sureste, que afectan principalmente a las rocas sedimentarias Terciarias (Ts-pi) y a las rocas intrusivas del Paleozoico (Pi - adsn/ gdsn/ disn); la posibilidad de que algunas de las depresiones alineadas coincidan con otras estructuras o fallas locales, no se descarta, en todo caso las trazas de estas discontinuidades están cubiertas por los depósitos de cobertura. Ninguna de estas estructuras presenta algunos indicios de reactivación.

En general las principales estructuras presentan alineamiento andino y las tensionales son del sistema EW - NW - SE; las rocas intrusivas paleozoicas afloran muy fracturadas a regularmente fracturadas, con diferentes sistemas de dirección y las rocas sedimentarias del Terciario tienen estratificación ligeramente ondulada a subhorizontal.

El tectonismo regional en el área de San Juan de Marcona, está representado principalmente por los plegamientos de las rocas mesozoicas, el Domo de Marcona, probablemente relacionado al desarrollo de la Deflexión de Abancay y la Dorsal de Nazca, y los típicos fallamientos en bloques.

4.1.4.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA

El área de estudio, no reviste mayor importancia en cuanto a la prospección por yacimientos metálicos o no metálicos, sin embargo existen algunas manifestaciones en algunos niveles de marmolización en los metasedimentos de la formación San Juan, que en general en el área de San Juan – Marcona existen canteras de este tipo no metálico como Bella esperanza, Piedra Santa y junto al faro de San Juan.

Otro elemento no metálico lo constituyen las bentonitas que se presentan generalmente en capas lenticulares conjuntamente con cenizas y tufos, las que pueden alcanzar espesores apreciables, albergados principalmente en los sedimentos de la formación Pisco, tal como los que se presentan en la pampa Choclón (Cuatro Tolvas) adyacente a la bahía San Nicolás. Estos mantos arcillosos son explotados por la minera Marcona para la preparación de pellets de hierro.

4.1.4.5 SISMICIDAD

El Perú es considerado una zona de alta actividad sísmica, principalmente por encontrarse dentro del cinturón circumpacífico del fuego, que conforma una de las zonas sísmicas más activas del mundo y por la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana, cuyo índice de convergencia entre ambas placas es de unos 10 cm por año aproximadamente.

Es así que el área de interés está afectada por una sismicidad de elevada intensidad debido a su proximidad a la zona de colisión entre las placas mencionadas anteriormente.

La placa de Nazca entra en subducción bajo la placa Sudamericana a una profundidad de 650 a 700 km. Esta información ha permitido describir algunas características necesarias para la delineación de las fuentes generadoras de sismos.

Sismicidad histórica

Corresponde a la información de la actividad sísmica ocurrida en el pasado y de la cual se registra los datos más importantes y principales, siendo esencial para la estimación de la amenaza sísmica, su análisis permite valorar la periodicidad de ocurrencia de sismos de magnitud elevada y localizar las zonas de mayor potencial sísmico.

La mayor parte de los sismos ocurridos en esta zona (sur de la región Ica), son consecuencia de la interacción entre las placas de Nazca y la Sudamericana, siendo la parte subyacente de la placa de Nazca más profunda conforme avanza bajo el continente, determinando las diferencias sísmicas entre el litoral y la parte continental.

Del análisis histórico, se tiene registros de la ocurrencia de veinticinco (25) sismos como magnitudes mayores o iguales a 7 en la escala de Richter (magnitud IX en la escala modificada de Mercalli). Mientras que cuatro (04) de estos sismos superaron la magnitud 8 en la escala de Richter (X en la escala modificada de Mercalli). El Cuadro 4.1.4-2, muestra un resumen de los movimientos telúricos más importantes registrados.

Cuadro 4.1.4-2 Sismos más importantes registrados en los últimos 500 años en el suroeste peruano.

Año	Epicentro	Magnitud (Richter)	Intensidad (Mercalli)	Pérdidas humanas
1582	Cerca de Arequipa	sd	X	350
1604	Cerca de Arequipa	sd	VIII	40
1664	Cerca de Ica	sd	X	300
1813	Cerca de Ica	sd	VII	32
1868	Cerca de Moquegua	8.5	X	sd
1942	Cerca de Ica (Nazca)	8.2	IX	30
1996	Cerca de Ica (Nazca)	7.7	VIII	17
2001	Costas de Arequipa	8.4	sd	100
2007	Cerca de Ica (Pisco)	7.9	VIII	500

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

Los sismos generan fenómenos geológicos como los ocurridos en Nazca, de fecha 12 de Noviembre de 1966, donde se produjo un levantamiento del Puerto San Nicolás (Marcona, Ica), por el descenso del nivel del mar de aproximadamente 0.70 m, generándose agrietamientos, fisuramientos, y asentamientos diferenciales en varios sitios, incluyendo la explanada del rompeolas. Asimismo se reportó que hubo en el Puerto San Juan (Ica) un retiro del mar de 50 a 100 m, bajando su nivel considerablemente que muchas lanchas que estuvieron cercanas a la orilla del mar perdieron su soporte de agua y quedaron estacadas sobre la arena del fondo marino.

Marco sismotectónico

En general, el suroeste del Perú está localizado sobre la placa Sudamericana, sobreimpuesta a la placa de Nazca. En esta región esta última placa viene subduciendo activamente bajo la primera placa con un ángulo de 30° y una velocidad de 110 mm/año. La zona de subducción entre ambas placas, que se desarrolla bajo el borde occidental del continente sudamericano, ha sido la fuente de algunos de los mayores sismos mundiales, como el reciente sismo de Concepción (Chile), de 8.3° en la escala de Richter. Pero sismos de gran intensidad también se producen dentro de las placas, preferentemente en las proximidades a la zona de subducción. El ejemplo más destacado es el devastador sismo que afectó el centro-oeste del Perú en 1970 (7.4° en la escala de Richter), generado en una falla dentro de la placa Sudamericana.

La región sudoccidental del Perú se divide en cinco provincias sismotectónicas: Zona de subducción, Cordillera de la Costa, Pampas costaneras, Zona de transición entre las pampas y el altiplano.

Se describe las tres primeras por estar relacionadas al marco sismotectónico del área de interés:

- Zona de subducción. Esta se situada en el encuentro entre las placas de Nazca y Sudamericana, buza hacia el este con un ángulo de 25 – 35°, situándose debajo de las otras provincias. Se asocia a esta zona la mayoría de sismos producidos en esta parte del país.
- Cordillera de la Costa. Esta provincia, constituida por macizos paleozoicos regularmente disectadas, se extiende desde algunas zonas del litoral hasta unos 20 – 25 km tierra adentro. La tectónica está representado por fallas en bloques principalmente gravitacionales de rumbo andino.
- Pampas costaneras. Esta provincia está constituida por la llanura costera situada entre la cordillera de la Costa y de los Andes. En el área de estudio se presenta también entre el litoral y la cordillera de la Costa. Constituida por el basamento cristalino Precámbrico y sedimentos terciarios. Se encuentra en una cuenca intraarco terciaria donde los sedimentos terciarios depositados están plegados suavemente con rumbo nor-noroeste – sur-sureste. El fallamiento es menor, con desplazamientos de pocas decenas de metros. Las fallas generalmente paralelas y subparalelas a los márgenes de la cuenca tienen un rumbo noroeste, exhibiendo desplazamientos normales.

Fuentes sísmicas

Las fuentes sísmicas que afectan el área de estudio son:

- La zona de subducción. Correspondiente a la provincia sismotectónica homónima. En esta zona se han registrado, en el suroeste del Perú, durante los últimos 500 años, cinco (05) sismos de magnitud superior a 8 Mw (magnitud momento). Consecuentemente, estos sismos han tenido una longitud de ruptura de 150 – 500 km. En base a las fechas de ocurrencia de estos sismos, se estima un tiempo de retorno de sismos de estas magnitudes de aproximadamente 100 años.
- Las fallas corticales. Al sur de Ica se han registrado desde 1471 numerosos sismos originados posiblemente a estas fallas regionales, cuyas magnitudes se estiman entre 6 y 6.5 Mw (magnitud momento).

La Figura 4.1.4-1, muestra la localización de los focos sísmicos regionales ocurridos entre 1900 y 2001. En él se evidencia la presencia de las dos fuentes sísmicas descritas.

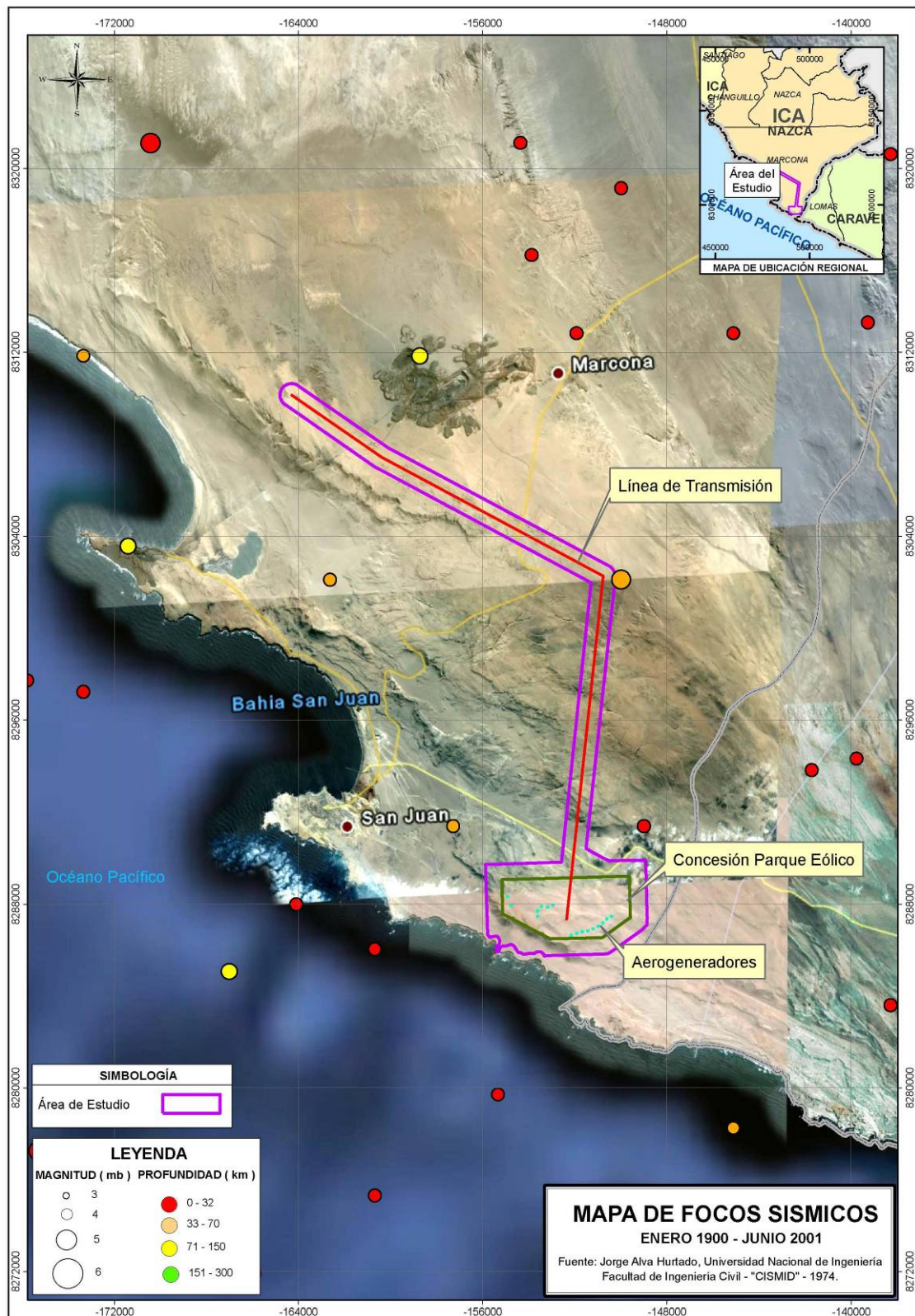
Castillo y Alva (1993) han determinado la existencia de 20 fuentes sísmicas en el territorio peruano (Cuadro 4.1.4-3). De estas, son relevantes las fuentes F3, F4, F5, F8, y F16, localizadas en el centro occidental y sur del país. Las fuentes F3, F4 y F5 corresponden a la zona de subducción denominada superficial (0 – 70 km), la fuentes F16 corresponden a la zona de subducción denominada intermedia (70 – 300 km) y la fuente F8 corresponde a las fallas corticales (sismicidad continental).

Cuadro 4.1.4-3 Parámetros sismológicos de las fuentes sismogénicas.

Fuente	Mmin	Mmax	TASA	BETA	Prof. (km)
F1	4,8	8,1	1,49	2,51	50
F2	4,8	7,9	3,28	2,60	40
F3	4,8	8,0	6,43	3,14	30,60
F4	4,8	8,2	3,79	3,24	40,60
F5	4,8	8,2	3,95	2,82	60
F6	4,9	7,4	0,44	2,67	50
F7	4,9	7,4	0,17	3,57	40
F8	4,9	7,0	0,19	2,42	65
F9	4,9	7,5	0,88	3,30	60
F10	4,9	7,3	0,71	2,57	50
F11	4,9	7,1	3,60	3,55	40,60
F12	4,9	7,1	0,75	4,55	50
F13	4,9	6,9	0,18	2,52	100
F14	4,9	6,5	0,86	4,75	100
F15	4,9	7,2	1,64	2,69	100
F16	4,9	7,2	3,09	3,76	115
F17	4,9	7,5	12,82	3,69	90,125,160
F18	4,9	7,5	2,43	2,29	110,180
F19	4,9	7,0	2,87	3,33	120,160
F20	4,9	7,5	0,75	1,69	610

Fuente: Jorge Alva Hurtado, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil - CISMID - 1993.

Figura 4.1.4-1 Focos de sismos ocurridos entre enero de 1900 y junio de 2001.

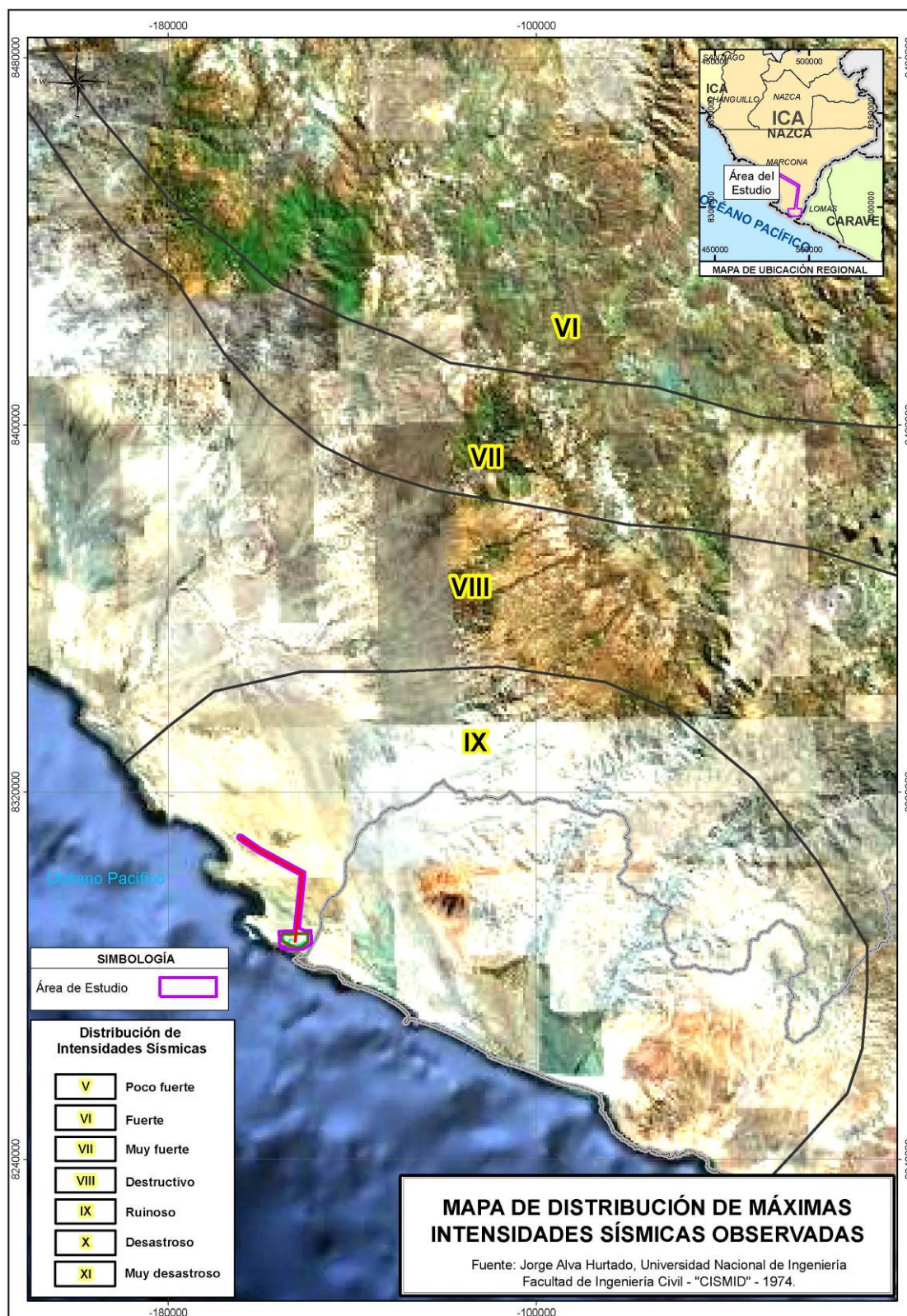


Máximas intensidades sísmicas

De acuerdo al Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas (Alva, 1984), el cual está basado en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades de sismos históricos, el área de interés se encuentra en una zona de intensidad IX, de acuerdo a la escala de Mercalli Modificada. Esto quiere decir, que el sismo más intenso ocurrido destruyó las estructuras mal proyectadas o mal construidas y dañó severamente las bien construidas; los cimientos también fueron dañados, se quebraron las tuberías subterráneas y sufrieron daños considerables los reservorios; en los suelos secos aparecieron grietas y en los terrenos aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena fueron removidas.

La Figura 4.1.4-2, muestra el mapa de zonificación sísmica y de acuerdo a las Normas Sismo – Resistente E-030 del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), el área de interés está comprendida en la Zona IX, zonificación sísmica del Perú, correspondiéndole una sismicidad alta.

Figura 4.1.4-2 Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas



Peligro sísmico

Ubicada en una de las regiones sísmicas más activas de la costa del Perú, la zona tiene un factor de amenaza permanente originada por la interacción y subducción de la placa tectónica de Nazca con respecto a la placa continental o sudamericana. Este choque de placas es y será fuente constante de acumulación de esfuerzos y tensiones que se liberan a través de los movimientos sísmicos.

Debe considerarse que en esta zona se han producido históricamente sismos muy grandes y además presenta una mayor tasa de ocurrencia de sismos que otras zonas.

De acuerdo al Mapa de Peligro Sísmico del Perú, de Castillo y Alva (1993), representado parcialmente en la Figura 4.1.4-3, en el área de estudio se tienen los valores más altos de aceleración sísmica del orden de 0.50g - 0.60g para 50 y 100 años de vida útil respectivamente (10 % de excedencia). Esta evaluación no toma en consideración los materiales superficiales y sus respectivas leyes de atenuación.

Figura 4.1.4-3 Peligro Sísmico

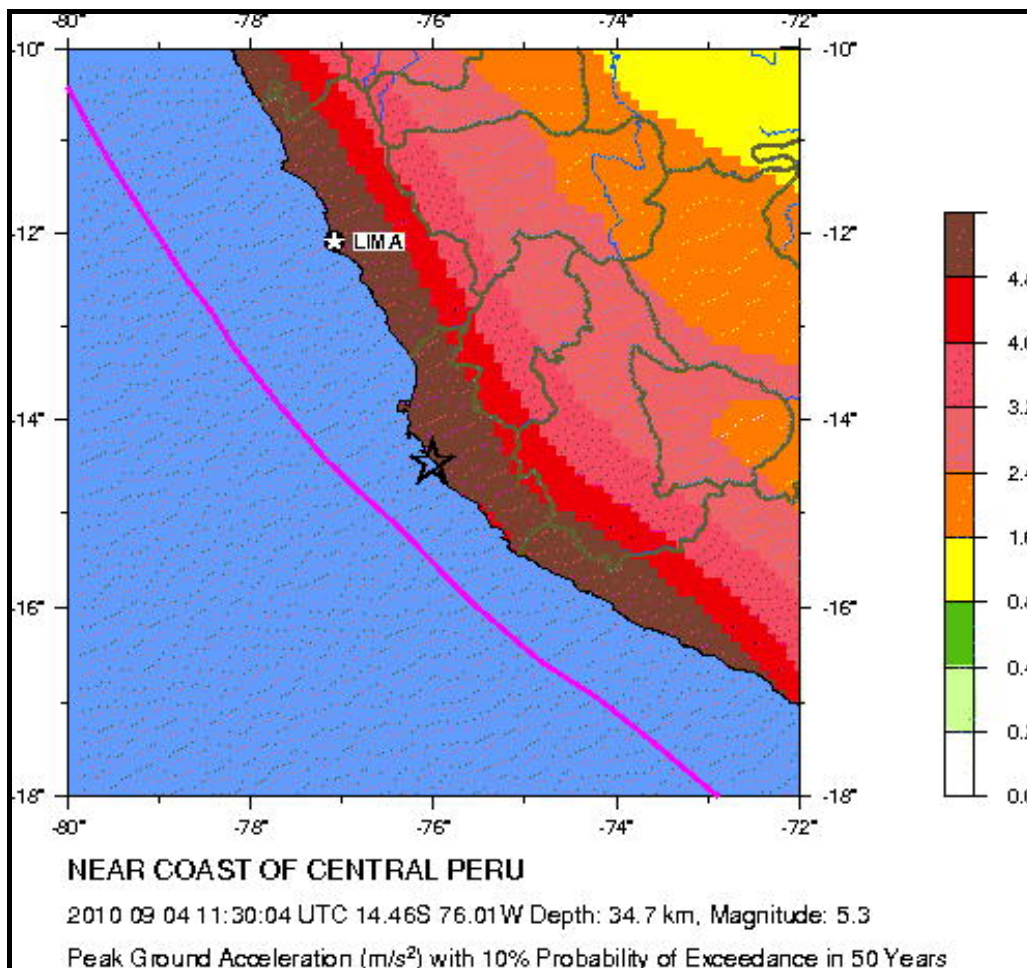
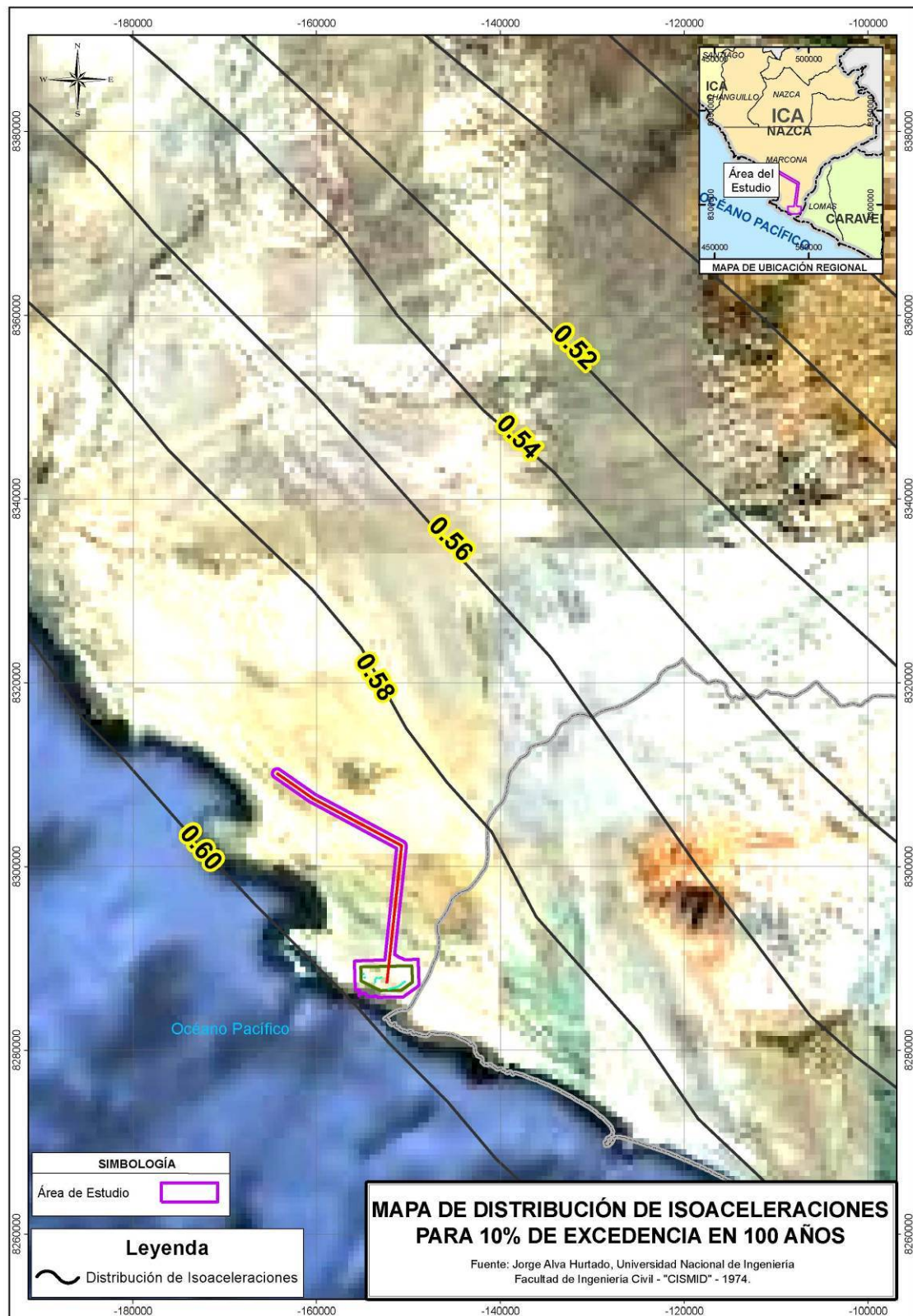


Figura 4.1.4-4 Distribución de isoaceleraciones para 10% de excedencia en 100 años



Esto se interpreta como el resultado de la fuerte atenuación de las ondas sísmicas en medios rocosos muy coherentes con escaso o nulo contenido de agua intersticial como es el caso del basamento cristalino y los macizos intrusivos del Paleozoico ampliamente predominante en el área.

4.1.4.6 ASPECTOS GEOTÉCNICOS

Con la finalidad de caracterizar geotécnicamente el área de interés, a un nivel de reconocimiento, se tomaron diez (10) muestras de suelos en diversos sectores del tramo correspondiente a la línea de transmisión SET PE Marcona – SE Marcona. Dichas muestras corresponden principalmente a los depósitos residuales y depósitos cuaternarios, las cuales fueron enviadas al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con el objeto de establecer sus características granulométricas (ASTM D422) y determinar sus clasificaciones SUCS; asimismo obtener los límites de consistencia de Atterberg (ASTM D4318), los cuales constituyen parámetros indispensables para juzgar las condiciones de plasticidad y liquidez de estos sedimentos.

El cuadro 4.1.4-4 muestra las coordenadas de dichas calicatas y en el Mapa Geológico se indican su localización.

Cuadro 4.1.4-4 Ubicación de Calicatas.

Calicatas	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Unidad Geológica
	Norte	Este		
GT-01	492438	8296039	328	Complejo Basal de la Costa
GT-02	491302	8296566	372	Complejo Basal de la Costa
GT-03	490132	8297150	333	Complejo Basal de la Costa
GT-04	490132	8311922	654	Deposito Aluvial
GT-05	494352	8311039	684	Complejo Basal de la Costa
GT-06	489996	8313419	748	Batolito San Nicolás
GT-07	493626	8306973	651	Batolito San Nicolás
GT-08	493114	8303303	440	Complejo Basal de la Costa
GT-09	494136	8296107	328	Fm. San Juan
GT-10	481997	8318486	870	Batolito San Nicolás

Elaboración: Walsh Perú S.A.

La evaluación geotécnica reviste particular importancia especialmente en los ambientes desérticos de la cadena costanera en donde son relativamente abundantes las acumulaciones de gravas (56 – 18%) y de arenas (66 – 39%), mientras que los finos, en general los limos y arcillas son escasas (17 – 5%), de casi nula a incipientes propiedades plásticas. El cuadro 4.1.4-5, presenta los resultados de la clasificación SUCS para las muestras colectadas, nombre del grupo, humedad y rango granulométrico.

Cuadro 4.1.4-5 Resultados de los ensayos estándar de clasificación de suelos SUCS

Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Clasificación SUCS	Tipo de Depósito	Humedad (%)	Granulometría		
							Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
GT-01	NT	NP	-	SP – SM con grava	Residual	5.32	45	46	9
GT-02	NT	NP	-	SP – SM con grava	Residual / Eólico	4.91	40	52	8
GT-03	NT	NP	-	SM con grava	Residual / Eólico	6.02	41	43	16
GT-04	NT	NP	-	GP – GM con arena	Coluvial	2.98	56	39	5
GT-05	NT	NP	-	SW – SM con grava	Residual / Eólico	4.16	43	47	10
GT-06	NT	NP	-	GW – GM con arena	Residual / Eólico	7.52	51	43	6
GT-07	NT	NP	-	SM con grava	Residual / Eólico	3.55	24	59	17
GT-08	NT	NP	-	SP – SM con grava	Residual / Eólico	4.16	36	52	12
GT-09	NT	NP	-	SM con grava	Residual / Eólico	4.88	18	66	16
GT-10	NT	NP	-	SP – SM con grava	Residual / Eólico	1.68	37	56	7

Fuente: Walsh, 2010

Elaboración: Walsh Perú S.A.

LL = Límite Líquido LP = Límite Plástico IP = Índice Plástico

NT= No tiene NP= No presenta

En términos generales se puede mencionar, que las características geotécnicas de los suelos donde se localiza el área de interés, son las siguientes:

Las muestras GT-01 y GT-02, recolectadas sobre el C° Tres Hermanas, macizo donde se asentarán los aerogeneradores, corresponde según la clasificación SUCS a suelos SP – SM con gravas, caracterizados por contener arenas algo graduadas, con gravas (45 – 40%) y bajo o escaso contenido fino (9 – 8%), presenta casi ninguna a muy ligera compresibilidad y expansión, buena a alta resistencia a rotura, buena a media compactibilidad, lenta a ninguna dilatación y ligera a nula plasticidad. El riesgo de deslizamientos de taludes es bajo, presenta excelente a buena característica de drenaje, su capacidad portante es alta a media, por lo que su valor como cimiento es alto a media. Su textura refleja la litología del substrato rocoso (granitos gnéisicos) y la suave a regular pendiente de la superficie.

El suelo de la muestra GT-03, obtenida de los residuales, ubicada de una ladera al Noreste del C° Tres Hermanas cercano al contacto entre el Complejo Basal de la Costa y la formación San Juan, se encuentra conformado por suelos SM con gravas, caracterizado por contener arenas limosas, con 16% de limo-arcillas y 41% de gravas, estaría relacionadas a suelos *in situ* de la formación San Juan. Este suelo presenta muy ligera a media capacidad de compresibilidad y expansión, media a buena resistencia a rotura, ligera a media compactibilidad y escasa plasticidad. El riesgo de deslizamientos de taludes es medio a bajo, su capacidad portante es media a alta, por lo que su valor como cimiento es bueno a regular.

El suelo de la muestra GT-04, cercana al campamento de mantenimiento de la Mina Marcona, corresponde según la clasificación SUCS al suelo tipo GP – GM con arena. Caracterizado por presentar 56% de gravas pobremente graduadas y 5% de finos, de casi ninguna a muy ligera capacidad de compresibilidad y expansión, buena a media resistencia a rotura y también de escasa plasticidad. El riesgo de deslizamientos de taludes es bajo, su capacidad portante es media a alta, por lo que su valor como cimiento es bueno. Este tipo de suelo estaría asociado a los escasos depósitos aluviales presentes en el área de interés.

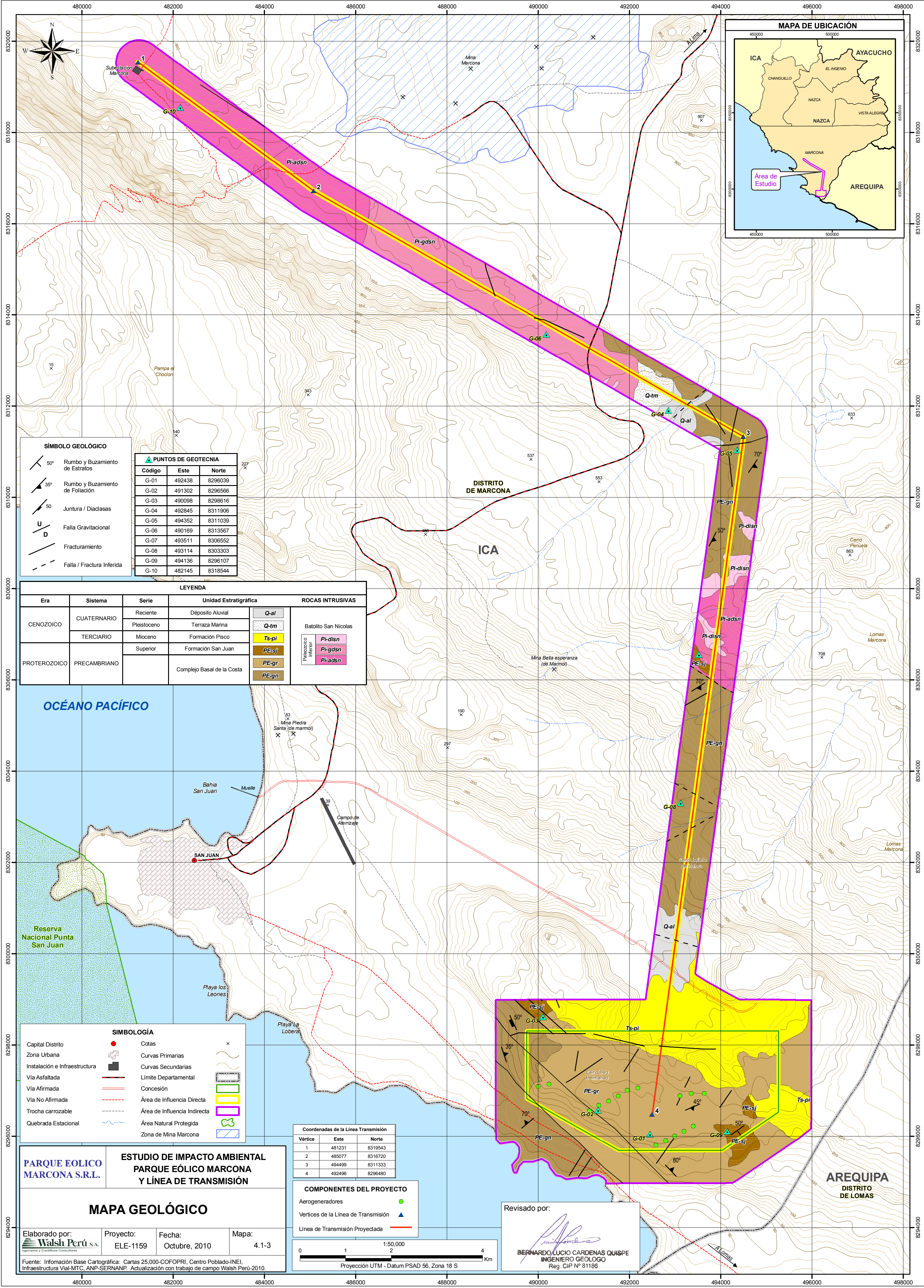
El suelo de la muestra GT-05, también ubicada cerca al campamento de mantenimiento de la Mina Marcona, corresponde al tipo SW – SM con grava, compuestas por arenas principalmente bien graduadas, limo-arcillas, con 43% de gravas, se caracteriza por tener casi ninguna a muy ligera capacidad de compresibilidad y expansión, buena a media resistencia a rotura y escasa plasticidad, que en general le da una buena a media capacidad portante, por tanto un buen a regular valor de cimiento. Se le asocia al basamento cristalino (granitos gnéisicos)

El suelo de la muestra GT-06, corresponde al tipo GW – GM con arena, compuestas por gravas principalmente bien graduadas, limo-arcillas, con 43% de arenas, se caracteriza por tener casi nula a muy ligera capacidad de compresibilidad y expansión, buena a media resistencia a rotura y escasa plasticidad. El riesgo de deslizamientos de taludes es muy bajo a bajo, dándole una buena a alta capacidad portante, por tanto un buen a alto valor de cimiento. Se le asocia al basamento cristalino (granitos gnéisicos)

El suelo de la muestra GT-07, corresponde al tipo SM con gravas, al igual que los suelos de las muestras: GT- 03 y GT-09, se caracteriza por presentar las mismas características de estas muestras, contiene arenas limosas, pero con 17% de limo-arcillas y 24% de gravas, estaría también relacionada a suelos in situ de la formación San Juan. Como se mencionó anteriormente este suelo presenta muy ligera a media capacidad de compresibilidad y expansión, media a buena resistencia a rotura, ligera a media compactibilidad y escasa plasticidad. El riesgo de deslizamientos de taludes es medio a bajo, su capacidad portante es media a alta, consecuentemente su valor como cimiento es bueno a regular.

El suelo de las muestras GT-08 y GT-10, ubicadas en el C° Bajada de Toroco y la Subestación Marcona, corresponden al tipo SP - SM con gravas, de similares características geotécnicas que los suelos de las primeras muestras (GT-01 y GT-02), es decir caracterizados por contener bajo o escaso contenido limo arcilloso (12 – 7%), presentan casi ninguna a muy ligera compresibilidad y expansión, buena a alta resistencia a rotura, buena a media compactibilidad, lenta a ninguna dilatación y ligera a nula plasticidad. El riesgo de deslizamientos de taludes es bajo, presentan excelente a buena característica de drenaje, su capacidad portante es alta a media, por lo que su valor como cimiento es alto a media.

Se aprecia que la mayoría de las muestras analizadas, según los ensayos estándar, presentan buenas condiciones geotécnicas preliminares para suelos de fundición u obras de cimentaciones en general, debido a la naturaleza litológica de las rocas emplazadas en el área de interés.



4.1.5 GEOMORFOLOGÍA

En este capítulo se describe el relieve del área de influencia del proyecto así como los procesos erosivos actuantes (geodinámica externa). Las unidades descritas en el capítulo así como los procesos erosivos están representadas en el Mapa Geomorfológico (Mapa 4.1-5).

4.1.5.1 MORFOGÉNESIS

El área de influencia del proyecto está emplazada sobre la denominada cordillera de la costa, aunque el relieve existente no corresponde propiamente a una cordillera. Se trata más bien de una amplia plataforma submarina emergida durante el Neógeno Superior como resultado de la dinámica cortical que acortó la corteza continental sudamericana, dinámica a la que está asociada también la orogenia andina. Esta plataforma está entallada en rocas precámbricas (ígneas y metamórficas) que constituyeron originalmente una primitiva cordillera (de allí su denominación), sumergida durante el Paleozoico – Mesozoico, y vuelta a emerger a finales del Cenozoico.

No obstante, esta plataforma submarina no emergió en bloque sino más bien como resultado de sucesivos y relativamente continuos empujes que ocurrieron desde finales del Plioceno y continúan hasta la actualidad. Estos empujes no fueron homogéneos en cuanto a intensidad y estuvieron por lo general asociados a procesos de fallamiento. Los episodios menos intensos generaron sucesivas emersiones de segmentos de la plataforma submarina, dando lugar al relieve de terrazas marinas escalonadas que caracteriza actualmente el relieve de la región. Los episodios más intensos son responsables de la formación de estructuras horst/graben como el que dio origen a la depresión que separa los cerros Tres Hermanas y Bajada de Toroco (Este de San Juan de Marcona); en este caso, los cerros constituyen horst tectónicos en tanto que la depresión es un graben tectónico.

Este proceso de emersión tuvo frecuentes hiatos en el que ocurrieron eventos regresivos. Estos últimos favorecieron el retorno del mar a las áreas más deprimidas, con la consiguiente deposición de sedimentos marinos. Por ejemplo, la sedimentación marina rellenó parcialmente la depresión tectónica citada en el párrafo anterior, desarrollándose lo que se conoce como la formación Pisco.

Por otro lado, en tiempos recientes (Pleistoceno – Holoceno), eventos lluviosos extraordinarios ocasionaron una apreciable actividad erosiva que desnaturalizó los numerosos escarpes verticales que separaban las terrazas marinas emergidas rellenando también los espacios comprendidos entre escarpes sucesivos, favoreciendo la formación de relieves tipo rampa hoy dominantes en la región. Finalmente, procesos eólicos y coluviales han ido rellenando y recubriendo los escarpes mayores, suavizando aún más el relieve y proporcionándole su configuración actual.

4.1.5.2 FISIOGRAFÍA

En esta sección se describen las unidades del relieve (fisiográficas) presentes en el área de evaluación. Para esta descripción se utilizó como referencia la metodología del CIAF (Villota, 1992); en tal sentido, las unidades fisiográficas reconocidas en el área se organizaron de modo jerarquizado en gran paisajes, paisajes y subpaisajes, dependiendo de la escala de evaluación. El Cuadro 4.5-1 presenta la organización jerárquica de las unidades fisiográficas identificadas que luego son descritas con detalle.

Cuadro 4.5-1 Unidades fisiográficas identificadas en el área de estudio

Gran paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Pendientes
Llanura estructural con cobertura eólica entallada en rocas metamórficas e ígneas de edad precámbrica	Planicie litoral	Planicies ligeramente inclinadas	0 - 8%
		Tómbolo	0 - 75%
		Acantilados	25 - 75%
	Depresión estructural	Planicies llanas a ligeramente inclinadas	0 - 8%
	Terrazas marinas escalonadas	Planicies llanas	0 - 4%
		Planicies llanas a ligeramente inclinadas	0 - 8%
		Planicies ligeramente inclinadas	4 - 8%
		Planicies disectadas	4 - 25%
		Planicies y lomadas	4 - 15%
		Planicies inclinadas y escarpes menores	4 - 25%
		Lomadas	8 - 15%
		Colinas bajas disectadas	15 - 25%
		Escarpes mayores	25 - 75%
		Quebrada	25 - 50%

4.1.5.2.1 Llanura estructural con cobertura eólica entallada en rocas metamórficas e ígneas de edad precámbrica

Toda el área de estudio se encuentra sobre relieves que corresponden a este gran paisaje. Se trata de una gran plataforma submarina emergida en tiempos plio-pleistocénicos como resultado de sucesivos empujes de origen tectónico que configuraron un relieve de terrazas superpuestas y depresiones estructurales. Sedimentación de origen marino, aluvial, coluvial y eólico niveló parcialmente la superficie de esta plataforma otorgándole un aspecto más uniforme (llanura). Sin embargo, persisten al interior accidentes notables, entre los que destacan los escarpes de terraza, de dimensiones diversas, los conos y taludes coluvio-aluviales asentados sobre los escarpes mayores, y colinas y lomadas afectadas por grados variables de disección. Con todo, el accidente más importante es la depresión alargada situada entre los cerros Tres Hermanas y Bajada de Toroco, la cual, al haber permanecido más tiempo sumergida, está cubierta por una capa de sedimentos marinos que le proporcionan uniformidad a su superficie.

Esta llanura se extiende entre el nivel del mar y los 850 msnm, elevándose por lo general hacia el norte y hacia el este, constituyendo así una especie de rampa. Se encuentra inmersa en un ambiente climático desértico donde el único proceso morfodinámico significativo es el eólico. Dentro de este gran paisaje se han identificado los siguientes paisajes: *planicie litoral*, *depresión estructural*, *terrazas marinas escalonadas*.

Planicie litoral

Este paisaje se presenta en el extremo sur del área de estudio. Consiste en una plataforma de origen marino de poco más de un kilómetro de ancho, donde se escalonan hasta tres niveles de terrazas marinas. Los escarpes de terraza, en gran parte cubiertos por depósitos de arena, tienen entre 5 y 15 metros de altura. La última terraza en emerger, situada más al litoral, presenta un escarpe (acantilado) de 20 – 30 metros de elevación, cubierto en casi su totalidad por derrubios que reducen su pendiente a valores entre 75 – 100%. Al pie de ese acantilado se viene desarrollando una playa arenosa, favorecida por la presencia de farallones orientados en sentido perpendicular al

litoral ya que rompen las corrientes litorales, obligándolas a depositar. Actualmente esta playa alcanza entre 20 y 50 metros de ancho.

Más allá del acantilado el terreno se presenta ondulado en una faja de ancho variable (entre 500 y 1 500 metros), donde la cobertura arenosa (dunas preferentemente) es insuficiente para nivelar las rugosidades y escarpes de las terrazas marinas originales. A continuación, el terreno aumenta rápidamente en uniformidad pero también en altura: se ingresa a la zona donde se asientan los conos y taludes de piedemonte, constituidos por materiales coluvio-aluviales. No obstante, estos conos también están recubiertos por una capa de arenas transportadas por el viento.

Dentro de este paisaje se distinguen los siguientes subpaisajes: *planicies ligeramente inclinadas, tómbolo, acantilados*.

Depresión estructural

Este paisaje consiste en una depresión estructural (graben) situado entre los cerros Tres Hermanas y Bajada de Toroco. Ambos cerros, que constituyen horsts estructurales, consisten en realidad en un escalonamiento de terrazas marinas, lo que es muy evidente en el caso del cerro Tres Hermanas, donde la terraza más baja se continúa casi sin cambios con la superficie de esta depresión. Esta superficie se desarrolla parcialmente sobre los depósitos marinos pliocénicos de la formación Pisco, presentando un aspecto bastante uniforme aunque afectado por procesos aluvionales. Donde la formación Pisco se vuelve más delgada o desaparece, la superficie de la depresión se vuelve algo más rugosa, evidenciando el relieve residual de la antigua plataforma submarina. Dentro de este paisaje se distingue el siguiente subpaisaje: *planicies llanas a ligeramente inclinadas*.

Terrazas marinas escalonadas

Este paisaje es predominante en el área de estudio. Hay que distinguir en él dos sectores: uno correspondiente al cerro Tres Hermanas y otro que va desde el cerro Bajada de Toroco hasta las lomas de Tunga.

El cerro Tres Hermanas aparece como una especie de edificio escalonado, por la presencia de varias terrazas marinas superpuestas que se elevan en conjunto entre 250 y 300 metros sobre las planicies bajas adyacentes. Sin embargo, existe una marcada diferencia entre el flanco norte y el flanco sur de este cerro: mientras que el flanco norte presenta un claro escalonamiento y desciende con relativa suavidad hacia la depresión estructural (como quedó indicado al caracterizar esta última unidad), el flanco sur desciende abruptamente hacia la planicie litoral. Este flanco sur constituye en realidad un único y elevado escarpe de casi 300 metros, en su mayor parte recubierto por un elevado y potente talud de derrubios sobre los cuales se superponen algunos conos aluviales de formación relativamente reciente. La casi totalidad de los escarpes están cubiertos por gruesos depósitos de material coluvio-aluvial y eólico, recubriendo este último casi todo el cerro debido a la intensa actividad morfodinámica de los vientos en esta zona.

El segundo sector forma parte de una extensa plataforma constituida por terrazas marinas más amplias pero también escalonadas. A grandes rasgos constituye una extensa planicie ondulada con cierta inclinación hacia el mar. Más detalladamente se puede observar que los escarpes de las terrazas marinas han sido fuertemente erosionados, perdiendo en muchos casos su fisonomía original y apareciendo como lomadas o colinas afectadas por moderados o elevados niveles de disección producto de escorrentías pasadas. Esta erosión ha sido acompañada por procesos de deposición coluvial, aluvial y eólica que, en conjunto, han terminado por nivelar la mayor parte de los

escarpes y otros relieves rocosos que constituían las superficies originales de las plataformas submarinas. Como resultado, se puede describir el relieve de este sector como una alternancia de planicies muy uniformes con otras más inclinadas, onduladas o disectadas e incluso con colinas bajas y lomadas.

Dentro de este paisaje se distinguen los siguientes subpaisajes: *planicies llanas, planicies llanas a ligeramente inclinadas, planicies ligeramente inclinadas, planicies disectadas, planicies y lomadas, planicies inclinadas y escarpes menores, lomadas, colinas bajas disectadas, escarpes mayores, quebradas.*

4.1.5.3 PROCESOS EROSIVOS

En la actualidad se perciben tres procesos en curso cotidiano: los procesos eólicos, los procesos litorales y los procesos gravitatorios. No obstante, en una escala temporal mayor (de cientos de años) también ocurre procesos de origen hídrico (escorrentía difusa y concentrada), como corresponde a un medio desértico. A continuación se caracterizan estos procesos:

Procesos eólicos

Los procesos eólicos actúan en toda el área de estudio, favorecidos por el constante accionar de los vientos alisios que soplan desde el mar con cierta oblicuidad con respecto al litoral. Sin embargo, dado que los relieves ganan con cierta rapidez altitud hacia el interior, los vientos pierden fuerza a medida que se adentran en esa dirección. Actúan con mayor intensidad en la planicie litoral y en el cerro Tres Hermanas, donde han formado dunas longitudinales poco marcadas pero de gran longitud. En el resto del área de estudio el viento no tiene capacidad de formar dunas y solo transporta cantidades menores de arena y limos.

Procesos litorales

Se refieren esencialmente al proceso de deposición de arenas por las corrientes litorales y por las olas. En el área de estudio este proceso es particularmente activo debido a la abundancia de farallones orientados en sentido transversal a la dirección de las corrientes litorales, lo que reduce su energía y los obliga a depositar su carga de sedimentos. Las olas también rompen a una distancia apreciable por la misma causa, ocasionando un aporte neto de sedimentos hacia la zona de traslación (surf zone). Estos sedimentos depositados (en su mayor parte arenas) al acumularse van ampliando la playa existente.

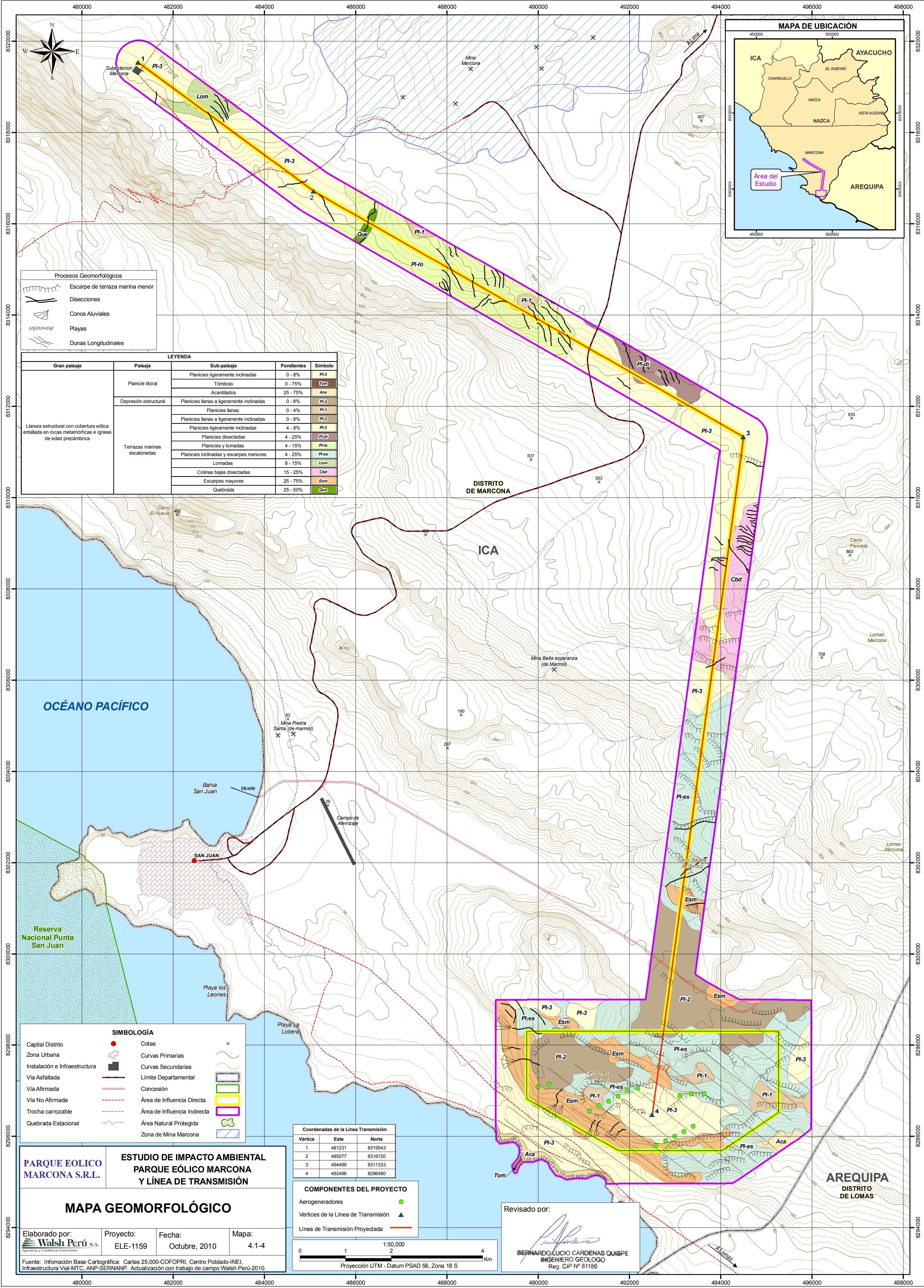
Procesos gravitatorios

Estos procesos son comunes en los escarpes de terraza y taludes existentes. Para que ocurran, previamente el basamento rocoso debe encontrarse fuertemente intemperizado, lo cual es la norma en el área de estudio debido a la acción de agentes como la humedad, la presencia de sales y las fuertes temperaturas diurnas. Además, la mayor parte de estos escarpes está recubierto por material suelto transportado por el viento o el agua, el cual tiende a caer y formar conos y taludes de derrubios al pie de los escarpes, sobre todo si estos son lo suficientemente elevados.

Procesos de origen hídrico

Estos procesos ocurren de manera muy esporádica en la escala temporal humana, por lo que su acción tiende a considerarse insignificante. Sin embargo, dada la ausencia de vegetación, las tormentas extraordinarias que ocurren en este ambiente desértico pueden generar importante escurrimiento, evidenciado en la profusión de disecciones que aparecen en algunos sectores y en la

presencia de conos de indiscutible origen aluvial (como los que aparecen en el flanco sur del cerro Tres Hermanas). Por otro lado, el extremo noroccidental del área de estudio es un área propicia para la formación de lomas, dado la elevada humedad que se concentra en los meses de invierno. Esta humedad puede eventualmente empapar el suelo y general niveles mínimos de escorrentia difusa.



4.1.6 SUELOS Y CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS

4.1.6.1 GENERALIDADES

El presente capítulo contiene información sobre los suelos existentes en el área de estudio, así como la interpretación de su potencial como recurso (tierras) para las actividades agropecuarias y forestales. Considerando que para la adecuada comprensión de los aspectos descriptivos e interpretativos de los suelos y tierras es necesario conocer ciertos lineamientos metodológicos empleados, se presenta a continuación una breve descripción de estos lineamientos, antes de pasar a tratar los aspectos netamente descriptivos.

Los criterios y metodologías usados para determinar la naturaleza edáfica del área de estudio, están contenidos en las normas y lineamientos establecidos en el *Soil Survey Manual* (1993) y el *Soil Taxonomy* (2010) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA). Asimismo, contempla las consideraciones del D.S. N° 033-85-AG, *Reglamento para la ejecución del levantamiento de suelos*, que se refiere a las normas y metodología a aplicarse, según los niveles de estudio, para la ejecución, revisión y aprobación de los levantamientos de suelos a las que obligatoriamente deben sujetarse las personas naturales o jurídicas, nacionales y extranjeras que realicen esta actividad.

Los suelos identificados han sido cartografiados en forma de consociaciones y asociaciones, siguiendo criterios antes descritos, para lo cual se utilizan también sus fases por pendiente.

Los procedimientos seguidos para la interpretación del potencial edáfico (capacidad de uso mayor) de las tierras se ciñen a los lineamientos especificados en el *Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor* del Ministerio de Agricultura (D.S. No. 017-2009-AG). Adicionalmente, por razones cartográficas y de nivel de detalle del presente estudio se definieron unidades dentro del grupo de tierras de protección y se utilizó el criterio de las consociaciones y asociaciones para su cartografiado.

El Cuadro 4.1.6-1 indica las fases por pendiente que se utilizan para el cartografiado de las unidades edáficas; este cuadro se elaboró tomando como base lo indicado al respecto en ese reglamento. El Cuadro 4.1.6-2 presenta la clasificación general de las tierras por su capacidad de uso mayor según el reglamento mencionado.

En la presente evaluación se realizó la interpretación del contenido edáfico de la zona de estudio, lo cual permitió conocer la aptitud natural de las tierras, su distribución y lineamientos de uso y manejo.

Cuadro 4.1.6-1 Fases por pendiente (*)

Término descriptivo	Rango (%)	Símbolo
Plana a Ligeramente inclinada	0 – 4	A
Moderadamente inclinada	4 – 8	B
Fuertemente inclinada	8 – 15	C
Moderadamente empinada	15 – 25	D
Empinada	25 – 50	E
Muy empinada	50 – 75	F
Extremadamente empinada	> 75	G

(*) En base al *Reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor* (DS 017-2009-AG)
Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

Cuadro 4.1.6-2 Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor (*)

Grupos de Capacidad de Uso Mayor	Clase (Calidad Agrológica)	Subclase (Limitaciones o deficiencias)
Tierras para cultivos en limpio (A)	Alta (A1)	No hay limitaciones
	Media (A2)	A partir de la clase A2 hasta la clase F3, presentan una o más de las siguientes limitaciones o deficiencias: suelos (s) drenaje (w) erosión (e) clima (c) salinidad (l) inundación (i)
	Baja (A3)	
Tierras para cultivos permanentes (C)	Alta (C1)	
	Media (C2)	
	Baja (C3)	
Tierras para pastos (P)	Alta (P1)	
	Media (P2)	
	Baja (P3)	
Tierras para Forestales de Producción (F)	Alta (F1)	
	Media (F2)	
	Baja (F3)	
Tierras de Protección (X)	-----	-----

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

4.1.6.2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS SUELOS

Los suelos identificados se desarrollan sobre materiales residuales localizados, planicies estructurales, lomadas y piedemonte, a partir de rocas intrusivas y volcánicas, como sobre materiales transportados aluviales (planicies) y coluvio-aluviales (en piedemontes y glaciares). La capa superficial predominante en el área de estudio tiene influencia eólica, estos son constantemente transportados por suspensión, arrastre y saltación.

Estas características de deposición edáfica hacen que estos suelos presenten un escaso desarrollo genético, mostrando perfiles tipo C – Cr – R; según el Soil Taxonomy (2010), pertenecen en su totalidad a los órdenes Entisols y Aridisols. El primero comprende suelos poco desarrollados que solo muestran epipedón ócrico, reconociéndose en el área evaluada los subórdenes Orthents, asociado a procesos de meteorización y erosión recientes, y Psaments, desarrollados sobre depósitos aluviales del cuaternario.

Los Aridisols son suelos de zonas áridas que, además de mostrar epipedón ócrico, presentan horizonte de diagnóstico subsuperficial, distinguiéndose en el área al horizonte sálico, que acumulan sales solubles en grandes cantidades, y cálcico, que acumulan carbonato de calcio en sus capas inferiores.

El grado de meteorización de los suelos es bajo a muy bajo debido a diversos factores: las condiciones climáticas, especialmente la escasez de lluvias, la escasa o nula presencia de cobertura vegetal y de fauna, en el caso de los suelos transportados. En los suelos desarrollados sobre materiales residuales de origen volcánico, el proceso de meteorización se ralentiza bastante por la elevada dureza de las rocas del sustrato. La acción de la materia orgánica como factor de formación de suelos en la zona es poco relevante también, debido a que sus contenidos son bajos, concentrándose pobremente solo en la capa superficial.

Se observa presencia importante de fragmentos muy gruesos en superficie y en el perfil de la mayor parte de suelos. La clase textural que predomina es arenosa y arena franca, apreciándose también clases franco arenoso.

Los suelos de la mayor parte del área de estudio presentan pH de neutro a moderadamente alcalino.

Respecto a la salinidad, la mayoría de los suelos presentan problemas de sales, esta apreciable salinidad se explica por haber conformado este litoral parte del antiguo fondo marino que salió a flote en el terciario. Esto se debe a que los suelos son más salinos cuanto más árido es el clima y más cercano este al mar, dado que la posibilidad de que las sales sean lavadas se reduce al mínimo. Ello explica las elevadas concentraciones de sales de los suelos Tres Hermanas, Talud y Lobera. Por otro lado, los suelos Toroco y Miramar exhiben contenidos elevados de carbonato de calcio, influenciado del mismo modo por las condiciones áridas, hacen que estos horizontes estén endurecidos, formando un horizonte Petrocálcico.

Todos los suelos evaluados son muy superficiales a superficiales, excepto el suelo Arenal y Salinas que son profundos, limitándose la profundidad efectiva por la presencia casi superficial de fragmentos rocosos muy gruesos (regolita) o de la propia roca madre (contacto lítico). Esta escasa profundidad se explica tanto por la poca efectividad del clima como por el poco tiempo que han tenido los procesos edafogenéticos en desarrollar los suelos. Estas unidades edafológicas se localizan en el sector bajo del parque eólico con dirección a la línea de transmisión, el cual es profundo al haberse desarrollado sobre potentes depósitos aluviales y eólicos durante miles de años.

En general, se trata de suelos de fertilidad química baja tanto en el sector del parque eólico como en la línea de transmisión. La fertilidad baja de estos sectores, presenta niveles bajos de materia orgánica, bajos de nitrógeno mineral, bajos de fósforo, pero niveles medio a alto en potasio disponible y la CIC baja a muy baja.

4.1.6.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE SUELOS

Las condiciones ecológicas de la zona de estudio, de acuerdo a su disponibilidad de humedad y temperatura en el suelo, corresponde a la zona climática desértico – seco, que incluye a la zona de vida de desierto desecado – Templado cálido (dd-Tc), desierto seco – Templado cálido (ds-Tc) y desierto perárido – Templado cálido (dp-Tc), donde los suelos tienen un régimen de humedad Arídico y un régimen de temperatura Térmico.

En el área de estudio se ha identificado dos órdenes de suelos; Aridisols y Entisols, cuatro sub-órdenes, cuatro grandes grupos y cinco sub-grupos. Esta jerarquía de unidades de suelos, así como los nombres locales que se les asignan a los sub-grupos, se presentan en el Cuadro 4.1.6-3. En el Cuadro 4.1.6-4 se proporciona la ubicación de las calicatas que sirvieron para determinar los distintos subgrupos de suelos. Los datos de laboratorio, perfiles modales de las calicatas, así como la galería fotográfica se presentan en los anexos 4.1.6.1-1, 4.1.6.1-2 y 4.1.6.1-3 respectivamente. Asimismo, en el Cuadro 4.1.6-6 se resumen los datos fisicoquímicos más relevantes de los suelos identificados. Las consociaciones y asociaciones definidas a partir de los suelos identificados se indican en el Cuadro 4.1.6-5, donde también se adjuntan datos generales de estas unidades cartográficas. Estas unidades se muestran en el Mapa de Suelos (ver Mapa 4.1.6-1a).

Cuadro 4.1.6-3 Unidades taxonómicas de suelos presentes en el área de estudio.

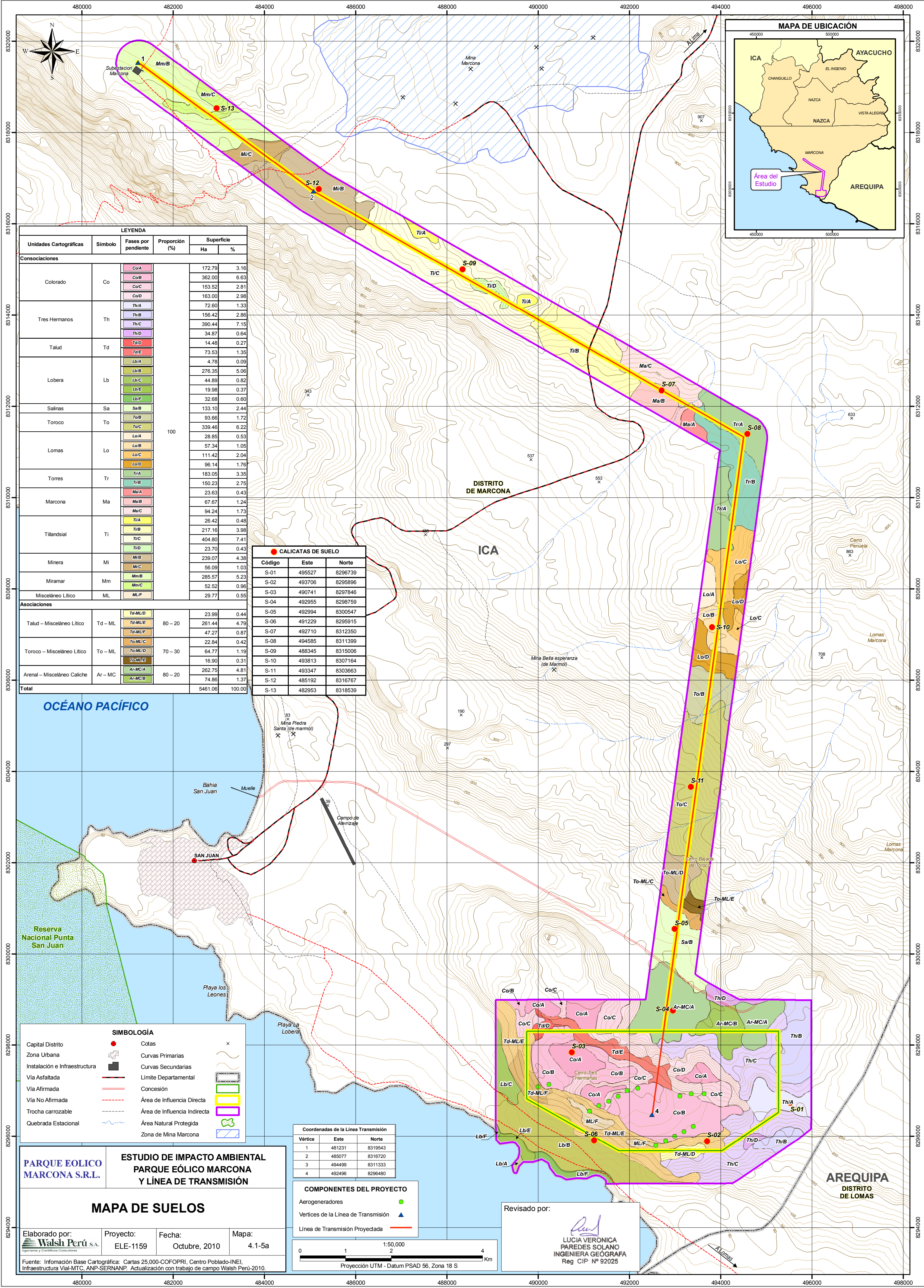
Soil Taxonomy (2010)				Nombre común de suelos
Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	
Aridisols	Calcids	Petrocalcids	Typic Petrocalcids	Colorado Toroco Miramar
	Salids	Haplosalids	Typic Haplosalids	Tres Hermanas Talud Lobera
Entisols	Psaments	Torripsaments	Lithic Torripsamments	Lomas
			Typic Torripsamments	Arenal Salinas Minera
	Orthents	Torriorthents	Lithic Torriorthents	Torres Marcona Tillandsial

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

Cuadro 4.1.6-4 Ubicación de calicatas de evaluación.

Calicata	Coordenadas (UTM-PSAD 56)		Suelos identificados
	Este	Norte	
S-1	495 527	8 296 379	Tres Hermanas
S-2	493 706	8 295 896	Talud
S-3	490 741	8 297 846	Colorado
S-4	492 955	8 298 759	Arenal
S-5	492 994	8 300 547	Salinas
S-6	491 229	8 295 915	Lobera
S-7	492 710	8 312 350	Marcona
S-8	494 585	8 311 399	Torres
S-9	488 345	8 315 006	Tillandsiales
S-10	493 813	8 307 164	Lomas
S-11	493 347	8 303 663	Toroco
S-12	485 192	8 316 767	Minera
S-13	482 953	8 318 539	Miramar

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.



Cuadro 4.1.6-5 Área de unidades cartográficas en el área de estudio.

Unidades Cartográficas	Símbolo	Fases por pendiente	Proporción (%)	Superficie	
				Ha	%
Consociaciones					
Colorado	Co	A	100	172.79	3.16
		B		362.00	6.63
		C		153.52	2.81
		D		163.00	2.98
Tres Hermanas	Th	A		72.60	1.33
		B		156.42	2.86
		C		390.44	7.15
		D		34.87	0.64
Talud	Td	D		14.48	0.27
		E		73.53	1.35
Lobera	Lb	A		4.78	0.09
		B		276.35	5.06
		C		44.89	0.82
		E		19.98	0.37
		F		32.68	0.60
Salinas	Sa	B		133.10	2.44
Toroco	To	B		93.66	1.72
		C		339.46	6.22
Lomas	Lo	A		28.85	0.53
		B		57.34	1.05
		C		111.42	2.04
		D		96.14	1.76
Torres	Tr	A		183.05	3.35
		B		150.23	2.75
Marcona	Ma	A		23.63	0.43
		B		67.67	1.24
		C		94.24	1.73
Tillandsial	Ti	A		26.42	0.48
		B		217.16	3.98
		C		404.80	7.41
		D		23.70	0.43
Minera	Mi	B		239.07	4.38
		C		56.09	1.03
Miramar	Mm	B		285.57	5.23
		C		52.52	0.96
Misceláneo Lítico	ML	F		29.77	0.55
Asociaciones					
Talud – Misceláneo Lítico	Td – ML	D	80 – 20	23.99	0.44
		E		261.44	4.79
		F		47.27	0.87
Toroco – Misceláneo Lítico	To – ML	C	70 – 30	22.84	0.42
		D		64.77	1.19
		E		16.90	0.31
Arenal – Misceláneo Caliche	Ar – MC	A	80 – 20	262.75	4.81
		B		74.86	1.37
Total				5461.06	100.00

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

Cuadro 4.1.6-6 Características generales de los suelos identificados en el área de estudio.

Nombre del Suelo	Material Parental	Pendiente	Pedregosidad superficial	Prof. efectiva (cm)	Drenaje	Fertilidad Química
Colorado	Eólico/Residual	< 25 %	Pedregosa	< 12 cm	Algo excesivo	Baja
Tres Hermanas	Eólico/Residual	< 25 %	Pedregosa	24 cm	Algo excesivo	Baja
Talud	Eólico/Coluvial	15-25 %	Pedregosa	22 cm	Algo excesivo	Baja
Lobera	Deposito marino	< 75 %	Libre de pedregosidad	7 cm	Excesivo	Baja
Salinas	Aluvial	4 – 8 %	Ligeramente pedregoso	>100 cm	Excesivo	Baja
Arenal	Deposito edico	< 8 %	Ligeramente pedregoso	>100 cm	Excesivo	Baja
Toroco	Eólico / Residual	15 – 50%	Muy pedregosa	8 cm	Excesivo	Baja
Lomas	Eólico / Coluvial	4 – 25%	Pedregosa	< 46 cm	Algo excesivo	Baja
Torres	Eólico / Residual	< 8 %	Ligeramente pedregosa	< 6 cm	Algo excesivo	Baja
Marcona	Eólico / Residual	< 15%	Moderadamente pedregosa	< 6 cm	Algo excesivo	Baja
Tillandsial	Eólico / Residual	< 25 %	Pedregosa	< 7 cm	Excesivo	Baja
Minera	Eólico / Residual	4 – 15 %	Ligeramente pedregosa	< 57 cm	Algo excesivo	Baja
Miramar	Eólico / Coluvial	4 – 15 %	Ligeramente pedregosa	< 15 cm	Bueno	Baja

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

4.1.6.4 DESCRIPCIÓN DE CONSOCIACIONES Y ASOCIACIONES

Los suelos y unidades no edáficas identificadas en el área de estudio se encuentran formado las consociaciones y asociaciones que se describen a continuación:

CONSOCIACIONES

Suelo Colorado (Co)

Está conformada predominantemente por el suelo Colorado. Perteneciente al subgrupo *Typic Petrocalcids*, su drenaje es algo excesivo y su permeabilidad es rápida. No presenta signos de erosión hídrica ya que los procesos de erosión, laminar principalmente, están sujetos exclusivamente a la actividad eólica de la zona. El área presenta cobertura vegetal nativa muy diseminada.

Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil con una secuencia de horizontes C-Ckm-R, con epipedón Ócrico (0-12 cm) de color pardo grisáceo en seco (10 YR 5/2), presenta textura gruesa (arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelta, presenta pocas raíces muy finas y secas, también se observa fragmentos gruesos como gravillas en 3%, con límite claro al horizonte Petrocálcico Ckm (12-23 cm) de color gris claro en seco (10 YR 7/2) de textura gruesa (arenosa), no presenta estructura (masiva), de consistencia muy dura, este horizonte no presenta raíces; presenta fragmentos gruesos como gravilla en 10% y grava en un 40%; este horizonte limita con un contacto lítico constituido de roca poco meteorizada del basamento.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción moderadamente básica (pH 8.52 – 8.06); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es muy ligeramente a fuertemente salino (1.12 – 13.18 dS/m), con un nivel medio a muy alto de carbonatos libres (1.70 – 40.0 %). El nivel de materia orgánica que presenta es bajo (0.14 – 0.28%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (0.8 – 1.0 ppm) y el potasio disponible varía de un nivel medio a alto (150 – 324 ppm). La capacidad de intercambio catiónico varía es muy bajo (2.40 – 2.56 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; plano a ligeramente inclinada (0-4%), moderadamente inclinada (4-8%), fuertemente inclinada (8-15%) y moderadamente empinada (15-25%).

Suelo Tres Hermanas (Th)

Este suelo pertenece al subgrupo *Typic Haplosalids*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil AC-C-Cz-R, con epipedón Ócrico (AC-C) como horizonte de diagnóstico superficial (0-6-24 cm) que presentan colores que varían del amarillo a amarillo pálido en seco (2.5 Y 7/6 – 2.5 Y 7/3), textura gruesa a moderadamente gruesa (arena franca a franco arenosa), no presentan estructura (grano simple), de consistencia suelta, presenta raíces finas y secas, se observa fragmentos gruesos como gravilla en 3%; con límite gradual al horizonte de diagnóstico subsuperficial Sáfico Cz (24-46 cm) de color pardo amarillento en seco (10 YR 5/6) de textura gruesa (arena franca), no presenta estructura (masiva), de consistencia muy dura, este

horizonte no presenta raíces; presenta fragmentos gruesos como gravilla en 3%; este horizonte limita con un contacto lítico constituido de un basamento arenoso friable.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción neutra a moderadamente básica (pH 7.95 – 7.99); la salinidad varía de ligeramente salino a fuertemente salino (2.84 – 15.58 dS/m), presenta carbonatos libres en el rango de bajo a alto (0.0 – 5.70 %). El nivel de materia orgánica es bajo (0.05 - 0.09%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (2.0 – 0.2 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (656 – 1323 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel muy bajo a bajo (3.84 – 9.60 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente plana a ligeramente inclinada (0-4%), moderadamente inclinada (4-8%), fuertemente inclinada (8-15%) y moderadamente empinada (15-25%).

Suelo Talud (Td)

Pertenece al subgrupo *Typic Haplosalids*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil AC-Cz-Czm-R, con epipedón Ócrico (AC-Cz) como horizonte de diagnóstico superficial (0-8-22 cm) que presentan colores que varían del gris amarillento claro a pardo grisáceo en seco (2.5 Y 6/2 – 2.5 Y 5/2), textura gruesa (arenosa), no presentan estructura (grano simple), de consistencia suelta, presentan comunes raíces finas y secas, se observa fragmentos gruesos como gravilla en 5%; con límite claro al horizonte de diagnóstico subsuperficial Sáfico Cz (22-64 cm) de color amarillo pálido en húmedo (5 Y 8/2) de textura gruesa (arena franca), no presenta estructura (masiva), de consistencia muy dura, este horizonte no presenta raíces; presenta fragmentos gruesos como gravilla en 3%; este horizonte limita con un contacto lítico constituido de un basamento friable.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción moderadamente básica (pH 7.82 – 8.07); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es fuertemente salino (8.90 – 18.53 dS/m), presenta carbonatos libres en el rango de bajo a alto (0.0 – 14.80 %). El nivel de materia orgánica es bajo (0.14 - 0.23%), el nivel de fósforo disponible también es bajo (4.0 – 1.6 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (253 – 323 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta en niveles bajos (2.88 – 3.20 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; moderadamente empinada (15-25%) y empinada (25-50%).

Suelo Lobera (Lb)

Este pertenece al subgrupo *Typic Haplosalids*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil Cz-Czm1-Czm2-R, con epipedón Ócrico como único horizonte de diagnóstico (0-7 cm) de color pardo amarillento en seco (10 YR 5/4), presenta textura moderadamente gruesa (franco arenosa) y no presenta estructura (masivo), su consistencia es suelta y no presenta raíces, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 3%, con límite gradual al horizonte de diagnóstico subsuperficial Sáfico Czm1-Czm2 (7-16-52 cm) que presentan colores

que varían del pardo pálido a pardo en seco (10 YR 6/3 – 10 YR 5/3), textura gruesa (arenosa), no presentan estructura (grano simple), de consistencia duro, no presentan raíces, presentan fragmentos gruesos como gravilla en 10% y grava en un 30%; estos horizontes limitan con un contacto paralítico constituido por abundante cantidad de material grueso cementado por sales. Las partículas primarias del suelo se encuentran agregadas y cementadas por matriz salina conglomerando ligeramente los fragmentos gruesos del perfil.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción ligeramente básica (pH 7.52 – 7.59); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es fuertemente salino (27.40 – 17.20 dS/m), presenta carbonatos libres en niveles bajos (1.20 – 2.30 %). El nivel de materia orgánica es bajo (0.16 - 0.11%), el nivel de fósforo disponible también es bajo (0.7 – 1.2 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (364 – 728 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta en niveles bajos a muy bajos (6.72 – 3.52 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; plano a ligeramente inclinada (0-4%), moderadamente inclinada (4-8%), fuertemente inclinada (8-15%), empinada (25-50%) y muy empinada (50-75%).

Suelo Salinas (Sa)

Este suelo pertenece al subgrupo *Typic Torripsaments*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil C-C2-C3, con epipedón Ócrico como único horizonte de diagnóstico (0-10 cm) de color pardo claro en seco (7.5 YR 6/4), presenta textura gruesa (arena franca) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelta y no presenta raíces, presenta fragmentos gruesos como gravillas y gravas en 15%, con límite gradual a los horizontes C2-C3 (10-24-120 cm respectivamente) que presentan colores que varían del gris rosáceo a pardo claro en seco (10 YR 6/2 – 10 YR 6/3), textura gruesa (arenosa), no presentan estructura (grano simple), de consistencia suelta, no presentan raíces, presentan fragmentos gruesos como gravilla en 5% como promedio; se puede notar además la presencia de concreciones finas de arena con matriz salina en aproximadamente 10% del último horizonte (C3).

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción moderadamente básica a (pH 7.90 – 8.15); la conductividad eléctrica muestra que este suelo varía de fuertemente a moderadamente salino (12.63 – 6.64 dS/m), los carbonatos libres se encuentran en niveles bajos a altos (7.60 – 0.80 %). El nivel de materia orgánica es bajo (0.14 - 0.02%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (0.9 – 1.5 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (341 – 244 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel bajo (4.48 – 2.56 cmol₍₊₎/ kg de suelo) debido a la baja cantidad de coloides orgánicos y de la fracción arcilla principalmente; en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; moderadamente inclinada (4-8%).

Suelo Toroco (To)

Este suelo pertenece al subgrupo *Typic Petrocalcids*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil AC-Ckm-R, con epipedón Ócrico (0-8 cm) de color pardo en

seco (10 YR 5/3), presenta textura gruesa (arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suave y presenta comunes raíces muy finas y secas, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 10%, con límite gradual al horizonte de diagnóstico subsuperficial Petrocálcico Ckm (8-44 cm) de color blanco en seco (7.5 YR 8/1) de textura moderadamente gruesa (franco arenosa), no presenta estructura (masiva), de consistencia duro, el cual presenta pocas raíces muy finas, presenta fragmentos gruesos como gravilla en 5% y grava en un 10%; este horizonte subsuperficial limita con un contacto paralítico constituido por clastos de roca meteorizada del basamento.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción ligeramente básica a fuertemente básica (pH 7.80 – 8.58); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es muy ligeramente salino (0.22 – 1.87 dS/m), además presenta un nivel bajo a muy alto de carbonatos libres (0.0 – 40.90 %). El nivel de materia orgánica que presenta es bajo (0.18 - 0.37%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (1.7 – 2.5 ppm) y el potasio disponible se encuentra en un nivel medio a bajo (123 - 69 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel muy bajo (4.16 – 3.68 cmol₍₊₎/ kg de suelo), y el nivel del porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; moderadamente inclinada (4-8%) y fuertemente inclinada (15-25%).

Suelo Lomas (Lo)

Este suelo pertenece al subgrupo *Lithic Torriorthents*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil CA-C-Cr-R, con epipedón Ócrico como único horizonte de diagnóstico (0-8 cm) de color pardo amarillento en seco (10 YR 5/4), presenta textura gruesa (arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelta y presenta pocas raíces muy finas y secas, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 5%, con límite claro a los horizontes C-Cr (8- 24-46 cm) que presentan colores que varían del pardo claro a pardo en seco (7.5 YR 6/4 – 7.5 YR 4/4), textura gruesa (arena franca a arenosa), no presentan estructura (grano simple a masiva), de consistencia suelta a ligeramente duro, no presentan raíces, presentan fragmentos gruesos como gravilla en 5% y grava en un 10%; estos horizontes limitan con un contacto paralítico constituido por clastos de roca meteorizada del basamento intrusivo.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción neutra a moderadamente básica (pH 6.84 – 7.94); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es muy ligeramente salino a moderadamente salino (0.28 – 6.30 dS/m), además no presenta carbonatos libres (0.0%). El nivel de materia orgánica es bajo (0.05 - 0.32%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (5.0 – 1.7 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (258 – 454 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel muy bajo a bajo (3.84 – 9.60 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; moderadamente inclinada (4-8%), fuertemente inclinada (8-15%) y moderadamente empinada (15-25%).

Suelo Torres (Tr)

Este suelo pertenece al subgrupo *Lithic Torriorthents*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil con una secuencia de horizontes C-CR-R, con epipedón Ócrico (0-6 cm) de color pardo amarillento en seco (10 YR 5/4), presenta textura moderadamente gruesa (franco arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelto, no presenta raíces, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 5%, con límite claro al horizonte CR (6-14 cm) de color pardo muy pálido en seco (10 YR 7/4) de textura gruesa (arena franca), no presenta estructura (grano simple), de consistencia suelto, el cual tampoco presenta raíces; presenta fragmentos gruesos como gravilla en 20% y grava en un 60%; este horizonte subsuperficial limita con un contacto lítico constituido de roca meteorizada del basamento.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción neutra a ligeramente básica (pH 6.58 – 7.48); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es fuertemente salino (19.04 – 9.82 dS/m), con un nivel bajo de carbonatos libres (0.0 – 2.00 %). El nivel de materia orgánica que presenta es bajo (0.23 – 0.14%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (7.2 – 1.7 ppm) y el potasio disponible varía de un nivel alto a medio (686 – 181 ppm). La capacidad de intercambio catiónico varía de un nivel bajo a muy bajo (8.32 – 2.40 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; plano a ligeramente inclinada (0-4%) y moderadamente inclinada (4-8%).

Suelo Marcona (Ma)

De acuerdo al Soil Taxonomy 2010, este suelo se le puede clasificar como *Lithic Torriorthents*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil C-RC-R, con epipedón Ócrico (0-7 cm) de color pardo amarillento en seco (10 YR 6/4), presenta textura gruesa (arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelto, no presenta raíces, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 3%, con límite claro al horizonte RC (7-22 cm) de color gris oscuro en seco (5 Y 4/1) de textura gruesa (arena franca), no presenta estructura (grano simple), de consistencia suelto, el cual tampoco presenta raíces; presenta fragmentos gruesos poco alterados como gravilla en 10%, grava en un 20% y guijarro en 50%; este horizonte subsuperficial limita con un contacto lítico constituido de roca sólida del basamento.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción neutra a ligeramente básica (pH 6.05 – 7.43); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es fuertemente salino a moderadamente salino (10.20 – 7.85 dS/m), con un nivel bajo de carbonatos libres (0.0 – 1.20 %). El nivel de materia orgánica que presenta es bajo (0.02 – 0.09%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (3.5 – 0.6 ppm) y el potasio disponible varía de un nivel medio a bajo (218 – 68 ppm). La capacidad de intercambio catiónico es muy bajo (4.32 – 2.88 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; plano a ligeramente inclinada (0-4%), moderada inclinada (4-8%) y fuertemente inclinada (8-15%).

Suelo Tillandsial (Ti)

Este suelo pertenece al subgrupo *Lithic Torriorthents*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil Cz-CR-R, con epipedón Ócrico (0-7 cm) de color pardo amarillento en seco (10 YR 5/4), presenta textura gruesa (arena franca) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelto, presenta pocas raíces, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 5%, con límite claro al horizonte CR (7-32 cm) de color pardo muy pálido en seco (10 YR 7/4) de textura gruesa (arenosa), no presenta estructura (masiva), de consistencia suelto, el cual tampoco presenta raíces; presenta fragmentos gruesos como gravilla en 10%, grava en un 60% y guijarro en 10%; este horizonte subsuperficial limita con un contacto lítico constituido de roca meteorizada del basamento.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción neutra a ligeramente básica (pH 7.14 – 7.81); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es fuertemente salino a moderadamente salino (17.70 – 7.40 dS/m), además presenta un nivel bajo de carbonatos libres (0.0 – 1.17 %). El nivel de materia orgánica que presenta es bajo (0.30 - 0.16%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (1.9 – 0.3 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (666 – 251 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel bajo a muy bajo (8.32 – 3.52 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; plano a ligeramente inclinada (0-4%), moderada inclinada (4-8%), fuertemente inclinada (8-15%) y moderadamente empinada (15-25%).

Suelo Minera (Mi)

Este suelo pertenece al subgrupo *Typic Torripsaments*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil C-C2-C3-R, con epipedón Ócrico como único horizonte de diagnostico (0-14 cm) de color pardo en seco (7.5 YR 5/4), presenta textura gruesa (arena franca) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelta y presenta pocas raíces muy finas y secas, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 1%, con límite claro a los horizontes C2-C3 (14-29-57 cm) que presentan colores que varían del blanco rosáceo a pardo amarillento claro en seco (7.5 YR 8/2 – 10 YR 6/4), textura gruesa (arena franca), no presentan estructura (grano simple a masiva), de consistencia ligeramente duro a muy duro, no presentan raíces, presentan fragmentos gruesos como gravilla en 5% y grava en un 3%; estos horizontes limitan con un contacto paralítico constituido por clastos de roca meteorizada del basamento intrusivo.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción moderadamente básica a ligeramente básica (pH 8.26 – 7.63); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es muy ligeramente salino a fuertemente salino (0.42 – 9.38 dS/m), además no presenta carbonatos libres (0.0%). El nivel de materia orgánica es bajo (0.05 - 0.34%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (2.7 – 0.5 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel alto (1130 - 760 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel bajo a medio (9.60 – 16.32 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; moderadamente inclinada (4-8%) y fuertemente inclinada (8-15%).

Suelo Miramar (Mm)

Este suelo pertenece al subgrupo *Typic Petrocalcids*. Las características edáficas de esta unidad de suelo están expresadas en un perfil C-Ckm-R, con epipedón Ócrico (0-15 cm) de color pardo amarillento claro en seco (10 YR 6/4), presenta textura gruesa (arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suave y presenta pocas raíces muy finas y secas, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 1%, con límite claro al horizonte de diagnóstico subsuperficial Petrocálcico CKm (15-46 cm) de color pardo muy pálido en seco (10 YR 8/2) de textura gruesa (arena franca), no presenta estructura (masiva), de consistencia duro, el cual presenta pocas raíces muy finas, presenta fragmentos gruesos como gravilla en 20% y grava en un 40%; este horizonte subsuperficial limita con un contacto lítico constituido por clastos de roca meteorizada del basamento.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción fuertemente básica a moderadamente básica (pH 8.55 – 8.06); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es muy ligeramente salino a moderadamente salino (0.74 – 6.35 dS/m), además presenta un nivel bajo a muy alto de carbonatos libres (0.0 – 17.0 %). El nivel de materia orgánica que presenta es bajo (0.02 - 0.44%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (0.9 – 5.4 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel medio a alto (198 - 319 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta de un nivel bajo a muy bajo (5.44 – 4.00 cmol₍₊₎/ kg de suelo), en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; moderada inclinada (4-8%) y fuertemente inclinada (8-15%).

Misceláneo Lítico (ML)

Es una unidad particularmente no edáfica. En la zona corresponden a taludes y piedemontes que presentan afloramientos rocosos, son suelos muy superficiales (menos de 5 cm). Esta constituida básicamente por afloramiento lítico del basamento intrusivo que caracteriza la geología de esta zona de estudio. Esta unidad edáfica se presenta en la fase por pendiente; muy empinada (50-75 %).

ASOCIACIONES

Suelo Talud – Misceláneo Lítico (Td-ML)

Está conformada predominantemente por la unidad edáfica Talud y la unidad no edáfica Misceláneo Lítico en una proporción 80-20 % respectivamente. En el mapa de suelos esta asociación se encuentra cartografiada en sus fases por pendiente; moderadamente empinada (15-25%), empinada (4-8%) y muy empinada (8-15%). Las características edáficas de ambas unidades se han descrito anteriormente.

Suelo Toroco – Misceláneo Lítico (To-ML)

Está conformada predominantemente por la unidad edáfica Toroco y la unidad no edáfica Misceláneo Lítico en una proporción 70-30 % respectivamente. En el mapa de suelos esta asociación se encuentra cartografiada en sus fases por pendiente; fuertemente inclinada (8-15%), moderadamente empinada (15-25%). Las características edáficas de ambas unidades se han descrito anteriormente.

Suelo Arenal – Misceláneo Caliche (Ar-MC)

Está conformada predominantemente por la unidad edáfica Arenal y la unidad no edáfica Misceláneo Caliche en una proporción 80 - 20 % respectivamente. En el mapa de suelos esta asociación se encuentra cartografiada en sus fases por pendiente; plana a ligeramente inclinado (0 - 4 %), moderadamente inclinada (4 - 8%).

Suelo Arenal (Ar)

Este suelo pertenece al subgrupo *Typic Torripsaments*. Sus características edáficas están expresadas en un perfil C-C2-C3, con epipedón Ócrico como único horizonte de diagnóstico (0-6 cm) de color gris parduzco claro en seco (10 YR 6/2), presenta textura gruesa (arenosa) y no presenta estructura (grano simple), su consistencia es suelta y presenta pocas raíces muy finas y secas, presenta fragmentos gruesos como gravillas en 5%, con límite gradual a los horizontes C2-C3 (6-52-120 cm respectivamente) que presentan colores que varían del pardo muy pálido a amarillo pálido claro en seco (10 YR 7/4 – 2.5 Y 7/3), textura gruesa (arenosa), no presenta estructura (grano simple), de consistencia suelta, no presentan raíces, presentan fragmentos gruesos como gravilla en 10% como promedio.

Las características químicas del perfil están dadas por una reacción fuertemente básica a (pH 7.82 – 8.07); la conductividad eléctrica muestra que este suelo es muy ligeramente salino (0.74 – 1.87 dS/m), los carbonatos libres se encuentran en niveles bajos (1.0 – 0.50 %). El nivel de materia orgánica es bajo (0.11 - 0.02%), del mismo modo el nivel de fósforo disponible también es bajo (0.5 – 0.2 ppm) y el potasio disponible se presenta en un nivel medio (178 – 117 ppm). La capacidad de intercambio catiónico se presenta en un nivel bajo (2.40 – 1.92 cmol(+) / kg de suelo) debido a la baja cantidad de coloides orgánicos y de la fracción arcilla principalmente; en tanto el porcentaje de saturación de bases PSB es alto (100%). Estas características determinan que la fertilidad natural del suelo sea baja.

Misceláneo Caliche (MC)

Constituido por afloramientos cementados orientados horizontalmente en forma foliada, la naturaleza salina de determinadas áreas de esta unidad cartográfica y los cambios en la humedad del perfil del suelo en determinadas épocas provocan el encostramiento y cementación de capas del suelo de las superficies más elevadas, pudiéndose presentar este fenómeno dentro o fuera del perfil, para esta unidad miscelánea solo se ha considerado áreas con exposición superficial del encostramiento.

4.1.6.5 CAPACIDAD DE USO MAYOR DE TIERRAS

En el área de estudio se ha identificado tres grupos de capacidad de uso mayor: Tierras aptas para cultivos en Limpio (A), Tierras aptas para Cultivos permanente (C) y Tierras de Protección (X). Adicionalmente, para adaptar la descripción al nivel de detalle de la evaluación, se ha incluido una unidad dentro de las tierras aptas para cultivo en limpio, tres en tierras aptas para cultivos permanentes y seis en tierras de protección. En el Cuadro 4.1.6-7 se presenta la lista de estas unidades, ordenadas jerárquicamente y relacionadas con los suelos identificados.

Cuadro 4.1.6-7 Unidades de capacidad de uso mayor de tierras

Grupos	Clase	Sub Clase	Unidades Cartográficas Incluidas	Símbolo Suelos	Fase por Pendiente
Tierras aptas para cultivos en Limpio (A)	Baja (A3)	A3sew(r)	Arenal	Ar	A, B
Tierras aptas para Cultivos permanentes (C)	Baja (C3)	C3sel(r)	Minera	Mi	B, C
		C3sew(r)	Lomas	Lo	A, B
		C3swl(r)	Salinas	Sa	B
Tierras de Protección (X)		Xe	Lomas	Lo	C, D
		Xs	Colorado	Co	A, B, C
			Tres Hermanas	Th	A, B, C
			Lobera	Lb	A, B, C
			Toroco	To	B, C
			Miramar	Mm	B, C
		Xsl	Tillandsial	Ti	A, B, C
			Marcona	Ma	A, B, C
			Torres	Tr	A, B
		Xse	Colorado	Co	D
			Talud	Td	D, E, F
			Lobera	Lb	E, F
			Tres Hermanas	Th	D
			Toroco	To	C, D, E
		Xsel	Tillandsial	Ti	D
		X*	Misceláneo Lítico	ML	F
			Misceláneo Caliche	MC	A, B

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.

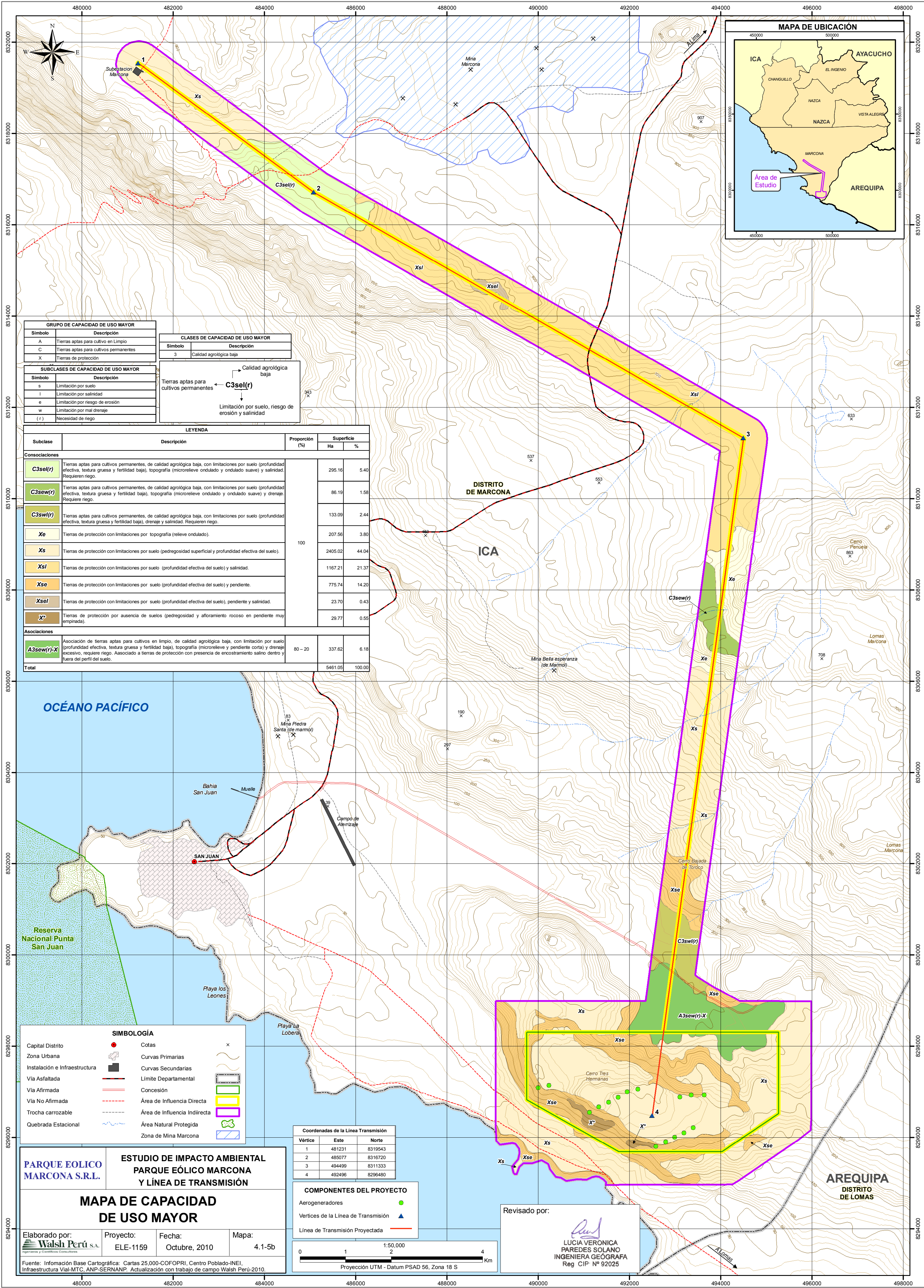
4.1.6.5.1 Unidades de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra

Con fines cartográficos, las unidades de capacidad de uso mayor de tierras se han organizado en consociaciones y asociaciones, siguiendo el criterio utilizado para representar cartográficamente los suelos. Estas unidades cartográficas y sus características generales se presentan en el Cuadro 4.1.6-8. En base a ellas se elaboró el Mapa de capacidad de uso mayor de tierras (Mapa 4.1.6-1b).

Cuadro 4.1.6-8 Consociaciones y asociaciones de capacidad de uso mayor identificadas

Subclase	Descripción	Proporción (%)	Superficie	
			Ha	%
Consociaciones				
C3sel(r)	Tierras aptas para cultivos permanentes, de calidad agrologica baja, con limitaciones por suelo (profundidad efectiva, textura gruesa y fertilidad baja), topografia (microrelieve ondulado y ondulado suave) y salinidad. Requieren riego.	100	295.16	5.40
C3sew(r)	Tierras aptas para cultivos permanentes; de calidad agrologica baja, con limitaciones por suelo (profundidad efectiva, textura gruesa y fertilidad baja), topografia (microrelieve ondulado y ondulado suave) y drenaje. Requiere riego.		86.19	1.58
C3swl(r)	Tierras aptas para cultivos permanentes; de calidad agrologica baja, con limitaciones por suelo (profundidad efectiva, textura gruesa y fertilidad baja), drenaje y salinidad. Requieren riego.		133.09	2.44
Xe	Tierras de protección con limitaciones por topografia (relieve ondulado).		207.56	3.80
Xs	Tierras de protección con limitaciones por suelo (pedregosidad superficial y profundidad efectiva del suelo).		2405.02	44.04
Xsl	Tierras de protección con limitaciones por suelo (profundidad efectiva del suelo) y salinidad.		1167.21	21.37
Xse	Tierras de protección con limitaciones por suelo (profundidad efectiva del suelo) y pendiente.		775.74	14.20
Xsel	Tierras de protección con limitaciones por suelo (profundidad efectiva del suelo), pendiente y salinidad.		23.70	0.43
X*	Tierras de protección por ausencia de suelos (pedregosidad y afloramiento rocoso en pendiente muy empinada).		29.77	0.55
Asociaciones				
A3sew(r) – X*	Asociación de tierras aptas para cultivos en limpio, de calidad agrologica baja, con limitación por suelo (profundidad efectiva, textura gruesa y fertilidad baja), topografia (microrelieve y pendiente corta) y drenaje excesivo, requiere riego. Asociado a tierras de protección con presencia de encostramiento salino dentro y fuera del perfil del suelo.	80 – 20	337.62	6.18
Total			5461.05	100.00

Elaborado por: Walsh Perú S.A. 2010.



4.1.6.5.2 Descripción de las unidades de capacidad de uso mayor

En el área de estudio, se reconocen tres grupos de capacidad de uso mayor; Tierras aptas para cultivos en Limpio (A), Tierras aptas para Cultivos permanente (C) y Tierras de Protección (X).

Tierras aptas para cultivos en limpio (A)

Reúne a las tierras que presentan características climáticas, de relieve y edáficas apropiadas para la producción de cultivos en limpio a condición que se apliquen remociones o araduras periódicas y continuadas del suelo. Estas tierras, debido a sus características ecológicas, también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea cultivos permanentes, pastos, producción forestal o protección.

Dentro de este grupo se reconoció en el área una clase de capacidad de uso mayor: Calidad agrológica baja (A3). A su vez, dentro de esta clase se identificó una subclase de capacidad de uso mayor: A3sew(r). Esta unidad es descrita con detalle más adelante.

Tierras aptas para cultivos permanentes (C)

Son aquellas tierras que presentan características climáticas, de relieve y edáficas apropiadas para la producción de cultivos permanentes (arbustivos o frutales permanentes) a condición que se apliquen remociones o araduras periódicas y continuadas del suelo. Estas tierras, debido a sus características ecológicas, también pueden destinarse a otras alternativas de uso, ya sea, para pastos, producción forestal o protección.

Dentro de este grupo se reconoció en el área una clase de capacidad de uso mayor: Calidad agrológica baja (C3). A su vez, dentro de esta clase se identificó tres subclases de capacidad de uso mayor: C3sel(r), C3sew(r) y C3swl(r). Estas unidades se describen con detalle más adelante.

Tierras de Protección (X)

Este grupo de tierras no presenta clases de capacidad de uso mayor, debido a las severas limitaciones de orden edáfico, climático o geomorfológico que presentan los suelos, que no permiten su aprovechamiento sostenible para cultivos en limpio, cultivos permanentes, pastos ni explotación forestal. Las limitaciones que presentan los suelos en el área de estudio se deben básicamente a la escasa profundidad efectiva y a la elevada salinidad, y en menor medida a los altos contenidos de fragmentos gruesos en el perfil y sobre la superficie y a la fuerte pendiente. Dentro de este grupo también se incluyen las unidades misceláneas, no edáficas.

Si bien el reglamento no determina la identificación de clases ni subclases dentro de este grupo de tierras, con fines de explicación se han utilizado los tipos de limitación que definen las subclases de capacidad de uso mayor (y su respectiva nomenclatura) para diferenciar unidades de tierra dentro de este grupo. De esta manera, se han definido seis unidades de tierras de protección.

Estas unidades de tierras de protección han sido agrupadas en consociaciones y asociaciones, siguiendo el mismo criterio que se utilizó para la definición de unidades cartográficas de suelos. A continuación se describe cada de estas unidades

Consociaciones

Unidad C3sel(r)

Corresponde a tierras que pueden soportar cultivos permanentes si se le aplica intensivamente fertilizantes en forma sistemática y riego, considerando el empleo de técnicas modernas que eviten su deterioro y aseguren su sostenibilidad. Como limitantes se encuentran aquellas debidas al suelo: textura gruesa (arena franca y arenosa), profundidad efectiva del suelo y fertilidad baja, relieve ondulado y alta presencia de salinidad. Incluye al Minera en sus fases por pendiente B y C.

El uso de estas tierras requiere de la aplicación racional abonos orgánicos o sintéticos de bajo índice salino, que contengan nitrógeno y fósforo, los cuales deben de aplicarse en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo, así como la necesidad obligatoria de aplicar riego, especialmente riego tecnificado que permita controlar la dosificaciones de fertilizantes vía sistema. Con el fin de aumentar la capacidad retentiva de humedad y de los nutrientes es recomendable la aplicación de estiércol u otra fuente orgánica de baja salinidad (materia orgánica).

Unidad C3sew(r)

Esta subclase está conformada por la unidad edáfica Lomas en su fase por pendiente A y B, que presenta suelos superficiales, de textura gruesa, de permeabilidad rápida, de drenaje algo excesivo. El uso de estas tierras requiere de la aplicación racional enmiendas principalmente del tipo orgánico para disminuir el drenaje excesivo. También requiere la aplicación de fertilizantes que contengan nitrógeno y fósforo, los cuales deben de aplicarse en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo, así como la necesidad obligatoria de aplicar riego, especialmente riego tecnificado que permita controlar la dosificaciones de fertilizantes vía sistema. Con el fin de aumentar la capacidad retentiva de humedad y de los nutrientes es recomendable la aplicación de estiércol (materia orgánica) u otra fuente orgánica de baja salinidad.

Unidad C3sw(r)

Está conformada por la unidad edáfica Salinas en su fase por pendiente B, que presenta suelos profundos, de textura gruesa, de permeabilidad muy rápida, de drenaje excesivo y relieve ligeramente ondulado. El uso de estas tierras requiere de la aplicación racional enmiendas principalmente del tipo orgánico para incrementar la capacidad retentiva de humedad y además disminuir el drenaje excesivo. También requiere la aplicación de fertilizantes de bajo índice salino que contengan nitrógeno y fósforo, los cuales deben de aplicarse en forma balanceada y según los requerimientos del cultivo, así como la necesidad obligatoria de aplicar riego, especialmente riego tecnificado que permita controlar la dosificaciones de fertilizantes vía sistema.

Unidad Xe

Está conformada por las unidades edáficas Lomas en su fase por pendiente C y D. Se encuentra conformada por aquellos suelos de topografía fuertemente inclinada a moderadamente empinada, que comprende suelos superficiales, con presencia de un contacto lítico dentro del perfil, que limitan la profundidad efectiva y el volumen útil del suelo, principalmente. Esta unidad presenta un ligero proceso erosivo laminar principalmente de origen eólico.

Unidad Xs

Está conformada por las unidades edáficas; Colorado, Tres Hermanas y Lobera en sus fases por pendiente A, B y C; Toroco y Miramar en sus fases por pendiente B y C. Presenta suelos superficiales, de textura moderadamente gruesa a gruesa (arena franca, arenosa y franco arenosa), de permeabilidad rápida, y drenaje bueno.

Las limitaciones de mayor importancia están referidas a la escasa profundidad efectiva por tener un contacto lítico y/o paralítico a menos de 25 cm y pedregosidad superficial, lo cual impide el crecimiento de las raíces.

Unidad Xsl

Está conformada por las unidades edáficas Tillandsial y Marcona en sus fases por pendiente A, B y C; y la unidad edáfica Torres en su fase por pendiente A y B. Presenta suelos muy superficiales, de textura moderadamente gruesa a gruesa (arena franca, arenosa y franco arenosa), de permeabilidad rápida a rápida, y drenaje algo excesivo.

Las limitaciones de mayor importancia están referidas a la escasa profundidad efectiva el cual impide el crecimiento de las raíces. Además, la fuerte salinidad del suelo también es una característica importante que restringe el mejor uso de este suelo.

Unidad Xse

Está conformada por las unidades edáficas; Colorado y Tres Hermanas en sus fases por pendiente D; la unidad edáfica Talud (D, E, F), Lobera (E, F), y Toroco (C, D, E). Las limitaciones de mayor importancia están referidas a las características del suelo (s): suelos muy superficiales a superficiales por tener un contacto lítico o paralítico a menos de 40 cm, lo cual impide el crecimiento de las raíces.

Unidad Xsel

Está conformada por las unidades edáficas Tillandsial en su fase por pendiente D. Esta unidad de Tierras de Protección generalmente está asociada a la topografía ondulada; la superficie presenta un dinámico proceso erosivo laminar ligero principalmente de origen eólico.

Las limitaciones de mayor importancia están referidas a la escasa profundidad efectiva lo que imposibilita el crecimiento de las raíces. Estas tierras también se ven limitadas en su uso potencial por la topografía (e) principalmente la pendiente, que relacionada con la profundidad del suelo impiden practicar usos agropecuarios. Además tiene problemas de fuerte salinidad (l).

Unidad X*

Esta unidad representa cartográficamente a los Misceláneos Lítico y Misceláneo Caliche, constituidos, el primero, por afloramientos líticos del basamento intrusivo y alta pedregosidad superficial producto de la meteorización de la roca madre; también lo constituyen escarpes rocosos de fuerte pendiente que aparecen en los flancos del cerro Tres Hermanas con dirección oeste. En el caso de Misceláneo Caliche, se encuentra únicamente asociado a Tierras para Cultivo en Limpio de

calidad agrologica baja con restricciones por suelo, microrelieve y drenaje (A3sew), más adelante se describirá.

Asociaciones

Unidad A3sew(r) – Unidad X*

Estas tierras la conforman la unidad A3sew(r) y la unidad X*, en proporciones 80 – 20 % respectivamente. En el primer caso corresponde al suelo Arenal en su fase por pendiente A y B; y en el segundo a la unidad no edáfica Misceláneo Caliche. Esta asociación se distribuye de modo disperso e intrincado, se encuentra distribuido en paisajes de lomadas con cobertura eólica y fondos eólicos lo suficientemente amplios y planos. Las características de sus componentes han sido descritas anteriormente.

4.1.7 CALIDAD DE SUELOS

A fin de identificar el nivel de posible contaminación de los suelos en el área de estudio, que pudieran luego atribuirse a las actividades del proyecto, se determinó la medición del parámetro aceites y grasas (A&G), debido a que este parámetro es el principal contaminante potencial que podría generarse durante las etapas de construcción y operación del proyecto.

Las muestras de suelo colectadas en campo fueron analizadas en el laboratorio CORPLAB, el método de análisis y límites de detección utilizados se muestra en el Cuadro 4.1.7-1.

La evaluación de la calidad de los suelos se realizará considerando a manera referencial la norma oficial mexicana (NOM-138-SEMARNAT/SS-2003) para aceites y grasas.

Cuadro 4.1.7-1 Parámetro evaluado

Parámetro	Metodología de análisis	Unidades	Límite de detección	Valor referencial para comparación*
Aceites y Grasas	Método EPA 9071B	mg/Kg	10	6,000**

(*) Norma oficial mexicana, 2003.

(**) Límite máximo permisible para fracción pesada, uso de suelo industrial.

Se seleccionó dos (02) puntos de muestreo en la zona del proyecto considerando evaluar la presencia de contaminantes durante la etapa de construcción y operación los cuales se muestran en el Mapa 4.1-2. En el Cuadro 4.1.7-2 se presenta los puntos de muestreo y sus coordenadas UTM. En el Cuadro 4.1.7-3 se muestran los resultados de los análisis de aceites y grasas reportados por el laboratorio. Los informes de ensayo se presentan en el Anexo B-9.

Cuadro 4.1.7-2 Puntos de muestreo

Punto de muestreo	Fecha de muestreo	Descripción	Coordenadas UTM (PSAD 56, Zona 17M)		Altitud (msnm)
			Este	Norte	
CS-01	26 de junio	Área del proyecto – parque eólico	491,203	8 297,492	318
CS-02	26 de junio	Área del proyecto – parque eólico	493,803	8 296,476	319

Elaboración: Walsh Perú, 2010

Cuadro 4.1.7-3 Resultados de aceites y grasas

Código de muestra	Aceites y grasas* (mg/kg)
CS-01	57
CS-02	65
Límite máximo permisible	6,000**

Elaboración: Walsh Perú, 2010

(*) Norma oficial mexicana, 2003.

(**) Límite máximo permisible para fracción pesada, uso de suelo industrial.

De acuerdo con los resultados de los análisis para aceites y grasas, los niveles de este parámetro actualmente en el área de estudio se encuentran por debajo del Límite Máximo Permisible establecido por la normatividad mexicana.

4.1.8 RECURSOS HÍDRICOS

4.1.8.1 GENERALIDADES

El objetivo del presente estudio es determinar una línea base referente a los recursos hídricos incluidos y circundantes al área de estudio del Parque Eólico Marcona y línea de transmisión. Considerando principalmente que se encuentra en una zona árida costera y que existe escasa información hidrometeorológica, se desarrollará una evaluación de la oferta hídrica en base a datos registrados en zonas de similar comportamiento hidrográfico.

El capítulo se desarrolla sobre la base de diversas fuentes de información, como son los registros del SENAMHI, la cartografía del IGN y referencias geográficas de la zona de estudio de fuentes secundarias. Con dicha información, se forman elementos de análisis para establecer comportamientos regionales. Sobre esta base se ha preparado un mapa de la cuenca para identificar el comportamiento hidrográfico en la zona así como parámetros geomorfológicos (áreas de cuenca, longitud de cauces, alturas, pendientes). También se ha efectuado cálculos hidrológicos en los cursos principales para evaluar caudales probables.

Es necesaria dicha evaluación de los recursos hídricos para poder analizar los posibles impactos que se generarán por la ejecución del proyecto. Es necesario considerarlo por el posible riesgo que implicaría para la línea de transmisión y los aerogeneradores, tanto en la fase de construcción como en la operación.

4.1.8.2 PLANTEAMIENTO HIDRÁULICO

El área de estudio se localiza en la intercuenca del río Nazca, afluente del río Grande y del río Santa Lucía, el cual tiene sus orígenes en el distrito de Santa Lucía (provincia de Lucanas, Región de Ayacucho) y discurre entre los límites de los departamentos de Ica y Arequipa hasta su desembocadura cerca del distrito de Lomas (Caravelí).

No existen cuerpos de agua permanentes, solo cauces secos probablemente producto de algunas precipitaciones extraordinarias. No hay actividad agrícola. El agua para uso poblacional es extraída del río Santa Lucía, es transportado mediante un sistema de tuberías a Marcona, su presentación cartográfica se muestra en el Mapa 4.1.8-1.

4.1.8.3 CARACTERÍSTICA DE LA CUENCA

Ubicación y límites

La cuenca se encuentra dentro de la vertiente del Océano Pacífico, en la zona de la costa centro sur del Perú a 530 kilómetros al sur de la ciudad de Lima. Políticamente comprende el distrito de Marcona, provincia de Nazca, región Ica. Limita por el norte con la provincia de Nazca; por el sur con la provincia de Caravelí (Región Arequipa); por el este con la provincia de Lucanas (región Ayacucho) y por el oeste con el Océano Pacífico.

Geográficamente limita por el norte con la cuenca del río Nazca; por el sureste con la cuenca del río Santa Lucía, por el oeste con el Océano Pacífico.

Clima y relieve

El clima es cálido árido, con escasas precipitaciones, con una temperatura máxima que puede superar los 30 °C (enero-marzo) y una temperatura mínima de 16 °C en el mes de agosto. La temperatura promedio anual es de 18 °C a 23 °C. Durante cada cambio de estación se producen los fuertes vientos de arena y tierra llamados paracas.

Esta intercuenca se encuentra íntegramente dentro de la región costa, tiene forma triangular alargada con una pendiente alineada al sur oeste.

El relieve de Marcona se caracteriza por el desierto típico de la costa central y sur del Perú, hallándose mesetas, pampas y altos cerros; ricos en minerales como el hierro y cobre. Marcona tiene una gran riqueza marina a lo largo de su litoral; con amplias bahías, ensenadas y puntas, que dan forma a una gran variedad de playas.

Ecorregiones

Según el sistema de A. Brack, el área de estudio se ubica en la ecorregión de Desierto del Pacífico (zona terrestre) y en la ecoregión Mar Frío de la Corriente Peruana (zona marina).

El Mar Frío de la Corriente Peruana comprende la zona donde ejerce su influencia la Corriente Peruana y se extiende desde cerca de los 5° L.S. hasta el centro de Chile.

La ecorregión del Desierto del Pacífico comprende desde el norte del Perú (60 L.S.) hasta el norte de Chile (220 L.S.). A pesar de las extremas condiciones de aridez, el desierto ofrece una interesante variedad de ecosistemas y una diversidad biológica muy original. Forma una angosta franja a lo largo de la costa, de unos 30 a 60 Km. de ancho y hasta los 600 a 1 000 msnm.

4.1.8.4 PRECIPITACIONES

La estación disponible para el estudio, se presenta en el Cuadro 4.1.8-1, ubicada en el distrito de Lomas en la región de Arequipa. La información existente es muy escasa, así que se tomará esta información de manera solo referencial.

Cuadro 4.1.8-1 Estación meteorológica.

Estación Meteorológica	Ubicación					
	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Región	Parámetros	Período
Lomas	15° 34'	74° 49'	20	Arequipa, Provincia de Caravelí, Distrito Lomas	Precipitación Total Mensual	1999-2008
					Temperatura Media mensual	
					Humedad Relativa Media Mensual	
					Dirección Dominante y Velocidad Media del Viento del Mes	2000-2008

Cuadro 4.1.8-2 Precipitaciones mensuales registradas en la estación Lomas.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1999	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0.7
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	4.3	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-

Elaborado por: Walsh Perú 2010
Fuente: SENAMHI

El Cuadro 4.1.8-2, muestra los registros meteorológicos para un periodo de 10 años, siendo no representativa las escasas o exiguas precipitaciones; únicamente julio del 2004 presenta un total de 4.3 mm característico de un mes frío y húmedo de invierno muy nublado, y diciembre de 1999, de ligeras lluvias verdaderas veraniegas. Estos valores, no generan escorrentías y apenas si humedece el suelo, favoreciendo temporalmente el crecimiento de unas pocas especies herbáceas xerófitas y efímeras.

4.1.8.5 Características de las cuencas vecinas

Río Nazca

El río Nazca alimenta sus cursos de agua con el recurso proveniente de las precipitaciones estacionales que ocurren en su cuenca alta. Tiene una extensión total de aproximadamente 4283 km² de la cual 15% corresponden a la denominada cuenca húmeda. El curso de agua con que cuenta esta cuenca proviene principalmente de las precipitaciones estacionales que caen en su cuenca alta, no existiendo nevados que contribuyan a elevar el escurrimiento superficial en el período de estiaje.

La información pluviométrica es escasa, sin embargo por correlación de las cuencas adyacentes, se tiene que la mayor precipitación ocurre entre los meses de Enero a Marzo y los períodos secos corresponden a los meses de mayo a septiembre.

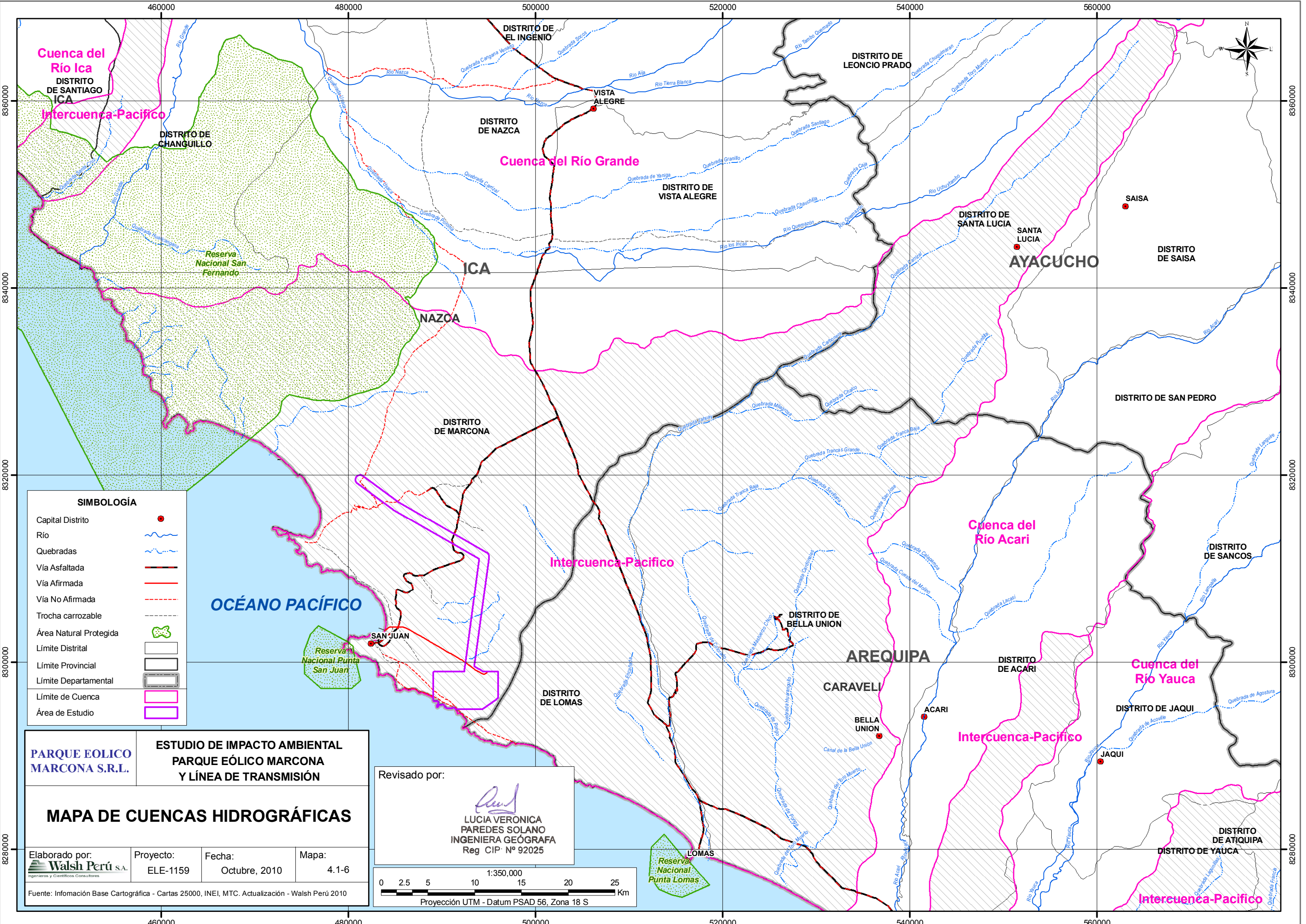
El río Nazca presenta descargas únicamente durante las épocas de lluvias en la cuenca alta, es decir en los meses de enero a marzo, habiendo años en que aún en dicho período se presenta completamente seco; las descargas que se caracterizan por ser esporádicas y de corta duración no llegan a desaguar al mar, ya que son captadas para el riego del valle de esta zona del país.

Río Santa Lucia

El curso del río Santa Lucia es bastante sinuoso, adoptando en general una dirección predominante NE-SO. En la parte inferior del valle y como resultado de la disminución de la pendiente, se ha

formado un pequeño cono de deyección, producto de la disposición de los materiales transportados por el río.

La cuenca tiene una extensión de 1 208 km², de los cuales el 5 %, corresponde a la cuenca húmeda, denominado así por encontrarse sobre los 2 500 msnm. Tiene una longitud de recorrido de 100 km.



SIMBOLOGÍA

Capital Distrito	●
Río	—
Quebradas	- - -
Vía Asfaltada	—
Vía Afirmada	—
Vía No Afirmada	- - -
Trocha carrozable	- - -
Área Natural Protegida	■
Límite Distrital	—
Límite Provincial	—
Límite Departamental	—
Límite de Cuenca	—
Área de Estudio	—

PARQUE EOLICO MARCONA S.R.L.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PARQUE EÓLICO MARCONA
Y LÍNEA DE TRANSMISIÓN**

MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Elaborado por: Walsh Perú S.A. <small>Ingenieros y Científicos Consultores</small>	Proyecto: ELE-1159	Fecha: Octubre, 2010	Mapa: 4.1-6
---	------------------------------	--------------------------------	-----------------------

Fuente: Información Base Cartográfica - Cartas 25000, INEI, MTC. Actualización - Walsh Perú 2010

Revisado por:

[Signature]

LUCIA VERONICA
PAREDES SOLANO
INGENIERA GEÓGRAFA
Reg CIP: N° 92025

0 2.5 5 10 15 20 25 Km

1:350,000

Proyección UTM - Datum PSAD 56, Zona 18 S

4.1.9 USO ACTUAL DE LA TIERRA

4.1.9.1 GENERALIDADES

En esta sección se describe el uso de la tierra existente en el área del proyecto, es decir, el aprovechamiento que se le da a la tierra como recurso, además de las diferentes formas de cobertura superficial existentes en el área de estudio. Para la clasificación de los diferentes tipos de uso identificados, se ha empleado el sistema de clasificación *World Land Use System (WLUS)* de la Unión Geográfica Internacional (UGI)¹. Este sistema presenta ventajas por el carácter práctico y sencillo de su nomenclatura.

Para determinar las unidades de uso se realizó una evaluación y verificación en campo de cada una de las unidades cartografiadas en gabinete (julio - agosto 2010). Adicionalmente, se revisó y analizó información secundaria (climática, fisiográfica y económica). Es necesario destacar que debido a las condiciones climáticas, así como a su topografía, la presencia de población es restringida y las actividades socioeconómicas son nulas. En el Cuadro 4.1.9-1 se presenta el resumen de las unidades identificadas y en el Mapa de uso actual de la tierra (Mapa 4.1.9-1) su representación cartográfica.

Cuadro 4.1.9-1 Unidades de uso actual de las tierras.

Categorías y subcategorías de uso	Símbolo	Superficie	
		Ha.	%
Terrenos sin uso y/o Improductivos			
Terrenos con vegetación dispersa de gramadales	T-vdg	557,73	10,21
Terrenos con vegetación dispersa de lomas	T-vdl	910,42	16,67
Terrenos con vegetación dispersa de tilandsiales	T-vdt	870,03	15,93
Terrenos desprovistos de vegetación	T-dpv	3122,88	57,18
Total		5461,05	100,00

Elaborado por: Walsh Perú S.A., 2010.

4.1.9.2 CATEGORÍAS DE USO ACTUAL DE LAS TIERRAS

De acuerdo a la clasificación utilizada, en el área de estudio se reconocen una categoría de uso de la tierra, la de terrenos sin uso y/o improductivos, esta categoría se ha subdividido en:

4.1.9.2.1 Terrenos sin uso y/o improductivos

Esta categoría se caracteriza por presentar superficies desnudas, es decir, sin la presencia de suelo y con escasa o nula vegetación, propias de las zonas desérticas costeras. Su uso es limitado ya sea para la agricultura o ganadería, estos suelos presenta altos niveles de salinización. A continuación se describe las unidades clasificadas dentro de esta categoría.

¹ El sistema de clasificación de usos de la tierra WLUS (Word Land Use Survey), fue elaborado por una comisión internacional ad hoc nombrada por la Unión Geográfica Internacional (UGI) y presentando por primera vez en octubre de 1949 ONERN lo han utilizado con algunas modificaciones y recomendaron su uso en estudios similares.

4.1.9.2.2 Terrenos con vegetación dispersa de gramadales

Esta unidad de uso se localiza en las laderas empinadas del cerro Tres Hermanas, próximo a los límites del área de concesión del parque eólico. Por la temporalidad el gramadal es la vegetación que predomina asociada a suelos poco desarrollados.



Foto 1 Vista tomada desde el cerro Tres Hermanas, donde se aprecia el uso limitado. Julio - 2010.

4.1.9.2.3 Terrenos con vegetación dispersa de lomas

Esta unidad de uso ocupa superficies de laderas empinadas y la cima del cerro Tres Hermanas principalmente, también se halla dispersa desde el límite de la concesión hasta el vértice 3 de la línea de transmisión.



Foto 2 Vegetación de lomas sobre el cerro Tres Hermanas. Julio - 2010.

4.1.9.2.4 Terrenos con vegetación dispersa de tillandsiales

Esta unidad de uso ocupa superficies de laderas de colinas bajas moderadamente inclinada, al noroeste del área de estudio, entre la carretera Marcona y la subestación Marcona. Este tipo de vegetación se adapta bien a las condiciones desérticas y la extrema aridez.



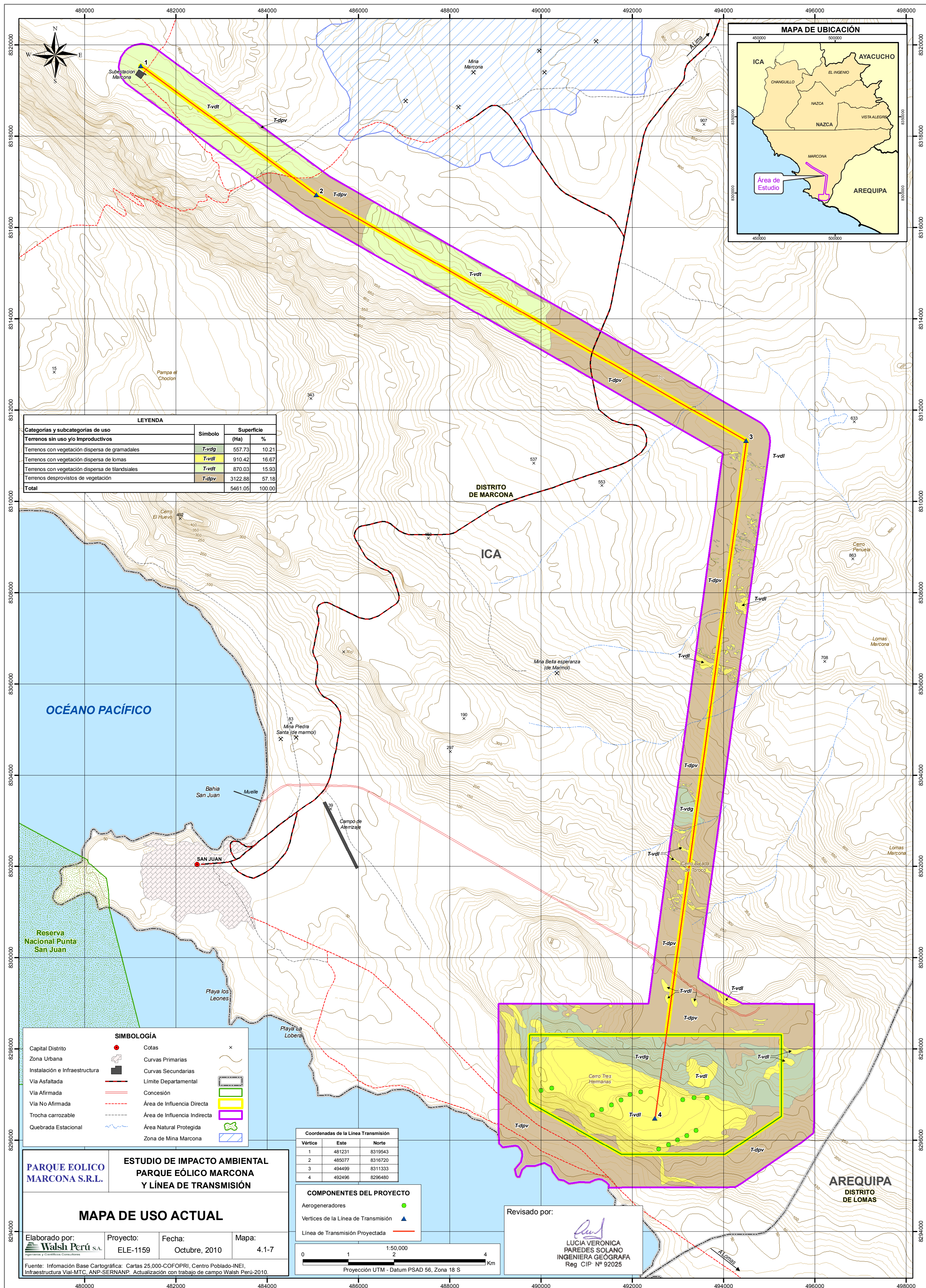
Foto 3 Vista tomada cerca a la subestación Marcona, como se aprecia los tillandsiales se encuentran dispersos. Julio - 2010.

4.1.9.2.5 Terrenos desprovistos de vegetación

Esta subcategoría es la que predomina el área de estudio, no tienen ningún uso, estos terrenos se encuentra limitados por el clima y la escasa o nula precipitaciones. Lo conforman las planicies estructurales, lomadas y piedemontes, cuyas superficies se componen de materiales eólicos y coluvio-aluviales, así como por afloramientos rocosos (volcánicos e intrusivos).



Foto 4 Vista tomada desde la vía antigua a Lomas, la vegetación es escasa o nula. Julio – 2010.



4.1.10 CALIDAD DEL PAISAJE VISUAL

4.1.10.1 GENERALIDADES

La evaluación visual del paisaje en el área de estudio, se asocia a las zonas donde se realizarán actividades durante la instalación y operación de los aerogeneradores, así como de la línea de transmisión. Específicamente, esta evaluación se desarrolla en áreas donde el proyecto puede implicar modificaciones significativas al paisaje existente. Para ello se han determinado cuencas visuales que incluyen las áreas donde se desarrollará el proyecto a partir de miradores públicos accesibles, para garantizar la objetividad de la evaluación. Estas cuencas se evalúan desde el punto de vista de su visibilidad, valor escénico (calidad visual) y fragilidad visual ante modificaciones, como las que generará el proyecto. Para ello, se emplean matrices adaptadas de metodologías desarrolladas para tal fin y que son ampliamente utilizadas a nivel internacional.

El área de estudio se ubica en el desierto costero, al sur del departamento de Ica sobre; planicies, colinas bajas ligera a fuertemente inclinadas y piedemontes, presentando un paisaje netamente costero. Hacia el Norte y Sur del área de estudio, la vegetación (lomas, gramadal y tillandsial) es dispersa y en algunas zonas es escasa o nula.

La actuación humana se manifiesta al noreste y al sureste del área de estudio, donde las playas cercanas al área de estudio son aprovechadas por la extracción de algas marinas, pesca artesanal y veraneantes.

4.1.10.2 CUENCAS VISUALES DE PAISAJE

4.1.10.2.1 Criterios para la determinación de las cuencas visuales

Para el análisis del paisaje visual se han determinado dos cuencas visuales, cuya ubicación como puntos de observación obedece a los siguientes criterios:

- **Principales vías de acceso:** una vía principal (Carretera Interoceánica) uno de sus tramos, intercepta la Carretera Panamericana Sur hasta llegar a Marcona, cruza el área de estudio al noreste, por donde pasará la línea de transmisión; esta vía tiene de baja a mediana frecuencia de tránsito público, siendo sus principales observadores los trabajadores de Shougang Hierro Perú y familiares. La otra vía es un camino afirmado, que va de suroeste a sureste de Marcona a Lomas – Caravelí; esta vía tiene baja frecuencia de tránsito público, acentuándose más en los meses de verano.
- **Potencial de observación desde los principales núcleos de población:** los grupos de habitantes más próximos al proyecto son los habitantes de Marcona; la mayor parte lo conforman los trabajadores de Shougang Hierro Perú y la otra parte son los pescadores artesanales, esta última actividad existe antes que la minería.
- Lugares desde donde se podrían observar los principales impactos paisajísticos ocasionados por el proyecto.

Teniendo en cuenta estos criterios, se definieron dos cuencas visuales representativas para el proyecto; una situada en la vía asphaltada al noreste del área de estudio (línea de transmisión), la segunda en la vía afirmada al sur del área de estudio (emplazamiento de aerogeneradores). Las mismas que están representadas en el Mapa de cuencas visuales (Mapa 4.1-9).

4.1.10.2.2 Análisis y evaluación de las cuencas visuales

Las cuencas visuales se han analizado y evaluado en función de como el observador percibe los componentes biofísicos (relieve, suelos y roca, vegetación, clima) y arquitectónicos (forma, color, textura, ejes de línea), antes de ejecutarse las actividades del proyecto. A continuación se describe cada una de las cuencas.

- **Cuenca visual CV-1**

El punto de observación de la cuenca visual se sitúa en la Carretera Interoceánica (Panamericana Sur - Marcona), aproximadamente a 740 msnm, sitio donde la visualización de la línea de transmisión es factible, por su extensión (longitud). La cuenca visual se caracteriza por ser aparentemente panorámica; esto se atribuye directamente a la forma del relieve: planicie ondulada plana a ligeramente inclinada.

Esta cuenca se caracteriza por ser de forma regular, relativamente panorámica y de tamaño extenso, debido a la forma del relieve. Resalta el factor topográfico, que define la compacidad de la cuenca, es decir, determina las zonas visibles. Es así, que en esta cuenca no se obtuvo mayor cantidad de zonas ocultas (compacidad positiva), lo que genera un dominio del paisaje sobre el observador.

La diversidad de vistas del observador es buena, tenemos hacia el este y oeste una visibilidad panorámica o abierta ya que no hay elementos que limiten la visibilidad, el observador puede apreciar el paisaje en los primeros y segundos planos¹, es decir parte de las planicies ligeramente inclinadas. Hacia esta dirección se podrá visualizar la futura línea de transmisión.

En los Cuadro 4.1.10-1 y 4.1.10-2, se presenta las principales características de los componentes del paisaje correspondiente a esta cuenca visual.

Foto 1 Cuenca visual CV-1



Vista tomada de Norte a Sur. Nótese que la forma plana a ligeramente inclinada del relieve permite vistas panorámicas. La visibilidad es limitada principalmente en las primeras horas del día, el cielo es celeste - opaco, característico de esta zona de la costa; la geomorfología permite apreciar con nitidez paisajes alejados. Aquí se puede apreciar en un plano lejano, es perceptible, el lugar donde se construirá la línea de transmisión.

Cuadro 4.1.10-1 Componentes biofísicos del paisaje de la cuenca visual (CV-1)

Componentes	Características principales
Relieve	Relieve plano ha ligeramente inclinado, que favorece la visibilidad.
Suelo y roca	El suelo y afloramientos coluvio-aluviales, son de color gris plomo, sin diversidad cromática en los primeros planos y regular en los segundos.
Agua	No se observan cuerpos de agua.
Vegetación	Es escasa o nula depende de las garuas estacionales.
Fauna	La fauna, es muy escasa o nula, difícilmente visible.
Clima	El clima es cálido templado, donde el aire transparente incide en la visibilidad aumentándola considerablemente. mejorando la visibilidad hacia los planos lejanos, salvo en los días muy nublados y de niebla, días que totalizan el 40% al año,
Actuación antrópica	La actuación humana no es visible y se evidencia desde la constitución de la carretera donde se sitúa un punto de observación.

Cuadro 4.1.10-2 Componentes arquitectónicos del paisaje de la cuenca visual (CV-1)

Componentes	Características principales
Forma	Percepción tridimensional del terreno, con escenarios de formaciones litológicas de poca variedad.
Escala - Espacio	Se percibe el espacio panorámico a cortas distancias; pero a distancias largas esta percepción aumenta, como vistas desde la carretera (interoceánica) y cumbres de los cerros
Ejes - Línea	Destacan los ejes verticales. Los horizontales, sólo pueden ser percibidos si el observador se encuentra medianamente alejado.
Textura	La textura de formas se compone de elementos complejos, pero en cierto modo repetitivo, de tal manera que predominan pocos tipos texturales.
Color	Los colores dominantes en la escena, en orden son el color del suelo; gris claro el cual hace contraste en las partes bajas y gris oscuro en las laderas de colinas bajas.
Fondo escénico	El fondo escénico está dominado por el relieve y el suelo.

Del análisis y evaluación de los componentes biofísicos y arquitectónicos del paisaje, se concluye que no es relevante la visibilidad de la futura línea de transmisión.

- **Cuenca visual CV-2**

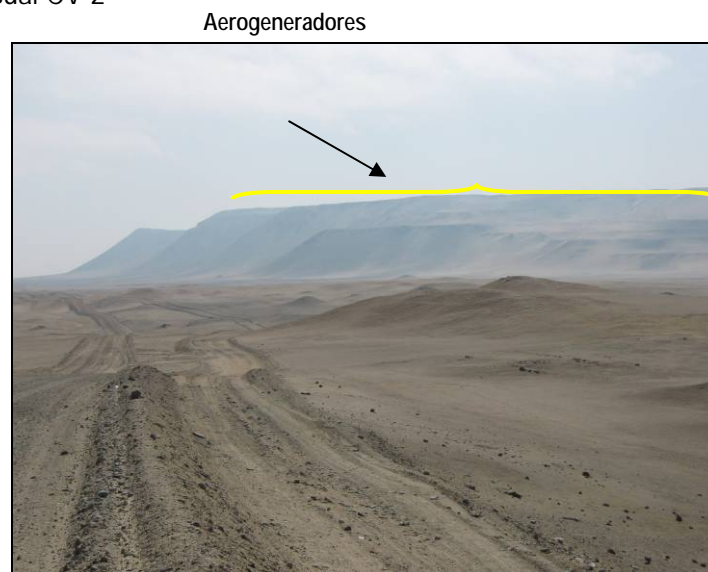
El punto de observación de la cuenca visual se sitúa en la vía afirmada (Marcona - Lomas). Desde este punto, la visualización alcanzará la instalación y operación de los aerogeneradores. La cuenca visual es irregular, limitada en su extensión por la presencia de laderas empinadas del Cerro Tres

Hermanas, donde dominan los primeros y segundos planos, presenta zonas de menor incidencia visual.

A pesar de las características descritas de la cuenca visual, el paisaje donde operaran los aerogeneradores, sí es visible por contar con una vía que atraviesa el área de estudio; pero su visibilidad solamente se da en estas inmediaciones, ya que por el factor relieve no lo hace apreciable desde sitios más alejados.

En los Cuadros 4.1.10-3 y 4.1.10-4, se presenta las principales características de los componentes del paisaje correspondiente a esta cuenca visual.

Foto 2 Cuenca visual CV-2



Vista en dirección NE. Al fondo se aprecia laderas empinadas del cerro Tres Hermanas, donde operaran los aerogeneradores (16 en total distribuidos estratégicamente). La visibilidad es limitada principalmente en las primeras horas del día, el cielo es celeste - opaco, característico de esta zona de la costa; el relieve permite apreciar con nitidez paisajes alejados. Aquí se puede apreciar en un plano lejano, es perceptible.

Cuadro 4.1.10-3 Componentes biofísicos del paisaje de la cuenca visual (CV-2)

Componentes	Características principales
Relieve	Predominan las planicies planas a casi inclinadas y las laderas de colinas bajas empinadas, que limitan la visibilidad.
Suelo y roca	El suelo es de color gris, sin diversidad cromática. Se percibe afloramientos rocosos en los segundos planos.
Agua	Los afloramientos naturales de agua no existen.
Vegetación	En el paisaje analizado no se presenta formaciones vegetales.
Fauna	La fauna, no es visible.
Clima	El clima es cálido templado, donde el aire es transparente a medio día, ya que en las primeras horas del día la visibilidad se dificulta. mejorando la visibilidad hacia los planos lejanos, salvo en los días muy nublados y de niebla, días que totalizan de 30% al año,
Actuación antrópica	La actuación humana no es visible y se evidencia desde la constitución de la carretera donde se sitúa un punto de observación.

Cuadro 4.1.10-4 Componentes arquitectónicos del paisaje de la cuenca visual (CV-2)

Componentes	Características principales
Forma	Percepción bidimensional del terreno, con escenarios homogéneos.
escala - espacio	Buena percepción del espacio panorámico, a cortas y largas distancias.
Línea	Destacan los ejes horizontales.
Color	Los colores dominantes en la escena son el gris (roca), existe poca variedad de colores.
fondo escénico	El fondo escénico está dominado por el relieve.

Del análisis y evaluación de los componentes biofísicos y arquitectónicos del paisaje, se concluye que es sensiblemente relevante la visibilidad de los aerogeneradores.

4.1.10.3 VALORACIÓN ESCÉNICA (CALIDAD VISUAL)

Para el análisis de la calidad visual del paisaje se utilizó el método indirecto de Bureau of Land Management (BLM, 1980), utilizada para las evaluaciones de calidad visual paisajística en los Estados Unidos. Donde se evalúa independiente los principales componentes biofísicos y arquitectónicos del paisaje y las cualidades intrínsecas del espacio visual, estableciendo tres niveles de calidad visual intrínseca, para ello se han empleado los valores del Cuadro 4.1.10-5 y las ponderaciones o valorización para ambas cuencas visuales se muestran en el Cuadro 4.1.10-6.

Niveles de calidad visual intrínseca:

- ALTA CALIDAD VISUAL: áreas con rasgos singulares y sobresalientes (puntaje del 19 al 33).
- MEDIA CALIDAD VISUAL: áreas cuyos rasgos poseen variedad en la forma, color, pero que resultan comunes en la región estudiada y no son excepcionales (puntaje del 12 al 18).
- BAJA CALIDAD VISUAL: áreas con muy poca variedad de elementos, en la forma, color, línea (puntaje del 0 al 11).

Cuadro 4.1.10-5 Escala de valores

Peso	Descripción
0	sin importancia
1	muy poco importante
2	poco importante
3	de cierta importancia
4	importante
5	muy importante

Cuadro 4.1.10-6 Ponderaciones para cada cuenca visual.

Elementos	Puntuación	
	CV-1	CV-2
Relieve	1	2
Suelo y roca	1	1
Agua	0	0
Vegetación	1	2
Fauna	1	2
Clima	1	2
Fondo escénico	2	3
Rareza	2	3
Actuación humana	2	3
Total	11	18

El cuadro 4.1.10-6, muestra los resultados de la valorización realizada para cada cuenca visual, el análisis e interpretación es la siguiente:

- **Cuenca visual CV-1**

De acuerdo a la evaluación y valoración del paisaje de la cuenca visual 1, se tiene que el nivel de calidad visual es BAJA, por su escasa incidencia humana; se encuentra restringido solo al tránsito del personal que labora en Shougang Hierro Perú y de sus familiares que viven en Marcona, la construcción de la línea de transmisión y el punto de observación se encuentran en la misma altitud.

- **Cuenca visual CV-2**

La Cuenca Visual 2 el nivel de la calidad visual es MEDIA, por las actividades humanas que se desarrollan (pesca artesanal, explotación de algas marinas y de esparcimiento), al sur del área de estudio, la ubicación de los 16 aerogeneradores es a 300 msnm sobre la planicie del Cerro Tres Hermanas y el punto de observación se localiza a 40 msnm sobre una terraza marina plana a ligeramente inclinada, lo cual hace que sean visibles.

4.1.10.4 FRAGILIDAD VISUAL

La fragilidad o capacidad de absorción del paisaje para ambas cuencas visuales (CV-1 y CV-2), se evaluaron utilizando la metodología de Yeomans (1986). En esta se asigna puntajes a un conjunto de factores del paisaje considerados determinantes de estas propiedades. El resultado obtenido se compara finalmente con una escala de referencia. El Cuadro 4.1.10-7 presenta los factores considerados, las condiciones en que se presentan y los puntajes asignados a cada condición. El Cuadro 4.1.10-8 muestra la escala de referencia.

El Cuadro 4.1.10-9 se presenta los resultados de la metodología empleada, en los paisajes del área de estudio.

Cuadro 4.1.10-7 Resultados de la fragilidad visual del paisaje.

Factor	Condiciones	Puntajes		Cuencas Visuales	
		Nominal	Numérico	CV-1	CV-2
Pendiente (P)	Inclinado (pendiente >55%)	Bajo	1		
	Inclinación suave (25-55% pendiente)	Moderado	2		2
	Poco inclinado (0-25% de pendiente)	Alto	3	3	
Estabilidad del suelo y erosionabilidad (E)	Restricción alta derivada de riesgos alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial	Bajo	1	1	
	Restricción moderada debido a ciertos riesgos de erosión e inestabilidad y regeneración potencial	Moderado	2		2
	Poca restricción por riesgos bajos de erosión y inestabilidad y buena regeneración potencial	Alto	3		
Potencial estético (R)	Potencial bajo	Bajo	1	1	
	Potencial moderado	Moderado	2		
	Potencial alto	Alto	3		3
Diversidad de vegetación (D)	Eriales, prados y matorrales	Bajo	1	1	
	Coníferas, repoblaciones.	Moderado	2		2
	Diversificada (mezcla de claros y bosques)	Alto	3		
Actuación humana (C)	Fuerte presencia antrópica	Alto	3		
	Presencia moderada	Moderado	2		2
	Casi imperceptible	Bajo	1	1	
Contrastes de color (V)	Elementos de bajo contraste	Bajo	1	1	
	Contraste visual moderado	Moderado	2		2
	Contraste visual alto	Alto	3		

Cuadro 4.1.10-8 Escala de referencia para la estimación del CAV

Escala		
BAJO = < 15	MODERADO = 15-30	ALTO = >30

Estimación del CAV para el paisaje asociado al Proyecto:

$$CAV = P \times (E + R + D + C + V)$$

Donde:

- P = pendiente
- E = erosionabilidad
- R = potencial
- D = diversidad de la vegetación
- C = contraste de color
- V = actuación humana

Cuadro 4.1.10-9 Estimación de la CAV para los paisajes asociados al Proyecto:

CUENCAS VISUALES	
CAV-1 = $3 \times (1 + 1 + 1 + 1 + 1)$	CAV-2 = $2 \times (2 + 3 + 2 + 2 + 2)$
CAV-1 = 15	CAV-2 = 22

De acuerdo a los resultados de la matriz, los paisajes se califican con fragilidad BAJA y MEDIA, es decir su capacidad de absorción visual ante las modificaciones antrópicas.

Dadas las condiciones del relieve, la escasa variedad de vegetación y el clima, los paisajes presentan susceptibilidad ante modificaciones determinadas. En cuanto a fragilidad los paisajes en el área de estudio son ligeramente a moderadamente susceptible a modificaciones, pudiendo estas afectar su calidad visual, como construcciones nuevas; sin embargo, la línea de transmisión y los aerogeneradores se desarrollarán en áreas sin mayor contraste escénico.

La línea de transmisión y los aerogeneradores, se situará en áreas donde es casi imperceptible debido a la interferencia visual que genera el relieve y el clima, ambas cuencas tienen tránsito vehicular tanto público como por trabajadores de la minera.

