

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Sección - Jaén

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA FORESTAL**



**“DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS
DE LA FORESTACION DE PUERTO PUNTA LOBITOS
HUARMEY - ANCASH”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER EN CIENCIAS FORESTALES

DANIEL PEREZ DIAZ

Jaén, Marzo del 2014

JAÉN - PERÚ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
SECCIÓN JAÉN



"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962
Bolívar N° 1342 – Plaza de Armas – Telfs. 431907 - 431080
JAÉN – PERÚ

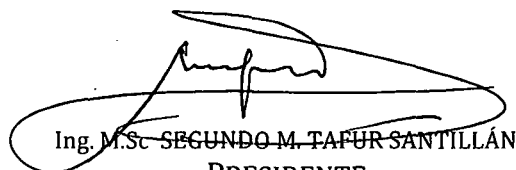
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS


En la ciudad de Jaén, a los veinte días del mes de Marzo del año dos mil catorce, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 165-2012-FCAF-UNC, de fecha 16 de Octubre de 2012, con el objeto de evaluar la sustentación del **trabajo de Tesis: "Determinación de los Requerimientos Hídricos de la Forestación de Puerto Punta Lobitos Huarmey - Ancash"**, del Bachiller en Ciencias Forestales **don DANIEL PÉREZ DÍAZ**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **once horas y ocho minutos**, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición del trabajo, se procedió a la formulación de las preguntas correspondientes y a la deliberación del Jurado. Acto seguido, el Presidente del Jurado anuncio la **APROBACIÓN por UNANIMIDAD** con el calificativo de **dieciséis (16)**. Por lo tanto el graduando queda expedito para que inicie los trámites para que se le expida el **Título Profesional de Ingeniero Forestal** correspondiente.


A las trece horas y quince minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 20 de Marzo de 2014


Ing. M.Sc. SEGUNDO M. TAFUR SANTILLÁN
PRESIDENTE


Ing. M.Sc. SEGUNDO P. VACA MARQUINA
SECRETARIO


Blga. M.C. MARCELA N. ARTEAGA CUBA
VOCAL


Ing. SIGILBERTO PASTOR ORDINOLA
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por iluminar mi camino y darme sabiduría.

A mi querida hija Luciana Xiomara Pérez Roncal por ser gran parte de mi inspiración y bendición.

A mis queridos padres Secundino Pérez y Maximila Díaz, a mis hermanos (a), a mi esposa, a mis sobrinos (as) por haberme permitido el acceso a la educación y su constante apoyo y aliento durante mi formación profesional, que sin cuyo apoyo y paciencia no hubiera sido posible la realización de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Dejo expresado mi agradecimiento sincero

A las Instituciones: Compañía Minera Antamina y CICA Ingenieros Consultores Perú SAC, por haberme acogido y darme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación.

A los ingenieros: Alejandro De Picker y Esteban Peña (CICA Ingenieros), por haberme encaminado siempre por las metas y objetivos firmemente.

A los Ingenieros: Sigilberto Pastor Ordinola, Segundo Vaca Marquina, Segundo Tafur Santillán y Marcela Arteaga Cuba (UNC – SJ) por su gran ayuda, asesoramiento y revisión en este trabajo de tesis.

INDICE

RESUMEN	Pág.
ABSTRACT	
I. INTRODUCCIÓN	
II. PROBLEMA DE INVESTIGACION	18
2.1 Planteamiento del problema	18
2.2 Formulación del problema	18
2.3 Justificación de la investigación	18
2.4 Delimitación de la investigación	19
III. REVISION DE LITERATURA O MARCO TEORICO	19
3.1 Balance hídrico de las cuencas del río tumbes y zarumilla (antecedentes de balance hídrico en Perú)	19
3.2 Evapotranspiración Potencial (ET_0) de las localidades de Huaraz, Recuay, Aija y Caraz – Ancash	20
3.3 Agua	21
3.4 Forestación de Puerto Punta Lobitos (PPL)	21
3.5 Demanda hídrica de la forestación	25
3.6 Oferta hídrica para la forestación	25
3.7 Balance Hídrico	26
3.8 Evapotranspiración (ET)	26
3.8.1. Evaporación	27
3.8.2. Transpiración	27

3.9	Factores o Variables que Afectan la Evapotranspiración	29
IV.	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	29
V.	OBJETIVOS	29
VI.	DISEÑO DE CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS	30
VII.	MÉTODOLOGIA Y MATERIALES	30
7.1	Ubicación del trabajo de investigación	30
7.2	Materiales	31
7.2.1	Material Biológico	31
7.2.2	Infraestructura	31
7.2.3	Insumos	31
7.2.4	Materiales	31
7.2.5	Materiales de escritorio	32
7.2.6	Equipos y Herramientas	32
7.3	Tipo de investigación	32
7.4	Metodología utilizada	33
7.4.1	Evapotranspiración Potencial (ET_0)	33
7.4.2	Coeficiente de Bandeja (K_p)	35
7.4.3	Evapotranspiración de Cultivo (ET_c)	38
7.4.4	Coeficiente de Cultivo (K_c)	38
	a) Factores que Afectan el Coeficiente del Cultivo (K_c)	40
	b) Coeficiente Único del Cultivo (K_c)	41

c) Coeficiente Dual del Cultivo ($K_{cb} + K_e$)	42
7.4.5 Porcentaje de Cobertura (%cob)	44
7.4.6 Demanda Hídrica Neta (DHN)	45
7.4.7 Requerimientos de lixiviación (RL)	47
7.4.8 Tasa de Riego	48
<u>Percolación Profunda</u>	49
<u>Tasa de Riego Neta</u>	50
7.4.9 Demandas Hídricas Brutas	51
7.4.10 Oferta de Agua de Riego	52
7.4.11 Balance Entre la Oferta y Demanda de Riego	54
7.4.12 Análisis de Suelos	55
a) Estándares utilizados para los parámetros de pH, CE y MO	57
b) Nivel de Salinidad (Conductividad Eléctrica)	57
c) Materia Orgánica (MO)	58
d) Disponibilidad de Elementos Nutritivos	58
e) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	60
7.4.13 Análisis Foliar	61
a) Estándares Nutricionales	62
VIII. RESULTADOS Y DISCUSION	63
8.1 Evaporación de bandeja, Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración de cultivo.	63
8.2 Oferta de agua de riego	66
8.3 Demanda de agua de riego	69

8.4	Balance Hídrico de la Forestación de PPL.	71
8.5	Volúmenes de riego teóricos para la forestación.	79
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
9.1	Conclusiones	83
9.2	Recomendaciones	84
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
XI.	ANEXOS	88

INDICE DE CUADROS

- Cuadro N° 01: Especies seleccionadas para el establecimiento de la forestación de Puerto Punta Lobitos.
- Cuadro N° 02: Sectores de Riego Zona A, Forestación Punta Lobitos
- Cuadro N° 03: Sectores de Riego Zona B, Forestación Punta Lobitos
- Cuadro N° 04: Resumen Total Sectores de Riego, Forestación Punta Lobitos
- Cuadro N° 05: Valores Mensuales de Evaporación de Bandeja (E_v), Coeficiente K_p y Evapotranspiración Potencial (E_T).
- Cuadro N° 06: Criterios generales de selección para los procedimientos del coeficiente único del cultivo y coeficiente dual del cultivo
- Cuadro N° 07: Evapotranspiración de Cultivo (E_{Tc}).
- Cuadro N° 08: Demanda Hídrica Neta de la Forestación de Punta Lobitos, (m³/ha)
- Cuadro N° 09: Conductividad Eléctrica (CE) y Requerimientos de Lixiviación Estimados (RL), (m³/ha).
- Cuadro N° 10: Tasa de Riego, Percolación Profunda (PP), (m³/ha).
- Cuadro N° 11: Tasas de Riego Neta de la Forestación de Punta Lobitos, (m³/ha)
- Cuadro N° 12: Resumen de Demanda Hídrica Bruta de Agua de Riego, (m³ y l/s).
- Cuadro N° 13: Tiempos de Riego Aplicados a la Forestación de PPL, (min).
- Cuadro N° 14: Volumen de Agua Aplicado a la Forestación de Punta Lobitos, (m³ y l/s)
- Cuadro N° 15: Ubicación de los Puntos de Muestreo de Suelo

- Cuadro N° 16: Categorías de Suelos de Acuerdo al pH
- Cuadro N° 17: Categorías de Suelos de Acuerdo al Nivel de Salinidad (CE)
- Cuadro N° 18: Categorías de Suelos de Acuerdo al Nivel de Materia Orgánica (MO).
- Cuadro N° 19: Niveles de Referencia para los Nutrientes en el Suelo
- Cuadro N° 20: Niveles de Referencia para los Micronutrientes en el Suelo
- Cuadro N° 21: Categorías de CIC en Suelos
- Cuadro N° 22: Estándares de Contenidos de Elementos Minerales en Plantas
- Cuadro N° 23: Evaporación de bandeja, Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración de cultivo expresada en (mm/mes) de la Forestación de Punta Lobitos.
- Cuadro N° 24: Evapotranspiración Potencial de las localidades de Huaraz, Recuay, Aija y Caraz - Ancash.
- Cuadro N° 25: Resumen de la oferta de agua expresada en (m³).
- Cuadro N° 26: Resumen de la oferta de agua expresada en (l/s).
- Cuadro N° 27: Resumen de la demanda de agua expresada en (m³).
- Cuadro N° 28: Resumen de la demanda de agua expresada en (l/s).
- Cuadro N° 29: Balance Global Forestación Punta Lobitos.
- Cuadro N° 30: Resumen del balance de agua expresada en (m³) de la Forestación de Punta Lobitos.
- Cuadro N° 31: Resumen del balance de agua expresada en (l/s) de la Forestación de Punta Lobitos.
- Cuadro N° 32: Resumen del balance de agua expresado en (%) de la Forestación de Punta Lobitos.

- Cuadro N° 33: Resumen Acumulado Global del Balance Hídrico de la Forestación de Punta Lobitos: Oferta, Demanda y Déficit/ Exceso.
- Cuadro N° 34: Balance Hídrico en m³ cuenca del río Tumbes y cuenca del río Zarumilla.
- Cuadro N° 35: Volúmenes promedios de riego teóricos por mes por sector para la zona A.
- Cuadro N° 36: Volúmenes promedios de riego teóricos por mes por sector para la zona B.
- Cuadro N° 37: Volúmenes promedios de riego teóricos por día por sector para la zona A.
- Cuadro N° 38: Volúmenes promedios de riego teóricos por día por sector para la zona B.

INDICE DE GRAFICOS

- Grafico N° 1: Representación gráfica de la Evb y ETo.
- Grafico N° 2: Comparación entre la Oferta y la Demanda, para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.
- Grafico N° 3: Representación gráfica de la Evaporación de bandeja, Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración de cultivo.
- Grafico N° 4: Representación gráfica del Balance Hídrico de la forestación expresado en m³.
- Grafico N° 5: Representación gráfica del Balance Hídrico de la forestación expresado en l/s.
- Grafico N° 6: Representación grafica del Balance Hídrico comparando la oferta, demanda y balance, periodo Enero 2011 a marzo 2012 en m3.
- Grafico N° 7: Representación grafica del Balance Hídrico de la cuencas del río Tumbes y Zarumilla.

INDICE DE FIGURAS

- Figura N° 1: Representación esquemática de una estoma.
- Figura N° 2: Representación esquemática y características del evaporímetro de Bandeja Clase A.
- Figura N° 3: El efecto de la evaporación sobre el coeficiente de cultivo K_c .

ANEXOS

- Anexo N° 01: Plano de la forestación de Puerto Punta Lobitos.
- Anexo N° 02: Volúmenes de riego teóricos basados en las demandas calculadas.
- Anexo N° 03: Volúmenes de agua enviados a la forestación, periodo Enero 2011 hacia marzo 2012
- Anexo N° 04: Resultados del análisis de suelos y análisis foliar forestación de PPL (Año 2003 y año 2008)
- Anexo N° 05: Presupuesto y financiamiento de la tesis.
- Anexo fotográfico.

GLOSARIO DE TERMINOS PRINCIPALES

1. **CMA** : Compañía Minera Antamina
2. **PPL** : Puerto Punta Lobitos
3. **CICA** : Compañía de Ingenieros Consultores Asociados
4. **ET₀** : Evapotranspiración Potencial (mm/día)
5. **E_{vb}** : Evaporación de Bandeja (mm/día)
6. **ET_c** : Evapotranspiración de Cultivo (mm/mes)
7. **BW_n** : Clima seco desértico con una gran frecuencia de número de días nublados al año
8. **K_p** : Coeficiente de Bandeja
9. **K_c** : Coeficiente de Cultivo ó Coeficiente Único del Cultivo
10. **%Cob** : Porcentaje de Cobertura Vegetal
11. **K_{cb} + K_e** : Coeficiente Dual del Cultivo
12. **K_{cb}** : Coeficiente basal del cultivo
13. **K_e** : Coeficiente de evaporación del agua del suelo
14. **DHN** : Demanda hídrica neta (m³/ ha)
15. **P_{ef}** : Precipitación efectiva (mm)
16. **RL** : Requerimientos de Lixiviación
17. **R_{ETC}** : Requerimientos de evapotranspiración de cultivo (m³/ ha/ mes)
18. **CE_{ar}** : Conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m) = (ml/l)
19. **C** : Aportes por capilaridad (m³/ ha/ mes)
20. **CE_c** : Conductividad eléctrica del agua capilar (dS/m) = (ml/l)
21. **CE_{ext}** : Conductividad eléctrica del extracto tolerable por los cultivos (dS/m) = (ml/l)
22. **TR** : Tasa de riego (m³/ha/mes)
23. **Ef. Riego**: Eficiencia de aplicación del riego (tanto por uno)
24. **FL** : Fracción o requerimiento de lixiviación (m³/ha)
25. **PP** : Percolación profunda (m³/ha)
26. **DHB** : Demanda Hídrica Bruta (m³)
27. **TRN** : Tasa de Riego Neta (m³).
28. **Vol** : Volumen en m³
29. **Q** : Caudal en m³/min

- 30. **FC** : Relación entre el volumen de agua teórico calculado y el volumen de agua enviado por Antamina a la Forestación menos/más el Volumen Almacenado en la poza 1.
- 31. **L/s** : Litros por Segundo
- 32. **CE** : Conductividad Eléctrica (dS/m) ó (mmhos/cm)
- 33. **MO** : Materia Orgánica (%)
- 34. **P** : Fósforo
- 35. **K** : Potasio
- 36. **pH** : Potencial de Hidrógeno
- 37. **ppm** : Partes por Millón
- 38. **meq / 100 g**: Miliequivalentes por 100 gramos
- 39. **CIC** : capacidad de Intercambio Catiónico
- 40. **I** : Especie de Origen Introducida
- 41. **N** : Especie de Origen Nativa
- 42. **UNALM** : Universidad Nacional Agraria la Molina

RESUMEN

Compañía Minera Antamina cuando inició sus operaciones en Puerto Punta Lobitos estableció una plantación forestal en junio del 2001 para poder reutilizar el agua debidamente tratada, la que es producto del proceso de transporte y filtrado de mineral y así resolver el problema práctico de la disposición final del agua que utiliza en su sistema. En la actualidad para mantener en buen estado de crecimiento la plantación forestal de PPL en Huarmey se necesita determinar los requerimientos hídricos oferta y demanda, el cual se realizó a través del método de balance hídrico, método que permitió estimar la cantidad de agua disponible y/o deficitaria en el sistema de la forestación; para esto se realizó el estudio de requerimientos hídricos durante un periodo de 15 meses comprendidos entre enero 2011 y marzo del 2012. Esta metodología se basó en la capacidad de la plantación como sistema para disipar el agua a la atmósfera a través de los procesos de evapotranspiración y su capacidad de retener agua como una exigencia de la estructura de la plantación y todos sus componentes; cuyos resultados son: en la **zona A** presenta un Balance Hídrico global negativo (déficit acumulado de **1,716 m³**), así mismo en la **zona B** también se registra un Balance Hídrico global negativo (déficit de **150,521 m³**), con un déficit **total** de **152,237 m³**; que corresponden a los registros del periodo evaluado en los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre del 2011 y en los meses de enero febrero y marzo del 2012. Estos nuevos conocimientos son un aporte a la comprensión del comportamiento de estos sistemas artificiales cuando se toman en cuenta en los planes de irrigación para ser incorporados a la agricultura, así mismo tienen una contribución ambiental en la reutilización del agua industrial y en la descontaminación atmosférica, así como también mejorando el paisaje del lugar.

Términos clave: Forestación, requerimientos hídricos, balance hídrico, evapotranspiración potencial, evapotranspiración de cultivo, coeficiente de cultivo, etc.

ABSTRACT

Antamina Mining Company when it began its operations in Puerto Punta Lobitos established a plantation forest in June 2001 in order to properly treated reuse water, which is the product of the filtering process and ore transport and solve the practical problem of disposal of water used in your system. Currently to maintain good growth forest planting in Huarmey PPL needed determine water requirements supply and demand, which was performed by the method of water balance method to estimate the amount of water available and / or deficit in the forestry system, for which it was deemed advisable to conduct the study of water requirements for a period of 15 months between January 2011 and March 2012. This methodology is based on the ability of planting as to dissipate the water system to the atmosphere through evapotranspiration processes and their ability to retain water as requiring planting structure and its components, the results are following: in zone A has a negative global water Balan (accumulated deficit of 1,716 m³), also in Zone B also recorded overall negative water balance (deficit of 150.521 m³), with a total deficit of 152.237 m³, which correspond to the records of the period evaluated in the months of January, February, March, November and December 2011 and in the months of February and March 2012. This new knowledge is a contribution to the understanding of the behavior of these artificial systems when taking into account irrigation schemes to be incorporated into agriculture, also have an environmental contribution to the reuse of industrial water and air decontamination, as well as improving the landscape.

Key terms: Afforestation, water requirements, water balance, potential evapotranspiration, crop evapotranspiration, crop coefficient, etc.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Forestación de Puerto Punta Lobitos de propiedad de Compañía Minera Antamina (CMA), que actualmente cuenta con un total de 157.96 hectáreas, cuyos objetivos fundamentales son: Aprovechar el agua efluente del proceso de transporte y filtrado de mineral y Disipar el agua efluente del proceso de transporte y filtrado de mineral, de manera segura, efectiva, generando un impacto ambiental positivo y con el más alto beneficio social posible.

El alcance de la investigación es estimar el grado de relación o comportamiento entre la variable dependiente (forestación) y la variable independiente (agua de riego); para conocer la relación entre las 2 variables, se tiene que estimar los requerimientos hídricos (oferta y demanda) de la plantación forestal cuya correlación puede ser positiva o negativa, de tal manera que permita mantener en un buen estado de crecimiento la forestación de PPL; este método se conoce como **Balance Hídrico**.

En Perú no existe información sobre estudios de balance hídrico, por ello solamente tomamos como antecedentes el estudio de balance hídrico de las cuencas del río tumbes y río zarumilla (departamento de Tumbes) que más o menos se asemejan a las características climáticas de Huarney. Así mismo tomamos como antecedentes los datos de evapotranspiración potencial de las localidades de Huaraz, Recuay, Aija y Caraz para compararlo con los datos de la forestación de PPL.

El propósito de la empresa CICA Ingenieros Consultores Perú SAC (empresa a cargo del mantenimiento y cuidado de la plantación forestal de PPL) es mantener en buen estado de crecimiento la plantación, reutilizando el agua del proceso de transporte y filtrado de mineral. Por otro lado el propósito de la realización de la presente investigación es determinar la demanda y la oferta de agua que necesita la plantación forestal, de tal manera que en el futuro se puedan utilizar de manera práctica y consecuente para mantener la plantación forestal en un buen estado de crecimiento y así cumplir con los objetivos por los cuales se estableció.

II. PROBLEMA DE INVESTIGACION

2.1 Planteamiento del problema

Compañía Minera Antamina estableció una plantación forestal para poder reutilizar el agua debidamente tratada para este uso, que es producto del proceso de transporte y filtrado de mineral y así resolver el problema práctico de la disposición final del agua de Puerto Punta Lobitos, derivando dichas aguas a una plantación forestal, donde se requiere estimar los requerimientos hídricos (oferta y demanda) de agua, para lo cual se utilizó el método de Balance Hídrico.

2.2 Formulación del problema

Para la determinación de los requerimientos hídricos de la plantación forestal se planteó la siguiente interrogante ¿Cuál es la demanda y la oferta de agua necesaria para determinar el déficit o superávit de agua para mantener en buen estado de crecimiento la plantación forestal de Puerto Punta Lobitos?

2.3 Justificación de la investigación

Por razones técnicas y ambientales Compañía Minera Antamina S.A. (CMA) optó por la alternativa de construir un mineroducto de 302 km de longitud para el transporte de mineral de Cobre y Zinc en suspensión acuosa desde la Mina (Distrito de San Marcos – Ancash) hacia Puerto Punta Lobitos (Huarmey – Ancash), dando así origen las aguas clase III por el tratamiento técnicamente asumido y que cumplen con los más altos estándares a nivel internacional, para ser utilizado en el riego de una plantación forestal y frutal; esta propuesta se basa en la capacidad de las plantas para disipar agua a la atmósfera a través del proceso de transpiración y su capacidad de almacenar agua en su estructura, donde el 98% de su peso es agua, esta agua es reemplazada continuamente y es evaporada como parte de sus procesos fisiológicos y que debe cumplir con estos requerimientos hídricos que la plantación necesita para crecer y desarrollar y cumplir con los fines y objetivos para lo que fue establecida.

2.4 Delimitación de la investigación

El periodo de investigación para el establecimiento de los requerimientos hídricos de la forestación de PPL está comprendido entre los meses de Enero 2011 hacia Marzo del año 2012.

III. REVISION DE LITERATURA O MARCO TEORICO

(Antecedentes de balance hídrico en Perú)

3.1 Balance hídrico de las cuencas del río tumbes y zarumilla

Estudios de balances hídricos en Perú todavía no se han realizado a gran escala, a pesar de ser una metodología de gran utilidad en muchos campos de la investigación. Por ejemplo el conocimiento del déficit de humedad es primordial para comprender la factibilidad de irrigación, ya que provee información sobre el volumen total de agua necesaria en cualquier época del año y entrega un valor importante sobre la sequedad. La información sobre los excedentes de agua y la cantidad por la cual la precipitación excede las necesidades de humedad cuando el suelo está en su capacidad de campo, es fundamental en todo estudio hidrológico, lo cual nos conllevaría a una adecuada planificación y gestión de los recursos hídricos.

La cuenca del río tumbes cuenta con un total de 18,934 Has, con alturas que van desde 0 msnm hasta los 885 msnm en el valle destacan los cultivos de plátano y arroz y en menor escala maíz amarillo duro, mango, soya y frejol. El clima en la cuenca peruana del río Tumbes, varía desde el clima desértico en la zona costera al semiárido de las zonas montañosas en la parte fronteriza.

La cuenca del río zarumilla cuenta con un total de 7,312 Has, con alturas que van desde los 0 msnm desde el océano Pacífico hasta los 850 msnm, en el valle los principales cultivos son plátano y arroz y en menor escala se cultiva maíz amarillo duro, limón, soya y fréjol. El clima en la cuenca peruana del río Zarumilla, varía desde el clima desértico en la zona costera al semiárido de las zonas montañosas en la parte

fronteriza. Cabe comentar que el clima y la altitud son muy parecidos a las condiciones climáticas de la provincia de Huarney en Ancash, por ello los resultados del balance hídrico de las cuencas del río tumbes y zarumilla contrastaremos con los resultados del balance hídrico de la forestación de PPL en Huarney.

Los datos del régimen hidrológico y meteorológico para el cálculo del estudio de balance hídrico de las cuencas del río tumbes y río zarumilla fueron comprendidos entre el periodo de 1969 hasta 1999 que abarca un periodo de 31 años. (Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos año 2000).

3.2 Evapotranspiración Potencial (ET_0) de las localidades de Huaraz, Recuay, Aija y Caraz – Ancash, para ser comparados con la Evapotranspiración Potencial de la Forestación de PPL - Huarney.

Con la finalidad de tener una base de comparación sobre los datos de evapotranspiración potencial de la forestación de PPL, tomamos como antecedentes, los datos de Evapotranspiración potencial determinados a través del método de Penman, del Estudio de las Condiciones Agroclimáticas del Departamento de Ancash, realizado en las localidades de Huaraz, Recuay, Aija y Caraz, realizado por el Ing. Meteorólogo Jerónimo García Villanueva del departamento de Física y Meteorología de la UNALM en el año 1,988.

Los datos de Evapotranspiración Potencial de la Forestación de PPL de la Provincia de Huarney en Ancash son determinados a través del método del Evaporímetro de Bandeja Clase A.

Cabe aclarar que coincidentemente estas localidades están ubicadas en el mismo departamento y nos permite tener una idea clara sobre los valores de Evapotranspiración potencial, tanto en la costa como es el caso de Huarney así como en las localidades de la sierra como es el caso de Huaraz y Caraz y de las localidades intermedias entre la sierra y la costa como es el caso de Recuay y Aija.

3.3 Agua

El agua es “un recurso natural, escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de las actividades económicas, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos” (Leonardo, Da Vinci S. XV). En el universo la podemos encontrar en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso y se distribuye entre cuatro reservas que constituyen la HIDROSFERA: océanos, aguas continentales, agua atmosférica y agua biológica, sin embargo el agua no permanece inmóvil en estas reservas, sino que se produce un flujo de agua de una a otra debido exclusivamente a la ENERGIA SOLAR (Martínez y Navarro, 1995).

3.4 Forestación de Puerto Punta Lobitos (PPL)

La forestación de PPL se estableció a partir del mes de junio del 2001, cuyos objetivos fundamentales son: Aprovechar el agua efluente del proceso de transporte y filtrado de mineral y Disipar el agua efluente del proceso de transporte y filtrado de mineral, de manera segura, efectiva, generando un impacto ambiental positivo y con el más alto beneficio social posible.

El tipo de plantación que mejor se ajustó a las condiciones climáticas de la zona fue una plantación de árboles de porte mediano, de rápido crecimiento y de abundante follaje perenne. Una plantación arbórea puede llegar a tener tanta superficie foliar como una pradera o una cubierta de arbustos bajos, pero tiene la ventaja de ser más fácil de establecer; genera ecosistema; tiende a controlar y mejorar el sitio; se transforma en hábitat de fauna; provee recursos múltiples de aprovechamiento potencial (forraje, leña, miel, paisajísticos y ecoturísticos) y generalmente es más resistente a condiciones ambientales extremas.

El establecimiento de dicha plantación se realizó de acuerdo a los estudios preliminares de (suelos, agua, geología, geofísicos, topografía

e hidrología) realizado en los estudios de línea base del proyecto, inicialmente la forestación estuvo compuesta por el 44% de especies nativas (huarango, ponciano real, molle costeño, y 56% de especies exóticas (eucaliptos, acacias, casuarina, cipreses, etc.) tal como se aprecia en el **cuadro N° 01**, la selección de especies se realizó de acuerdo a la disponibilidad de las mismas (semilla botánica y semilla vegetativa) preferentemente existentes en la zona así como proveedores locales serios, las especies tenían que ser efectivas consumidoras de agua, perennes, de rápido crecimiento, rusticidad (resistencia a estrés ambientales, plagas y enfermedades, condiciones de clima local, baja fertilidad del suelo, viento, salinidad, rocío marino y anegamiento).

La forestación de PPL actualmente cuenta con un área total de 157,96 has, distribuidas en 2 zonas A y B, las cuales están distribuidas en sectores, la zona A tiene 12 sectores los cuales hacen un total de 62,11 has y la zona B tiene 17 sectores y hacen un total de 95,85 has, tal como se puede apreciar en el **Anexo N° 01 Plano de la forestación de PPL**, regado con un sistema de riego tecnificado a través de microaspersión con emisores de riego de 47 l/h, distribuidos a una distancia de 3m x 6m, el diámetro de mojamiento alcanza un radio de 3.25 m, el que se logra con un tamaño de gota pequeña que baja la eficiencia del riego la que se ve influenciada por el incremento de evaporación, temperatura y viento. El detalle por sector de riego, superficie, número de microaspersores y caudal aplicado según diseño, se presentan en los **cuadros N° 02, 03 y 04**. (CICA Ingenieros, Enero 2000).

Cuadro N° 01: Especies seleccionadas para el establecimiento de la forestación de Puerto Punta Lobitos

ESPECIES		PROPORCION (%)	ORIGEN (1)	PRESENCIA EN PTO HUARMEY	DESCRIPCION
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO				
Eucalipto	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	10	I	SI	Arbol de rápido crecimiento, rústico, costero, fácil de propagar, tolera la sal
Eucalipto	<i>Eucalyptus botryoides</i>	10	I	NO	Arbol de rápido crecimiento, rústico, alto consumo de agua, fácil de propagar
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>	10	I	NO	Arbol de muy rápido crecimiento, grande, rústico, fácil de propagar, buena área foliar
Acacia, aroma	<i>Acacia saligna y longuifolia</i>	20	I	SI	Arbol rápido, rústico, costero, fácil de propagar, tolerante a la salinidad
Huarango	<i>Acacia macracantha</i>	5	N	SI	Arbol copa amplia, rústico, tolerante a ambientes costeros y salinos
Ciruelo	<i>Spondias mombin</i>	0,2	N	SI	Pequeño árbol frondoso, aparentemente rústico, fácil de propagar
Pakay	<i>Inga feulli</i>	0,2	N	SI	Arbol grande, corriente en Pto. Huarney, ornamental, fruto comestible
Ponciano real	<i>Delonix regia</i>	5	I	SI	Arbol Ornamental de rápido crecimiento, flores rojas, caducifolio
Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	0,2	N	SI	Arbol muy rústico es resistente a sequía y salinidad, fácil de propagar
Molle costeño	<i>Schinus terebenthifolius</i>	1	N	SI	Arbol pequeño, ornamental, rústico, resistente a climas costeros y salinidad
Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	10	I	SI	Arbol grande, costero, rústico, resistente a la salinidad y al viento (usada como cortina cortaviento)
Tamarindo	<i>Tamarix gallica</i>	10	I	NO	Arbusto grande y frondoso, costero, resistente al viento y a la salinidad
Sapindus	<i>Sapindus saponaria</i>	0,2	N	NO	Planta escasa en Huarney, rústico se adapta a climas costeros
Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>	1	N	NO	Arbol pequeño, rústico, ornamental, apícola, resistente a la salinidad
Sapote	<i>Capparis angulata</i>	0,2	N	NO	Arbusto rastroso, adaptado a suelos pobres, vientos, dunas y rocío de mar
Ciprés macrocarpa	<i>Cupressus macrocarpa</i>	10	I	NO	Arbol conífero grande, rústico resistente al viento y al ambiente costero
Mioporo	<i>Myoporum laetum</i>	5	I	NO	Pequeño árbol frondoso, muy adaptado a ambientes costeros (viento, sal)
Leucaena, yarabisco	<i>Leucaena leucocephala</i>	1	I	SI	Arbol de muy rápido crecimiento, similar a una acacia, caducifolio, apícola
Laurel de flor	<i>Nerium oleander</i>	1	I	SI	Planta ornamental con flores destacadas, rústica, resistente a la salinidad
PORCENTAJE TOTAL		100			

(1) I = introducida N= nativa de Perú

Cuadro N° 02: Sectores de Riego Zona A, Forestación Punta Lobitos

SECTOR		Superficie (ha)	N° Emisores	Caudal m ³ /min
ZONA A	1A	1.88	1.042	0.82
	2A	3.50	1.944	1.52
	3A	6.78	3.766	2.95
	4A	6.52	3.622	2.84
	5A	6.20	3.444	2.70
	6A	6.00	3.333	2.61
	7A	6.25	3.472	2.72
	8A	6.03	3.350	2.62
	9A	5.65	3.139	2.46
	10A	4.65	2.583	2.02
	11A	4.59	2.550	2.00
	12A	4.06	2.255	1.77
TOTAL zona A		62.11	34.499	27.02

Cuadro N° 03: Sectores de Riego Zona B, Forestación Punta Lobitos

SECTOR		Superficie (ha)	N° Emisores	Caudal m ³ /min
ZONA B	1 B	6.76	3.757	2.94
	2 B	5.17	2.869	2.25
	3 B	5.99	3.325	2.60
	4 B	4.76	2.641	2.07
	5 B	5.35	2.970	2.33
	6 B	5.57	3.092	2.42
	7 B	5.58	3.099	2.43
	8 B	5.04	2.801	2.19
	9 B	5.38	2.987	2.34
	10 B	5.65	3.140	2.46
	11 B	5.81	3.229	2.53
	12 B	6.35	3.527	2.76
	13 B	5.42	3.009	2.36
	14 B	6.17	3.427	2.68
	15 B	5.35	2.974	2.33
	16 B	5.19	2.885	2.26
	17 B	6.31	3.507	2.75
TOTAL zona B		95.85	53.242	41.71

Cuadro N° 04: Resumen Total Sectores de Riego, Forestación Punta Lobitos

Zona	Superficie (ha)	N° Emisores	Caudal m³/min
A	62.11	34.499	27.02
B	95.85	53.242	41.71
Total	157.96	87.741	68.73

3.5 Demanda hídrica de la forestación

La demanda de agua de la forestación corresponde a la cantidad de agua que necesita la forestación y la capacidad de la misma para evapotranspirar el agua, la cual depende de las características del cultivo, de la edad del cultivo, del estado fitosanitario de las plantas, de las prácticas de cultivo, su estado de desarrollo, del medio donde se produce y de las condiciones atmosféricas de la zona. (CICA Ingenieros, Enero 2000).

3.6 Oferta hídrica para la forestación

La oferta de agua de la forestación es la cantidad de agua que se produce, producto del transporte y filtrado de mineral, las que reciben un tratamiento para cumplir con los más altos estándares a nivel internacional determinados inicialmente en los laboratorios de Lakefield Research en Ontario, Canadá y los estipulados por la legislación peruana (según el Estudio de Impacto Ambiental Addendum N° III, anexo N° II, Título 5.3.4 Impactos en el tratamiento del agua en PPL) y las normas de la legislación Chilena para el caso del los concentrados de cobre. (CICA Ingenieros, Enero 2000).

Cabe comentar que en invierno la forestación necesita menos cantidad de agua que en verano, por lo tanto el exceso de agua que no es aprovechado en invierno es almacenado en Poza 2 para poder utilizarlo en verano que es la época que la forestación necesita más agua.

3.7 Balance Hídrico

El balance hídrico representa la suma de entradas y salidas de agua desde la zona radicular o rizósfera en un periodo determinado, o dicho de otra manera es el cálculo que permite estimar la cantidad de agua disponible y deficitaria en el suelo que nos indicará el déficit o superávit de agua, el balance hídrico de las plantas tiene una relación directa con la transpiración de las mismas y está en función del poder evaporante de la atmósfera (factores hidrometeorológicos), de la disponibilidad de agua en el suelo, de la fertilidad del mismo, de la especie que transpira (de su edad, estado vegetativo y sanitario), de la aireación de las raíces y de la hora del día (CICA Ingenieros, Enero 2000) y (Martínez y Navarro, 1995).

3.8 Evapotranspiración (ET)

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo, por evaporación y otra parte mediante transpiración del cultivo; estos dos procesos ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguirlo entre ellos.

La evapotranspiración se expresa normalmente en milímetros (mm) por unidad de tiempo. Esta unidad expresa la cantidad de agua perdida de una superficie cultivada en unidades de altura de agua. La unidad de tiempo puede ser una hora, un día, 10 días, un mes o incluso un período completo de cultivo o un año. Como una hectárea tiene una superficie de 10,000 m² y 1 milímetro es igual a 0,001 m³, una pérdida de 1 mm de agua corresponde a una pérdida de 10 m³ de agua por hectárea. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

3.8.1. Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

Para cambiar el estado de las moléculas del agua, de líquido a vapor se requiere energía. La radiación solar directa y, en menor grado, la temperatura ambiente del aire, proporcionan esta energía.

A medida que ocurre la evaporación, el aire circundante se satura gradualmente y el proceso se vuelve cada vez más lento hasta detenerse completamente, si el aire mojado circundante no se transfiere a la atmósfera o en otras palabras no se retira del alrededor de la hoja. El reemplazo del aire saturado por un aire más seco depende grandemente de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento son parámetros climatológicos a considerar al evaluar el proceso de la evaporación. Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

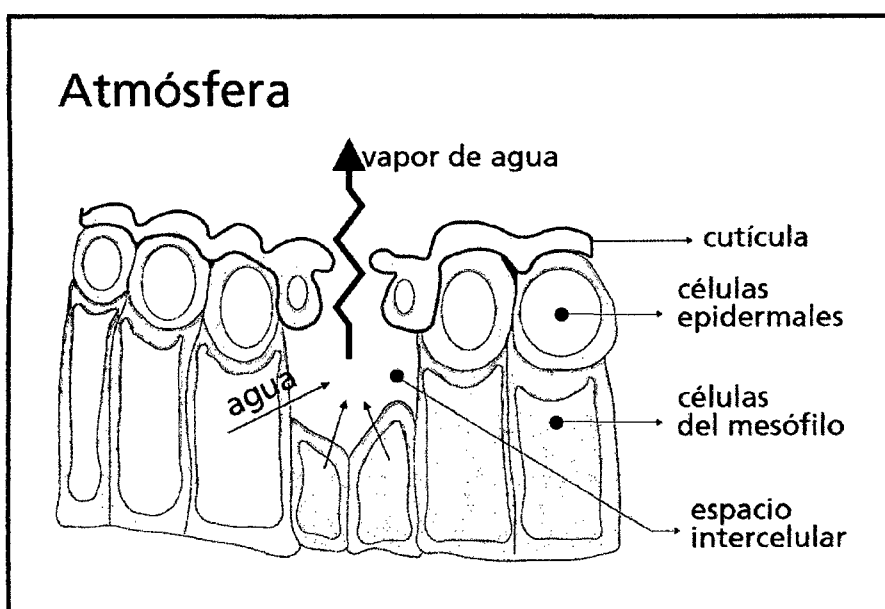
3.8.2. Transpiración

La transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de las estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática (**Figura 1**). Casi toda el agua

absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales.

La transpiración, igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua hacia las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce o características propias del lugar y las prácticas de cultivo. Diversas clases de plantas pueden tener diversas tasas de transpiración. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

FIGURA N° 1: Representación esquemática de una estoma.



Fuente: Manual FAO. Evapotranspiración del cultivo. Riego y Drenaje N° 56, Roma 2006.

3.9 Factores o Variables que Afectan la Evapotranspiración

Entre los factores que afectan la evapotranspiración tenemos los siguientes: **Factores o variables climáticas** que son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento; **Factores o variables del cultivo** que son el tipo de cultivo, la variedad y la etapa de desarrollo, la altura del cultivo, la rugosidad del cultivo, la cobertura del suelo y las características radicales del cultivo y **Factores o variables de manejo y condiciones ambientales** entre los cuales tenemos la salinidad o baja fertilidad del suelo, uso limitado de fertilizantes, presencia de horizontes duros o impenetrables en el suelo, ausencia de control de enfermedades y de parásitos y el mal manejo del suelo. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

IV. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION

Para resolver los requerimientos hídricos de la plantación forestal de Puerto Punta Lobitos, se requiere de una oferta promedio total de agua, mayor de 50 l/s, para cumplir con las demandas de la plantación forestal, en el periodo determinado de enero 2011 hacia marzo del 2012.

V. OBJETIVOS

5.1 General

- Determinar los requerimientos hídricos (oferta y demanda) de la Forestación de Puerto Punta Lobitos, a través del método de Balance Hídrico.

5.2 Específicos

- Determinar la demanda de agua necesaria de la forestación de Puerto Punta Lobitos, utilizando el método de Evapotranspiración Potencial (ET_0), durante el periodo de enero 2011 a marzo del 2012.

- Determinar la oferta de agua de acuerdo al cálculo de las demandas de agua que necesita la forestación, durante el periodo de enero 2011 a marzo del 2012.

VI. DISEÑO DE CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

6.1 Definición operacional de variables

Las variables que intervienen en el presente trabajo de investigación son: Variable dependiente (forestación) y la variable independiente (agua de riego).

6.2 Unidad de análisis, universo y muestra

El tamaño de la muestra corresponde a toda la forestación de PPL, es decir las 157.96 hectáreas, ya que el tiempo de aplicación de agua corresponde a 75 minutos por cada sector de riego.

6.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El registro de toma de datos de caudal de agua producido por Compañía Minera Antamina, caudal de agua aplicado a la forestación, velocidad de viento, temperatura ambiente, evaporación de agua de la bandeja clase A y humedad relativa se realizó diariamente.

6.4 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento de datos se efectuó inmediatamente después de la toma o recolección en campo, evitando desligar el trabajo, para ello se usó el software del programa MS Excel.

VII. MÉTODOLÓGIA Y MATERIALES

7.1 Ubicación del trabajo de investigación

El presente trabajo se desarrolló en la Forestación de Puerto Punta Lobitos, propiedad de COMPANIA MINERA ANTAMINA S.A. ubicado en la provincia de Huarney, departamento de Ancash, a una altitud de 125

msnm, cuyas coordenadas geográficas son: 10°05' de Latitud Sur y los 78°09' de Longitud Oeste.

El área de estudio (Forestación de PPL) de acuerdo a la clasificación de Köeppen corresponde a un Clima seco desértico con una alta frecuencia de días nublados al año (BWn), causadas por el anticiclón del pacífico y las corrientes marinas; el clima se caracteriza por una alta humedad relativa, escasas precipitaciones y régimen térmico homogéneo.

7.2 Materiales

7.2.1 Material Biológico

- ✓ Forestación de Puerto Punta Lobitos

7.2.2 Infraestructura

- ✓ Oficina de CICA Ingenieros Consultores Perú SAC.
- ✓ Caseta filtros principales
- ✓ Casetas de filtros secundarios
- ✓ Casetas meteorológicas
- ✓ Pozas de almacenamiento de agua 1 y 2 y poza de retrolavado
- ✓ Sistema de riego (líneas principales de riego, líneas de distribución, líneas de riego laterales, cámaras de riego de válvulas Bermad y válvulas de aire)

7.2.3 Insumos

- ✓ Agua de riego
- ✓ Energía eléctrica
- ✓ Internet
- ✓ Fertilizantes

7.2.4 Materiales

- ✓ Microaspersores
- ✓ Goteros

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Programas de riego
- ✓ Plano de la forestación de PPL
- ✓ Formatos diversos

7.2.5 Materiales de escritorio

- ✓ Lapicero, lápiz
- ✓ Papel bond

7.2.6 Equipos y Herramientas

- ✓ Evaporímetro de bandeja clase A
- ✓ Equipo de toma de datos meteorológicos en línea
- ✓ Programador de riego
- ✓ GPS 12 XL Garmin
- ✓ Caudalímetro o flojómetro
- ✓ Computadora
- ✓ Cámara digital
- ✓ camioneta
- ✓ EPPs (Equipo de protección personal)
- ✓ Lampa
- ✓ Machete
- ✓ Tijera de podar
- ✓ Wincha
- ✓ CD, etc.

7.3 Tipo de investigación

La investigación o estudio es de tipo correlacional, cuyo propósito fue medir el grado de relación o comportamiento entre la variable dependiente (forestación) y la variable independiente (agua de riego), cuya correlación puede ser positiva o negativa (déficit o exceso) de agua de riego para mantener en un buen estado de crecimiento la plantación forestal de PPL en Huarmey.

7.4 Metodología utilizada

La investigación desarrollada se realizó utilizando el método de Balance Hídrico, método que permite estimar la cantidad de agua disponible y deficitaria en el suelo, es decir la suma de entradas y salidas de agua desde la zona radicular o rizósfera en un periodo determinado, o expresado de otra forma, la relación entre la disponibilidad y la demanda de agua por la plantación forestal, que indica el déficit o superávit de agua.

El procedimiento metodológico asumido para el cálculo del Balance Hídrico de la forestación de PPL, es el siguiente:

7.4.1 Evapotranspiración Potencial (ET_0)

El término evapotranspiración potencial fue propuesto por primera vez en el año 1940 por THORNTON, quien lo define como el agua que retorna a la atmósfera en forma de vapor a partir de un suelo completamente cubierto de vegetación y suponiendo que no existe limitación de humedad en el suelo, es decir en el que exista plena disponibilidad hídrica. (Martínez y Navarro, 1995).

La evapotranspiración potencial es la que corresponde a la pérdida de agua de una superficie cultivada o lugar determinado según su clima, por ello se dice que es la máxima evapotranspiración posible de la vegetación bajo las condiciones existentes del lugar o región, cuando el suelo está abundantemente provisto de agua (colmada su capacidad de campo) y cubierto con una cobertura vegetal completa (Informe final CICA Ingenieros para Antamina, Enero 2000).

Doorenbos y Pruitt (1986), lo definen como aquella que corresponde a la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que cubren completamente el suelo y que está

plenamente abastecida de agua, utilizada únicamente como superficie hipotética o pasto de referencia.

Para la determinación de la ET_0 existen varios métodos, los que varían principalmente en cuanto al número de elementos climáticos necesarios para su determinación.

La ET_0 se puede calcular utilizando datos meteorológicos, como resultado de una consulta de expertos realizada en mayo de 1990, el método de FAO Penman-Monteith ahora se recomienda como el método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración potencial o de referencia. El método FAO Penman-Monteith requiere datos de radiación, temperatura del aire, humedad atmosférica y velocidad del viento. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

En la Forestación de Punta Lobitos se encuentra instalado un **evaporímetro de bandeja clase A**, por lo que éste ha sido el método utilizado para el cálculo de la ET_0 . El método del evaporímetro de bandeja, permite medir los efectos integrados de la radiación, el viento, la temperatura y la humedad del aire, los cuales están en función de la evaporación de una superficie de agua libre.

Con la finalidad de relacionar la evaporación de bandeja con la ET_0 se utiliza un coeficiente **K_p** de bandeja, obtenido empíricamente, pero utilizado ampliamente en muchos países del mundo, el que es corregido de acuerdo a la ubicación de la bandeja y las condiciones climáticas imperantes durante el período que se desea convertir la evaporación a ET_0 .

El cálculo de la evapotranspiración potencial se realiza de acuerdo a la siguiente relación:

$$ET_0 = E_{vb} * K_p$$

Donde,

ET₀ : Evapotranspiración Potencial o de Referencia

E_{vb} : Evaporación de Bandeja

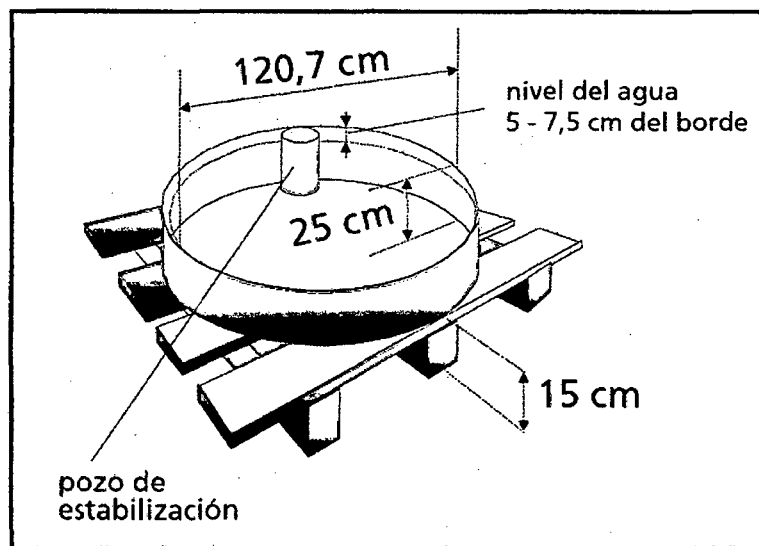
K_p : Coeficiente de Bandeja

7.4.2 Coeficiente de Bandeja (K_p)

Llamado también coeficiente de tanque o coeficiente de reducción, el coeficiente de bandeja proporciona un índice del efecto integrado de la radiación, la temperatura del aire, la humedad del aire y del viento, en la evapotranspiración, muchas veces lo que se hace es medir la tasa de evaporación a partir de una bandeja de evaporación. El coeficiente de bandeja es el número por el que es necesario multiplicar la tasa de evaporación medida en la bandeja para obtener la correspondiente tasa real en una superficie extensa sometida a las mismas condiciones atmosféricas; este coeficiente debe ser menor que 1 ya que las bandejas clase A, ofrecen las tasas máximas de evaporación. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

En la forestación de PPL se encuentra instalado un evaporímetro de bandeja clase A (**Figura 2**), la cual se encuentra instalado sobre el piso, donde el coeficiente de reducción a utilizar es **0.7**, debido a que la bandeja clase A está sobre la superficie del suelo. (Martínez y Navarro, 1995).

Figura N° 2: Representación esquemática y características del evaporímetro de Bandeja Clase A.



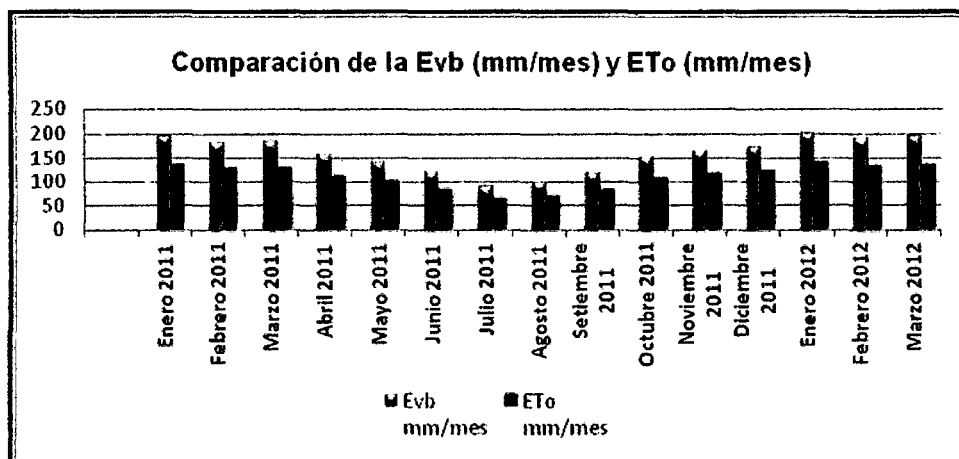
Fuente: Manual FAO. Evapotranspiración del cultivo. Riego y Drenaje N° 56, Roma 2006.

En el **Cuadro N° 05** se presenta los valores mensuales de la Evaporación de Bandeja (E_{vb}), Coeficiente K_p de Bandeja y la Evapotranspiración Potencial o de Referencia (E_{To}), en el **Grafico 1** se presenta la comparación entre la E_{vb} y E_{To} para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 05: Valores Mensuales de Evaporación de Bandeja (Evb), Coeficiente Kp y Evapotranspiración Potencial (ETo), durante el periodo enero 2011 hasta marzo 2012

Mes	Evb mm/mes	Kp	ETo mm/mes	ETo mm/día
Enero	193.47	0.7	135.43	4.37
Febrero	181.16	0.7	126.82	4.53
Marzo	182.33	0.7	127.62	4.12
Abril	158.65	0.7	111.20	3.71
Mayo	141.60	0.7	99.13	3.20
Junio	119.83	0.7	83.86	2.80
Julio	91.81	0.7	64.26	2.07
Agosto	99.16	0.7	69.45	2.24
Septiembre	119.59	0.7	83.73	2.79
Octubre	152.67	0.7	106.87	3.45
Noviembre	164.82	0.7	115.36	3.85
Diciembre	171.38	0.7	119.97	3.87
Enero	198.90	0.7	139.25	4.49
Febrero	188.19	0.7	131.75	4.54
Marzo	193.56	0.7	135.49	4.37
Promedio	157.14	-	110.01	3.62

Grafico N° 1: Representación gráfica de la Evb y ETo.



7.4.3 Evapotranspiración de Cultivo (ETc)

La evapotranspiración de cultivo se define como la tasa de pérdida de agua debida a la transpiración de la vegetación, más la evaporación del suelo y de la superficie húmeda de la vegetación (CICA Ingenieros, Enero 2000). La ETc corresponde a “la evapotranspiración de un cultivo sano que crece en un campo extenso, en condiciones óptimas de suelo, incluida la fertilidad y con agua suficiente, el que llega al potencial de plena producción”. La evapotranspiración de los cultivos refleja la demanda bruta de agua y tiene un componente climático y otro fisiológico (Doorenbos y Pruitt, 1986).

La ETc se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

El cálculo de la ETc se presenta en la siguiente relación

$$ETc = ET_0 * Kc * \% Cob$$

Donde:

ETc : Evapotranspiración del Cultivo

ET₀ : Evapotranspiración de Referencia

Kc : Coeficiente de Cultivo

%Cob: Porcentaje de Cobertura Vegetal

7.4.4 Coeficiente de Cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo **Kc** es un coeficiente que expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del pasto de referencia, es decir es el coeficiente de ajuste que permite calcular la *ETr* a partir de la *ET₀*, este coeficiente representa la evapotranspiración de los cultivos en

condiciones de manejo óptimas, que tienden a rendimientos óptimos y toman en cuenta las características propias de los cultivos y el período fenológico por el que atraviesan (Doorenbos y Pruitt, 1986).

Para efectos de un mejor entendimiento a cerca de los criterios generales del Coeficiente del Cultivo, presento dos alternativas que son: el Coeficiente Único del Cultivo y El Coeficiente Dual del Cultivo y la respectiva explicación y justificación de cada caso, tal como se aprecia en el **Cuadro N° 06**, de ahí el modelo que asimilamos y utilizamos en la Forestación de Puerto Punta Lobitos, de acuerdo a nuestra realidad, objetivos del proyecto de irrigación, sistema de riego que tenemos (automatizado), estudio detallado de balance hídrico e investigación.

Cuadro N° 06: Criterios generales de selección para los procedimientos del coeficiente único del cultivo y coeficiente dual del cultivo

CRITERIOS	Coeficiente Único del Cultivo (K_c)	Coeficiente Dual del Cultivo (K_{cb} + K_e)
Propósito del cálculo	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño y planificación del riego. - Manejo del riego. - Calendarios básicos de riego. - Calendarios de riego en tiempo real para aplicaciones no frecuentes de agua (riego por superficie o gravitacionales, anegamiento y aspersión). 	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación - Calendarios de riego en tiempo real. - calendarios de riego para aplicaciones de agua con alta frecuencia (microaspersión y riego por aspersión automatizado). - Riego suplementario. - Estudios detallados de balance de agua en hidrología y suelos.
Escala Temporal	- Diaria, 10 días, mensual (cálculos y datos)	- Diaria (cálculos y datos)
Método de Cálculo	<ul style="list-style-type: none"> - Gráfico calculadora de bolsillo - Computadora 	- Computadora

Fuente: Manual FAO. Evapotranspiración del cultivo. Riego y Drenaje N° 56, Roma 2006.

a) Factores que Afectan el Coeficiente del Cultivo (K_c)

El coeficiente del cultivo integra los efectos de las características que distinguen a un cultivo típico de campo del pasto de referencia, el cual posee una apariencia uniforme y cubre completamente la superficie del suelo. En consecuencia, distintos cultivos poseerán distintos valores de coeficiente del cultivo. Por otra parte, las características del cultivo que varían durante el crecimiento del mismo, también afectarán al valor del coeficiente K_c . Por último, debido a que la evaporación es un componente de la evapotranspiración del cultivo, los factores que afectan la evaporación en el suelo también afectarán al valor de K_c .

Entre los factores que afectan el coeficiente del cultivo tenemos: **Tipo del cultivo**. Debido a las diferencias en la altura del cultivo, propiedades aerodinámicas, así como características de las estomas y hojas de las plantas. **Clima**. Las variaciones en la velocidad del viento, humedad relativa, temperatura, etc. **Evaporación del suelo**. Las diferencias en la evaporación del suelo y la transpiración del cultivo, que existen entre los cultivos de campo y el cultivo de referencia y **Las Etapas del crecimiento del cultivo**. A medida que el cultivo se desarrolla, tanto el área del suelo cubierta por la vegetación como la altura del cultivo y el área foliar variarán progresivamente. Debido a las diferencias en evapotranspiración que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo, el valor de K_c correspondiente a un cultivo determinado, también variará a lo largo del período de crecimiento del mismo. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

b) Coeficiente Único del Cultivo (K_c)

En el enfoque del coeficiente único del cultivo, los efectos de la transpiración del cultivo y la evaporación del suelo son combinados en un coeficiente K_c único. Este coeficiente integra las diferencias en la evaporación en el suelo y en la tasa de transpiración del cultivo, entre el cultivo y la superficie del pasto de referencia. Como la evaporación en el suelo puede fluctuar diariamente como resultado de la lluvia o el riego, el coeficiente único del cultivo es solamente una expresión de los efectos promedios en el tiempo (múltiples días), de la evapotranspiración del cultivo.

Debido a que el coeficiente único K_c representa un promedio de la evaporación en el suelo y la transpiración, este procedimiento se utiliza para estimar ET_c para períodos de tiempo semanales o mayores, a pesar de que los cálculos puedan realizarse a nivel diario. El coeficiente único K_c promediado en el tiempo se utiliza para estudios a nivel de planificación y para el diseño de sistemas de riego donde sea razonable y pertinente considerar los efectos promedios del humedecimiento del suelo. Este es el caso de los sistemas de riego por superficie y aspersion donde el intervalo entre riegos sucesivos es de varios días, generalmente de diez o más días. Por lo tanto, para un manejo típico del riego, es válido aplicar el procedimiento del coeficiente único, K_c , promediado temporalmente. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

El cálculo del coeficiente único del cultivo estaría dado por la siguiente relación.

$$ET_c = K_c ET_o$$

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$$

$$ET_o$$

Donde:

K_c : Coeficiente de cultivo ó Coeficiente único del cultivo

ET_c: Evapotranspiración de cultivo

ET_o: Evapotranspiración potencial

En el modelo del coeficiente único del cultivo se considera que no existen limitaciones en el desarrollo del cultivo debido a estrés hídrico o salino, densidad del cultivo, plagas y enfermedades, presencia de malezas o baja fertilidad. El valor de ET_c es calculado a través del enfoque del coeficiente del cultivo, donde los efectos de las condiciones del tiempo atmosférico son incorporados en ET_o y las características del cultivo son incorporadas en el coeficiente K_c.

c) **Coeficiente Dual del Cultivo (K_{cb} + K_e)**

De acuerdo al enfoque del coeficiente dual del cultivo, método utilizado en la forestación de PPL, se determinan por separado los efectos de la transpiración del cultivo y de la evaporación en el suelo. Se utilizan dos coeficientes: el coeficiente basal del cultivo (**K_{cb}**) para describir la transpiración de la planta, y el coeficiente de evaporación del agua del suelo (**K_e**) para describir la evaporación que ocurre en la superficie del suelo, tal como se ilustra en la **Figura N° 4** efectos de la evaporación sobre el **K_c**.

El coeficiente basal del cultivo, **K_{cb}**, es definido como el cociente entre **ET_c** y **ET_o** cuando la superficie del suelo se encuentra seca, pero donde el contenido promedio de agua en la zona radicular del suelo es adecuado para mantener totalmente la transpiración de la planta. El **K_{cb}** representa la línea base potencial del valor de **K_c** en ausencia de los efectos adicionales introducidos por el humedecimiento del suelo a través del riego o la precipitación. El coeficiente de evaporación en el suelo, **K_e**, describe el componente de la

evaporación que ocurre en la superficie del suelo. Si el suelo se encuentra húmedo después de una lluvia o riego, el valor de K_e puede ser grande. Sin embargo, en ningún caso, la suma de los coeficientes K_{cb} y K_e no podrá exceder un valor máximo, $K_c \text{ max}$ (el cual oscila entre 1.05 y 1.30, cuando se utiliza la evapotranspiración del pasto de referencia). El valor de K_e se reducirá a medida que se seca la superficie del suelo y será igual a cero cuando no exista agua para la evaporación. La estimación del valor de K_e requiere del cálculo del balance diario del agua en el suelo, para determinar el contenido de humedad remanente en la capa superior del suelo.

El procedimiento del coeficiente dual del cultivo requiere de una mayor cantidad de cálculos numéricos que el procedimiento del coeficiente único, promediado temporalmente, K_c . El procedimiento del coeficiente dual es preferible para los casos de los calendarios de riego en tiempo real, para los cálculos de balance del agua en el suelo, y para los estudios de investigación donde sean importantes tanto los efectos de las variaciones diarias del humedecimiento de la superficie del suelo y su impacto resultante en el valor diario de ET_c , como el patrón de humedecimiento del perfil del suelo y los flujos de percolación profunda. Este será el caso de los riegos de alta frecuencia a través de microaspersión o sistemas de movimiento lateral tales como los pivotes centrales o los sistemas de movimiento lineal. (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

$$K_c = K_{cb} + K_e$$

Donde:

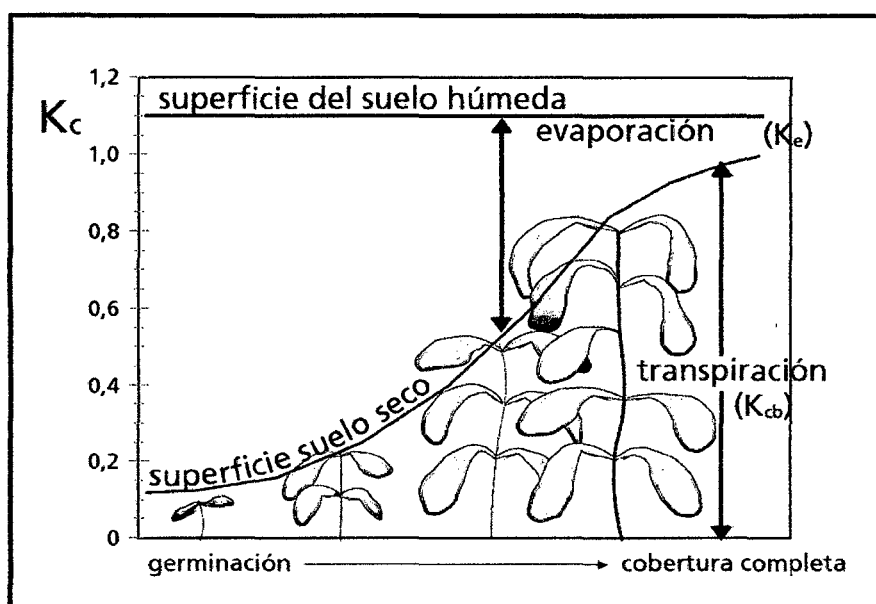
K_c : Coeficiente dual del cultivo

K_{cb} : Coeficiente basal del cultivo

K_e : Coeficiente de la evaporación del agua del suelo

Figura N° 3: El efecto de la evaporación sobre K_c .

La línea horizontal representa el K_c cuando la superficie del suelo está constantemente humedecida. La línea curvada corresponde a valores de K_c cuando la superficie del suelo se conserva seca pero el cultivo recibe la cantidad de agua suficiente para mantener su transpiración al máximo.



Fuente: Manual FAO. Evapotranspiración del cultivo. Riego y Drenaje N° 56, Roma 2006.

7.4.5 Porcentaje de Cobertura (%cob)

El porcentaje de cobertura refleja el consumo de agua de las plantas de acuerdo al ritmo de crecimiento, el cual llega a un máximo en estado adulto (CICA ingenieros, enero 2000).

En el Cuadro N° 07, se presenta los valores mensuales de la ET_o , K_c , $\%Cob$ y finalmente la evapotranspiración de cultivo (ET_c) para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 07: Evapotranspiración de Cultivo (ET_c) y una cobertura del 100%

Mes	ET_o mm	K_c	ET_c mm/mes
Enero	135.43	0.72	97.52
Febrero	126.82	0.72	91.33
Marzo	127.62	0.65	82.91
Abril	111.20	0.60	66.73
Mayo	99.13	0.55	54.51
Junio	83.86	0.50	42.00
Julio	64.26	0.50	32.20
Agosto	69.45	0.50	34.81
Septiembre	83.73	0.55	46.06
Octubre	106.87	0.60	64.13
Noviembre	115.36	0.65	75.02
Diciembre	119.97	0.72	86.39
Enero	139.25	0.72	100.26
Febrero	131.75	0.72	94.86
Marzo	135.49	0.65	88.09
Promedio	110.01	-	70.45

7.4.6 Demanda Hídrica Neta (DHN)

La demanda hídrica neta (**DHN**) de los cultivos se obtiene al descontar a la **ET_c**, el aporte de las precipitaciones, en este caso la precipitación o lluvia efectiva utilizable por parte de las plantas y el aporte por capilaridad, que depende de la profundidad de la napa freática (CICA ingenieros, enero 2000).

$$DHN = 10 \times (ET_c - Pef - Capilaridad) \text{ (m}^3/\text{ha)}$$

Donde:

DHN : Demanda hídrica neta (m³/ ha)

ET_c : Evapotranspiración de cultivo (mm)

Pef : Precipitación efectiva (mm)

Capilaridad: Aportes a la rizósfera por fenómenos capilares (mm) que provienen de la napa freática.

En Puerto Punta Lobitos el nivel freático se encuentra fuera de la rizósfera, por lo cual, los aportes por capilaridad son nulos.

En la estación meteorológica de Antamina no existe pluviómetro, por lo que se desconocen los valores de precipitación ocurridos hasta la fecha. Debido al escaso monto de precipitaciones, de acuerdo a antecedentes expuestos, se ha definido que para el cálculo de la demanda hídrica los aportes por precipitación efectiva son inexistentes.

De esta forma en el **Cuadro N° 08** se presenta la Demanda Hídrica Neta para la forestación de Punta Lobitos, expresada como volumen de agua por unidad de superficie (m³/ha), para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 08: Demanda Hídrica Neta de la Forestación (m³/ha)

Mes	Pef mm/mes	Capilaridad mm/mes	ETc mm/mes	DHN m³/ha/mes
Enero	00.00	00.00	97.52	975.20
Febrero	00.00	00.00	91.33	913.30
Marzo	00.00	00.00	82.91	829.10
Abril	00.00	00.00	66.73	667.30
Mayo	00.00	00.00	54.51	545.10
Junio	00.00	00.00	42.00	420.00
Julio	00.00	00.00	32.20	322.00
Agosto	00.00	00.00	34.81	348.10
Septiembre	00.00	00.00	46.06	460.60
Octubre	00.00	00.00	64.13	641.30
Noviembre	00.00	00.00	75.02	750.20
Diciembre	00.00	00.00	86.39	863.90
Enero	00.00	00.00	100.26	1002.60
Febrero	00.00	00.00	94.86	948.60
Marzo	00.00	00.00	88.09	880.90
Promedio	0.00	0.00	70.45	704.55

7.4.7 Requerimientos de lixiviación (RL)

Los requerimientos de lixiviación (RL) corresponden a la cantidad de agua que debe percolar para desplazar las sales solubles fuera de la rizósfera. Se estima según la siguiente relación:

$$RL = \frac{R_{ETc} \times CE_{ar} + C \times (CE_c - CE_{ext})}{(CE_{ext} + CE_{ar})}$$

Donde:

R_{ETc} : Requerimientos de evapotranspiración de cultivo (m³/ ha/ mes)

CE_{ar} : Conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m) = (ml/l)

C : Aportes por capilaridad (m³/ ha/ mes)

CE_c : Conductividad eléctrica del agua capilar (dS/m) = (ml/l)

CE_{ext} : Conductividad eléctrica del extracto tolerable por los cultivos (dS/m) = (ml/l)

La conductividad eléctrica tolerable (CE_{ext}) por los cultivos se asumió en 8 dS/m. Los valores de conductividad eléctrica del agua de riego (CE_{ar}) utilizados corresponden a los registrados por Antamina, cuyos valores promedio mensual para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012, lo cual se presenta en el **Cuadro N° 09**, así como también los requerimientos de lixiviación estimados para los meses que comprende el periodo señalado. (CICA ingenieros, enero 2000) y (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

Cuadro N° 09: CE y Requerimientos de Lixiviación Estimados (RL)

Mes	CE dS/m	Requerimientos de Lixiviación mm/mes	Requerimientos de Lixiviación m³/ha/mes
Enero	3.85	31.56	315.58
Febrero	3.47	27.32	273.16
Marzo	3.20	23.69	236.86
Abril	3.05	18.42	184.17
Mayo	2.89	14.29	142.86
Junio	3.30	12.28	122.81
Julio	3.37	9.56	95.59
Agosto	3.17	9.81	98.07
Septiembre	3.48	13.95	139.54
Octubre	3.61	19.93	199.32
Noviembre	3.61	23.37	233.67
Diciembre	3.62	26.94	269.41
Enero	3.83	32.39	323.91
Febrero	3.82	30.57	305.70
Marzo	3.89	28.77	287.66
Promedio	3.48	21.52	215.22

7.4.8 Tasa de Riego

La Tasa de Riego corresponde al volumen de agua requerido por unidad de superficie de cultivo (ha) para satisfacer su Demanda Hídrica Neta, dependiendo de la eficiencia de aplicación del riego, según la siguiente relación:

$$TR = \frac{DHN}{Ef. Riego}$$

Donde:

TR : Tasa de riego (m³/ha/mes)

DHN : Demanda Hídrica Neta (m³/ha/mes)

Ef. Riego: Eficiencia de aplicación del riego (tanto por uno)

La eficiencia de riego se entiende como el volumen de agua aplicado a un cultivo, con un determinado sistema de riego, que queda efectivamente retenido en la zona radicular, disponible para las plantas.

En la forestación de Punta Lobitos, el sistema de riego es por microaspersión, asumiendo una **eficiencia de aplicación del 85%** (Allen, Pereira, Raes y Smith, 2006).

Percolación Profunda

Según lo expresado anteriormente, se requiere una demanda neta de riego y una fracción de agua adicional para lixiviación. Si se considera la fracción del agua aplicada por un determinado método de riego que percola, y si esta fracción se compara con la fracción de lixiviación calculada, se puede estimar si se requiere un volumen adicional de agua para cumplir con el concepto de mantener la rizósfera con una salinidad tolerable por los cultivos.

Si la fracción que percola es menor que la fracción de lixiviación calculada, se debe sumar la diferencia a la tasa de riego; si la fracción a percolación es mayor que la fracción de lixiviación calculada, no se requiere aplicar un volumen adicional de agua.

Para la estimación de la fracción del agua de riego que va a percolación profunda en microaspersión (eficiencia de aplicación 85%), se estimó que un 10% del agua aplicada va a percolación profunda, el 5% restante se pierde por deriva y evaporación (Doorenbos y Pruitt, 1986).

Los valores de percolación profunda por unidad de superficie en m^3/ha , se presentan en el **Cuadro N° 10**.

Cuadro N° 10: Tasa de Riego, Percolación Profunda (PP) (m3/ha)

Mes	DHN mm/mes	TR mm/mes	Percolación Profunda mm/mes	Percolación Profunda m ³ /ha/mes	RL - PP m ³ /ha/mes
Enero	97.52	114.73	11.47	114.73	200.85
Febrero	91.33	107.45	10.74	107.45	165.71
Marzo	82.91	97.54	9.75	97.54	139.32
Abril	66.73	78.51	7.85	78.51	105.66
Mayo	54.51	64.13	6.41	64.13	78.73
Junio	42.00	49.41	4.94	49.41	73.39
Julio	32.20	37.88	3.79	37.88	57.70
Agosto	34.81	40.95	4.10	40.95	57.45
Septiembre	46.06	54.19	5.42	54.19	85.35
Octubre	64.13	75.45	7.54	75.45	123.87
Noviembre	75.02	88.26	8.83	88.26	145.42
Diciembre	86.39	101.64	10.16	101.64	167.77
Enero	100.26	117.95	11.80	117.95	205.96
Febrero	94.86	111.60	11.16	111.60	194.10
Marzo	88.09	103.64	10.36	103.64	184.02
Promedio	70.45	82.89	8.29	82.89	132.35

Tasa de Riego Neta

Para el cálculo de la Tasa de Riego Neta se incorpora el concepto de lixiviación de sales, por lo que el valor final se obtiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$TR = \frac{DHN}{Ef. Riego} + (FL - PP), \text{ sólo si } (FL - PP) > 0$$

Donde:

TR : Tasa de riego (m³/ha)

DHN : Demanda Hídrica Neta (m³/ha)

Ef. Riego: Eficiencia de aplicación del riego (tanto por uno)

FL : Fracción o requerimiento de lixiviación (m³/ha)

PP : Percolación profunda (m³/ha)

De esta forma, en el **Cuadro N° 11** se presentan los valores de la Tasa de Riego Neta, calculados para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 11: Tasas de Riego Neta de la Forestación, (m³/ha)

Mes	Tasa de Riego m ³ /ha/mes	RL - PP m ³ /ha/mes	Tasa de Riego Neta m ³ /ha/mes	Caudal Continuo L/s/ha/mes
Enero	1147.29	200.85	1348.14	15.60
Febrero	1074.47	165.71	1240.18	14.35
Marzo	975.41	139.32	1114.73	12.90
Abril	785.06	105.66	890.72	10.31
Mayo	641.29	78.73	720.03	8.33
Junio	494.12	73.39	567.51	6.57
Julio	378.82	57.70	436.53	5.05
Agosto	409.53	57.45	466.98	5.40
Septiembre	541.88	85.35	627.24	7.26
Octubre	754.47	123.87	878.34	10.17
Noviembre	882.59	145.42	1028.00	11.90
Diciembre	1016.35	167.77	1184.13	13.71
Enero	1179.53	205.96	1385.48	16.04
Febrero	1116.00	194.10	1310.10	15.16
Marzo	1036.35	184.02	1220.37	14.12
Promedio	828.88	132.35	961.23	-

7.4.9 Demandas Hídricas Brutas

Las demandas hídricas brutas de la forestación corresponden a la cantidad de agua calculada que necesita la forestación, valoradas en volumen (m³), caudal continuo mensual (l/s). (CICA ingenieros, enero 2000).

Las demandas hídricas brutas se obtiene al multiplicar la superficie de la forestación en (Has) por la tasa de riego neta expresada (m³). En el **Anexo N° 02** se presenta los cuadros de los volúmenes de riego teóricos de la forestación de PPL.

$$DHB = \text{Superficie de la forestación (Has)} \times TRN (m^3)$$

Donde:

DHB: Demanda Hídrica Bruta (m³)

Superficie forestación (Has): A = 62.11 y B = 95.85 Has.

TRN: Tasa de Riego Neta (m³).

En el **cuadro N° 12** se presentan las demandas hídricas de la forestación, valoradas en volumen (m³) caudal continuo mensual (l/s), para las Zonas A y B.

Cuadro N° 12: Resumen de Demanda Hídrica Bruta de Agua de Riego para la Forestación, para el periodo enero 2011 a marzo 2012.

Mes	Volumen m3			Caudal continuo L/s		
	Zona A	Zona B	Total	Zona A	Zona B	Total
Enero	83733	129219	212952	31.3	48.2	79.5
Febrero	77028	118871	195899	31.8	49.1	80.9
Marzo	69236	106847	176083	25.8	39.9	65.7
Abril	55323	85376	140698	21.3	32.9	54.2
Mayo	44721	69015	113736	16.7	25.8	42.5
Junio	35248	54396	89644	13.6	21.0	34.6
Julio	27113	41841	68954	10.1	15.6	25.7
Agosto	29004	44760	73764	10.8	16.7	27.5
Septiembre	38958	60121	99079	15.0	23.2	38.2
Octubre	54554	84189	138743	20.4	31.4	51.8
Noviembre	63849	98534	162383	24.6	38.0	62.6
Diciembre	73546	113499	187045	27.5	42.4	69.9
Enero	86052	132798	218850	32.1	49.6	81.7
Febrero	81370	125573	206943	32.5	50.1	82.6
Marzo	75797	116972	192770	28.3	43.7	72.0
Total	895 532	1,382 011	2,277 543	-	-	-

7.4.10 Oferta de Agua de Riego

La oferta de agua de riego para las Zonas A y B, corresponde aproximadamente a la cantidad de agua calculada en las demandas de riego, cabe comentar que desde junio del 2007 los excedentes de la producción de agua, están siendo almacenados en poza N° 2 (esto ocurre en invierno) para ser utilizados en la época de verano, en que las demandas calculadas para la forestación son mayores que la oferta o producción de agua.

De esta forma, en el **Cuadro N° 13** se presentan los tiempos de riego aplicados a la Forestación por Zona. El volumen de agua aplicado queda definido por el caudal de cada sector de riego expuesto en los cuadros 02 y 03 de acuerdo a la superficie (Ha), por la cantidad de microaspersores (47 l/h) instalados en cada sector por los tiempos de riego señalados en el Cuadro N° 13, según la siguiente relación:

$$Vol (m3) = Q (m3/min) * TR (min) * FC$$

Donde:

Vol : Volumen en m3

Q : Caudal en m3/min

TR : Tiempo de Riego en minutos

FC : Relación entre el volumen de agua teórico calculado y el volumen de agua enviado por Antamina a la Forestación menos/más el Volumen Almacenado en la poza 1.

Cuadro N° 13: Tiempos de Riego (min) Aplicados a la Forestación.

Mes	Tiempos de Riego (min)		
	Zona A	Zona B	Total
Enero	42600	47025	89625
Febrero	43725	45825	89550
Marzo	33300	46875	80175
Abril	29925	40050	69975
Mayo	21375	29550	50925
Junio	17475	22650	40125
Julio	18300	21900	40200
Agosto	16200	22050	38250
Septiembre	21525	30375	51900
Octubre	27225	34050	61275
Noviembre	29265	37515	66780
Diciembre	35175	38100	73275
Enero	32925	50625	83550
Febrero	38250	47325	85575
Marzo	39195	50535	89730
Total	446 460	564 450	1,010 910

En el **Cuadro N° 14** presento el riego aplicado por Zona, en volumen de agua y en caudal continuo. En el **Anexo N° 03** se presenta **Los volúmenes de agua aplicados a la forestación**, periodo enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 14: Volumen de Agua Aplicados a la Forestación, (m³ y l/s)

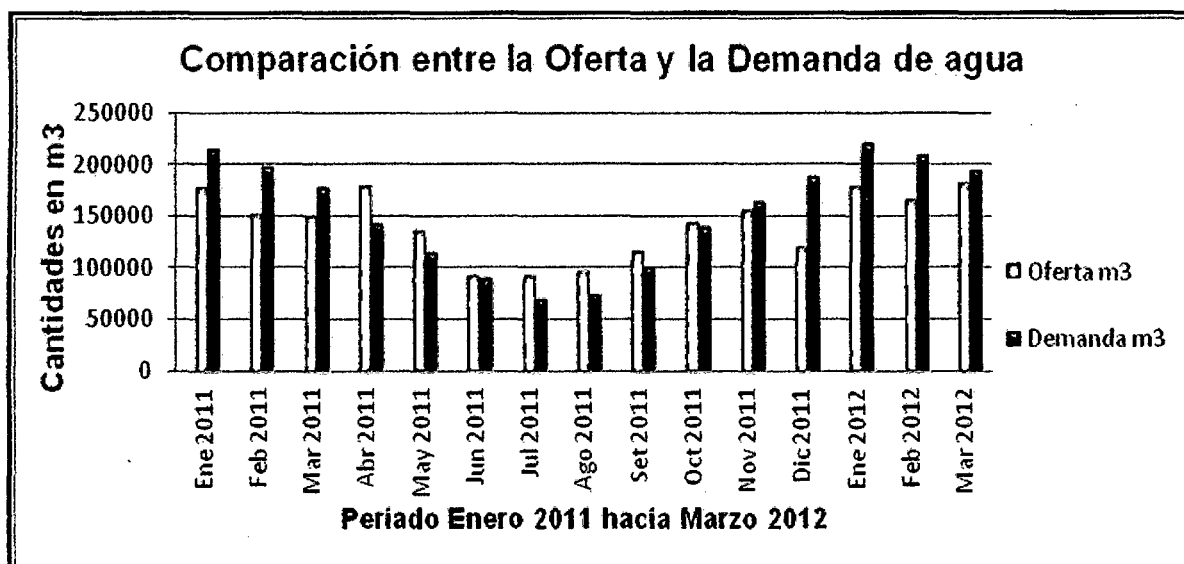
Mes	Volumen m ³			Caudal Continuo (L/s)		
	Zona A	Zona B	Total	Zona A	Zona B	Total
Enero	80469	95826	176295	30.0	35.8	65.8
Febrero	70040	80000	150040	29.0	33.1	62.1
Marzo	58651	89.691	148342	21.9	33.5	55.4
Abril	72378	105167	177545	27.9	40.6	68.5
Mayo	54336	81349	135685	20.3	30.4	50.7
Junio	38446	53750	92196	14.8	20.7	35.5
Julio	40092	52123	92215	15.0	19.5	34.5
Agosto	39331	58081	97412	14.7	21.7	36.4
Septiembre	45663	70033	115696	17.6	27.0	44.6
Octubre	60361	81610	141971	22.5	30.5	53.0
Noviembre	64897	90111	155008	25.0	34.8	59.8
Diciembre	55535	63884	119419	20.7	23.9	44.6
Enero	72306	105063	177369	27.0	39.2	66.2
Febrero	69295	95066	164361	27.7	37.9	65.6
Marzo	72016	109736	181752	26.9	41.0	67.9
Total	893 816	1231 490	2125 306	-	-	-

7.4.11 Balance Entre la Oferta y Demanda de Riego

El método de balance hídrico indica el déficit o exceso de agua producido en este periodo para la Zona A, Zona B y Total Forestación. El cálculo señalado, corresponde a la diferencia entre los volúmenes de agua aplicada y las demandas brutas de agua de riego, los cuales se presentan en los resultados de la presente investigación.

En el **Grafico N° 2** se puede apreciar la comparación entre la oferta y la demanda (m³) para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012, llegando a la conclusión que las ofertas de agua deben ser similares a las demandas de agua para tener un balance hídrico con valores cercanos a cero.

Grafico N° 2: Comparación entre la Oferta y la Demanda para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.



7.4.12 Análisis de suelos

CICA Ingenieros como parte del plan de monitoreo de la forestación de PPL realizó en forma anual el análisis de calidad de suelos, desde el año 2003, hasta el año 2008 cuya metodología es la siguiente:

La ubicación de los puntos representan la mayor parte de los tipos de suelo de la forestación; la muestra de suelo se compone de ocho submuestras ("muestra compuesta"), para ser más representativa de la situación que se desea evaluar y absorber posibles variaciones. Para obtener la submuestra, se confecciona manualmente una casilla de 30 cm de profundidad con una pala cuadrada; se retira la capa superficial de suelo hasta una profundidad 5 cm y luego se saca una lonja de suelo a todo lo largo de la casilla, hasta la profundidad de 30 cm; con esto se espera representar el promedio del espesor de suelo en que se desarrolla la mayor parte de las raíces.

Cuadro N° 15: Ubicación de los puntos de muestreo de suelo

Punto de Muestreo de Suelo	Ubicación
	Sector
1	12-A
2	7-A
3	2-A
4	1B
5	4B
6	15B
7	13B
8	17B

Las submuestras se mezclan homogéneamente hasta conformar la muestra compuesta, de la que se extrae una cantidad de suelo de aproximadamente 5 kg (2 L de volumen) que será almacenada en bolsa plástica, rotulada y mantenida en frío hasta su despacho a laboratorio. El muestreo fue realizado por CICA y los análisis fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Los parámetros contemplados en los análisis de suelo son los siguientes:

- Conductividad eléctrica (CE)
- pH
- Materia orgánica
- Capacidad de intercambio catiónico
- Cationes solubles (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+)
- Cationes de intercambio (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+)
- Aniones solubles (NO_3^- , CO_3^{-2} , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^-)
- NPK total y disponible
- Micronutrientes disponibles (Cu, Mo, Fe, Mn, Zn, B)

a) Estándares utilizados para los parámetros de pH, CE y MO

Los resultados de los análisis de suelos, son comparados con estándares para pH, CE y MO en suelos, según antecedentes del Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Cuadro N° 16: Categorías de Suelos de Acuerdo al pH

Categoría	pH
Fuertemente ácido	< 5,5
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5
Neutro	7,0
Ligeramente alcalino	7,1 – 7,8
Moderadamente alcalino	7,9 – 8,4
Fuertemente alcalino	> 8,5

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

b) Nivel de Salinidad (Conductividad Eléctrica)

El nivel de salinidad del suelo se determina indirectamente por la Conductividad Eléctrica (CE) del extracto de una pasta saturada del suelo en estudio. La salinidad tiene su origen en la alteración de los minerales de la roca madre y en el aporte de aguas cargadas de sales disueltas, de origen natural o antrópico, como el agua de riego.

Cuadro N° 17 Categorías de Suelos de Acuerdo al Nivel de Salinidad (CE)

Categoría	CE (mmhos/cm) o (dS/m)
Muy ligeramente salino	< 2
Ligeramente salino	2 – 4
Moderadamente salino	4 - 8
Fuertemente salino	> 8

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

c) **Materia Orgánica (MO)**

La materia orgánica del suelo está compuesta por restos vegetales parcialmente descompuestos, raíces de plantas, la fauna edáfica, los microorganismos presentes en el suelo y el humus. Dada su naturaleza, se presenta principalmente en la capa superior del suelo.

En el **Cuadro N° 18** se clasifican los suelos en distintos niveles, según el porcentaje de materia orgánica, definido como los gramos de MO por 100 g de suelo seco.

Cuadro N° 18: Categorías de Suelos de Acuerdo al Nivel de Materia Orgánica (MO)

Categoría	MO (%)
Bajo	< 2
Medio	2 – 4
Alto	> 4

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

d) **Disponibilidad de Elementos Nutritivos**

Esta característica, define la utilización del suelo para actividades agrícolas y forestales. Se distingue entre macronutrientes y micronutrientes. Los primeros son requeridos en grandes cantidades por las plantas como por ejemplo Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre mientras que los micronutrientes son requeridos por las plantas en menores cantidades, donde destacan Hierro, Cobre, Molibdeno, Manganeso, Boro, Zinc, entre otros.

La alteración de las cantidades de nutrientes requeridas por las plantas puede producir limitación del crecimiento o toxicidad. Los nutrientes se presentan en el suelo de las siguientes formas:

- ✓ Disueltos en el agua del suelo: directamente utilizables por las plantas.
- ✓ Adsorbidos en la superficie de las partículas coloidales: utilizables después de ser intercambiadas con iones de la solución suelo.
- ✓ Formando parte constituyente del suelo: sólo utilizables tras su liberación por procesos de alteración.

En el **Cuadro N° 19** se presenta una clasificación de los niveles de macronutrientes en el suelo, de acuerdo a valores utilizados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina y por la Escuela de Agronomía de la Universidad de Chile. Por otra parte, en el **Cuadro N° 20** se muestran valores normales de micronutrientes en suelos.

Cuadro N° 19: Niveles de Referencia para los Macronutrientes en el Suelo

Nutriente	Nivel	Unidad	Valor
Fósforo disponible (1)	Bajo	ppm	< 7
	Medio		7 – 14
	Alto		> 14
Potasio disponible (1)	Bajo	ppm	< 100
	Medio		100 – 240
	Alto		> 240
Calcio (2)	Alto	meq / 100 g	> 10
	Medio		5 – 10
	Bajo		2 – 5
	Muy Bajo		< 2
Manganeso (2)	Alto	meq / 100 g	> 3
	Medio		1,3 – 3,0
	Bajo		0,5 – 1,3
	Muy Bajo		< 0,5
Magnesio (2)	Alto	meq / 100 g	> 3
	Medio		1,3 – 3,0
	Bajo		0,5 – 1,3
	Muy Bajo		< 0,5
Potasio (2)	Alto	meq / 100 g	> 0,38
	Medio		0,27 – 0,38
	Bajo		0,13 – 0,26

	Muy Bajo		< 0,13
Sodio (2)	Alto	meq / 100 g	> 1,0
	Medio		0,51 – 1,0
	Bajo		0,2 – 0,5
	Muy Bajo		< 0,2

Fuente: (1) Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

(1) Escuela de Agronomía, Universidad de Chile.

(2) Rodríguez, J. 1993. La fertilización de los cultivos: un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía.

Cuadro N° 20: Niveles de Referencia para los Micronutrientes en el Suelo

Nutriente	Nivel	Unidad	Valor
Boro disponible (1)	Muy Bajo	ppm	< 0,2
	Bajo		0,20 - 0,50
	Medio		0,51 - 1,00
	Alto		> 1,00
Cobre disponible (2)	Bajo	ppm	< 2,0
	Normal		2 – 100
	Medio		30
Hierro disponible (2)	Bajo	ppm	< 2,0
	Limitante		2,0 - 4,5
	Suficiente		> 4,5
Manganeso disponible (1)	Muy Bajo	ppm	< 0,2
	Bajo		0,20 - 0,50
	Medio		0,51 - 1,00
	Alto		> 1,00
Zinc disponible (1)	Muy Bajo	ppm	< 0,25
	Bajo		0,25 - 0,50
	Medio		0,51 - 1,00
	Alto		> 1,00

Fuente: (1) Rodríguez, J. 1993. La fertilización de los cultivos: un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía.

(2) Fertiberia. Los micronutrientes y su utilización en la agricultura

www.fertiberia.com/servicios_on_line/cursos/micronutrientes/indexmicro.html

e) Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La CIC da cuenta de la capacidad del suelo para retener y adsorber cationes, expresándose en meq/100 g de suelo. La capacidad total de cambio del suelo corresponde a la suma de todos los cationes adsorbidos en el complejo de cambio. El complejo adsorbente estará saturado cuando todos los

hidrogeniones (H^+) están reemplazados por cationes básicos de cambio (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , etc.).

Este parámetro depende de la textura y del pH del suelo y por lo tanto, del porcentaje de arcilla y de materia orgánica. Las categorías de CIC en suelos, se presentan en el **Cuadro N° 21**.

Cuadro N° 21: Categorías de CIC en Suelos

Categoría	CIC (meq/100 g)
Muy Baja	< 5
Limitaciones Moderadas	5 – 15
Normales	> 15

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

7.4.13 Análisis foliar

CICA Ingenieros como parte del Plan de Monitoreo de la forestación de PPL, realizó de forma anual desde el año 2003 hasta el año 2008 los muestreos de follaje de tres especies, que serán indicadoras del estado nutricional de la forestación.

Los puntos de muestreo para análisis foliar, se ubicaron en las mismas parcelas donde se realizó los muestreos del análisis de suelos. Las especies elegidas para el análisis foliar son: Algarrobo (*Prosopis pallida*), eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) y acacia (*Acacia saligna*). Se definieron tres puntos de muestreo, uno para cada especie. Los árboles que componen la muestra se dejaron marcados con cinta, con el objeto de monitorear los mismos puntos en cada temporada. Para las muestras a analizar, se colectaron hojas del tercio medio de la ramilla del año, con hojas totalmente extendidas, las ramas seleccionadas se ubicaron en la zona media del árbol. Los árboles seleccionados fueron de características medias dentro de la forestación, diferenciando árboles sintomatológicos de aquellos normales.

a) Estándares nutricionales

Los estándares que se presentan en el **Cuadro N° 24**, corresponden a antecedentes del Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la UNALM. Es probable que los estándares aquí presentados, sean superiores a los requerimientos reales de las especies establecidas en PPL, apareciendo los elementos minerales como deficientes o en su defecto como tóxicos, aun cuando la tolerancia a deficiencias o excesos sea mucho mayor.

Uno de los objetivos perseguidos con estos análisis foliares periódicos es conocer la dinámica de los nutrientes en estas especies, y tratar de construir los estándares nutricionales para la forestación. En el **Anexo N° 04** se presenta el resultado del análisis de suelos y del análisis foliar.

Cuadro N° 22. Estándares de Contenidos de Elementos Minerales en Plantas

Nutriente	Concentración en Hojas Maduras				
	Deficiente	Suficiente			Excesivo o tóxico
Concentración en mg/kg					
B	< 15	20	a	100	> 200
Cu	< 4	5	a	20	> 20
Fe	< 50	50	a	250	NC
Mn	< 20	20	a	500	> 500
Mo	< 0,10	0,5			NC
Zn	< 20	25	a	150	> 400
Concentración en %					
N	< 1,70	2,00	a	3,50	
P	< 0,10	0,15	a	0,30	
K	< 0,75	1,00	a	3,00	
Ca	< 1,10	2,00	a	3,50	
Mg	< 0,25	0,60	a	1,00	
S		0,10	a	0,50	
Cl					> 5.000

Fuente: (1) Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSION

8.1 Evaporación de bandeja, Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración de cultivo.

En el cuadro N° 23 se resumen los promedios de la Evaporación de Bandeja (E_{vb}), Evapotranspiración Potencial (E_{To}) y Evapotranspiración de cultivo (E_{Tc}) en mm/mes.

Cuadro N° 23: Evaporación de bandeja, Evapotranspiración Potencial y Evapotranspiración de cultivo expresada en (mm/mes) de la Forestación. Enero 2011 a marzo 2012.

Mes	E_{vb} mm/mes	E_{To} mm/mes	E_{Tc} mm/mes
Enero	193.47	135.43	97.52
Febrero	181.16	126.82	91.33
Marzo	182.33	127.62	82.91
Abril	158.65	111.20	66.73
Mayo	141.60	99.13	54.51
Junio	119.83	83.86	42.00
Julio	91.81	64.26	32.20
Agosto	99.16	69.45	34.81
Septiembre	119.59	83.73	46.06
Octubre	152.67	106.87	64.13
Noviembre	164.82	115.36	75.02
Diciembre	171.38	119.97	86.39
Enero	198.90	139.25	100.26
Febrero	188.19	131.75	94.86
Marzo	193.56	135.49	88.09
Promedio	157.14	110.01	70.45
Máximo	198.90	139.25	100.26
Mínimo	91.81	64.26	32.20

En el cuadro N° 23 se puede observar que la evaporación de bandeja tiene el valor promedio más alto con **157.14 mm**, la máxima fue de **198.90 mm** (enero 2012) y la mínima fue de **91.81 mm** (julio 2011).

Evapotranspiración de bandeja: Según Allen, Pereira, Raes y Smith, (2006), Martínez y Navarro, (1995), Doorenbos y Pruitt, (1986) indican que la Evaporación de bandeja clase A, especialmente las bandejas que están ubicadas sobre el piso, debido a que son sensibles a la temperatura del aire y a la insolación; nos ofrecen las tasas máximas de evaporación en comparación a la evapotranspiración potencial y evapotranspiración de cultivo, tal como se puede observar en el **Cuadro N° 23**. Por ello es necesario multiplicar el valor de la tasa de evaporación medida en la bandeja por un coeficiente de tanque o de bandeja o coeficiente de reducción que en este caso es 0.7 (que se aplica a bandejas ubicadas sobre el suelo) por la evapotranspiración potencial para obtener la correspondiente tasa real en una superficie extensa sometida a las mismas condiciones atmosféricas. El coeficiente de bandeja nos proporciona un índice del efecto integrado de la radiación, la temperatura del aire, la humedad del aire y del viento.

El promedio de la evapotranspiración potencial es de **110.01 mm**, la máxima es de **139.25 mm** (enero 2012) y la mínima es de **64.26 mm** (julio 2011). El promedio de la evapotranspiración de cultivo que es el valor más bajo con **70.45 mm**, con un valor máximo de **100.26 mm** (enero 2012) y un valor mínimo de **32.20 mm** (julio 2011).

Cuadro N° 24: Evapotranspiración Potencial de las localidades de Huaraz, Recuay, Aija y Caraz - Ancash.

LOCALIDADES	ET _o mm/mes
Huaraz	135.1
Recuay	139.0
Aija	107.0
Caraz	144.8

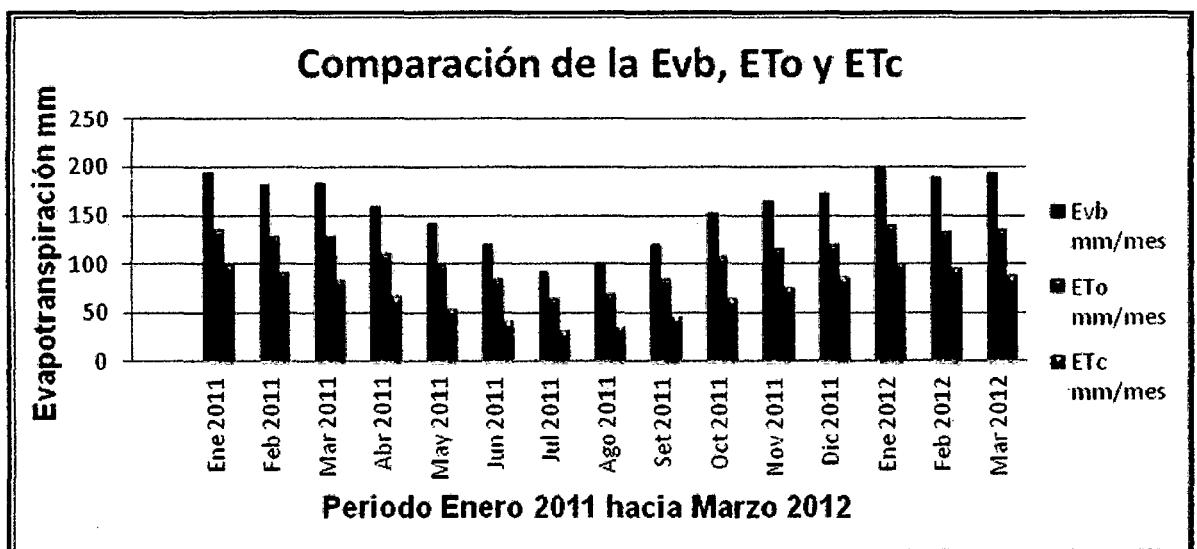
Evapotranspiración potencial: Según García, (1988), se resumen en el **cuadro N° 24** los valores promedio anual de la Evapotranspiración Potencial de las localidades de Huaraz con **135.1 mm** y **Caraz con**

144.8 mm (localidades de la sierra de Ancash) y Aija con **107.0 mm** y Recuay con **139.0 mm** (localidades situadas entre la costa y la sierra del departamento de Ancash). Comparado con la Evapotranspiración Potencial de la forestación de PPL en Huarmey que se registra un valor promedio de **110.01 mm**, indicando que la evapotranspiración potencial de la costa de Ancash en Huarmey tiene un valor menor que la evapotranspiración potencial que la sierra de Ancash.

Evapotranspiración de cultivo: Según Allen, Pereira, Raes y Smith, (2006), Martínez y Navarro, (1995), indican que valores mayores de 50 mm son indicadores, que las condiciones climáticas y fisiológicas donde se desarrolla un determinado cultivo, son adecuadas. Entonces el promedio de la ETc, calculada para el periodo asumido fue de **70.45 mm**, es un indicador que la forestación estaba en buenas condiciones, incluso durante este periodo no se presentaron casos mayores de plagas y enfermedades.

En el **grafico N° 3** se puede apreciar la comparación entre la E_v (mm/mes), la E_T (mm/mes) y la E_{Tc} (mm/mes) para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Grafico N° 3: Representación gráfica de la Evaporación de bandeja, Evapotranspiración Potencial y de cultivo.



8.2 Oferta de agua de riego

En los Cuadros N° 25 y 26 se presenta el resumen de la oferta de agua para la Forestación de Punta Lobitos para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 25: Resumen de la oferta de agua expresada en (m³).

Meses	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	m ³	80469	95826	176295
Febrero	m ³	70040	80000	150040
Marzo	m ³	58651	89691	148342
Abril	m ³	72378	105167	177545
Mayo	m ³	54336	81349	135685
Junio	m ³	38446	53750	92196
Julio	m ³	40092	52123	92215
Agosto	m ³	39331	58081	97412
Septiembre	m ³	45663	70033	115696
Octubre	m ³	60361	81610	141971
Noviembre	m ³	64897	90111	155008
Diciembre	m ³	55535	63884	119419
Enero	m ³	72306	105063	177369
Febrero	m ³	69295	95066	164361
Marzo	m ³	72016	109736	181752
Total		893 816	1231 490	2125 306

Según el cuadro N° 25 se puede observar que la oferta en la zona A alcanzó un total de **893 816 m³**, en la zona B se ofertó un total de **1, 231 490 m³**, haciendo un total de **2125 306 m³** durante el periodo de enero 2011 a marzo del 2012.

Cuadro N° 26: Resumen de la oferta de agua expresada en (L/s).

Oferta	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	L/s	30.0	35.8	65.8
Febrero	L/s	29.0	33.1	62.1
Marzo	L/s	21.9	33.5	55.4
Abril	L/s	27.9	40.6	68.5
Mayo	L/s	20.3	30.4	50.7
Junio	L/s	14.8	20.7	35.5
Julio	L/s	15.0	19.5	34.5
Agosto	L/s	14.7	21.7	36.4
Septiembre	L/s	17.6	27.0	44.6
Octubre	L/s	22.5	30.5	53.0
Noviembre	L/s	25.0	34.8	59.8
Diciembre	L/s	20.7	23.9	44.6
Enero	L/s	27.0	39.2	66.2
Febrero	L/s	27.7	37.9	65.6
Marzo	L/s	26.9	41.0	67.9
Promedio		22.73	31.31	54.04
Máximo		30.00	41.00	68.50
Mínimo		14.70	19.50	34.50

Según el **cuadro N° 26** se puede observar la oferta medida en litros por segundo de aplicación: Zona A tuvo un promedio de **22.73 l/s**, una máxima de **30 l/s** (enero 2011) y un valor mínimo de **14.70 l/s** (agosto 2011).

En la zona B se tuvo un promedio de **31.31 l/s**, el máximo fue de **41 l/s** (marzo 2012) y un mínimo de **19.50 l/s** (julio 2011). Haciendo un promedio total de **54.04 l/s**, total máximo fue de **68.50 l/s** (abril 2011) y un total mínimo de **34.50 l/s** (julio 2011) para el periodo de enero 2011 hasta marzo del 2012. Con este dato de **54.04 l/s** contrastamos lo que se plantea en la hipótesis de la presente investigación donde las demandas hídricas de la plantación forestal de PPL requieren de **una oferta promedio total**, mayor de **50 l/s**, para el periodo asumido de investigación.

Oferta de agua de riego: Cabe aclarar que no ha sido posible encontrar antecedentes de proyectos de irrigación con la misma metodología de evapotranspiración de agua a la atmósfera a través de una plantación regada. Por ello la apreciación que aquí se presenta es motivo al sustento científico de la investigación. De acuerdo a las condiciones climáticas de Huarmey se pueden distinguir claramente 2 temporadas la temporada de verano y la temporada de invierno, por ello en invierno la forestación necesita menos cantidad de agua que en verano, por lo tanto el exceso de agua que no es aprovechado en invierno es almacenado en Poza 2 para poder utilizarlo en verano que es la época que la forestación necesita más agua; pero la oferta de agua que se aplica a la forestación de PPL está regulado por un permiso de reuso de agua por DIGESA de 1575000 m³ para el año 2011 y de 1565000 m³ para el año 2012, a diferencia que en los años anteriores al 2011 el permiso de disipación de agua era de 2000000 de m³; es por eso que la oferta de agua para la forestación está en base al permiso de reuso de agua.

La oferta de agua para la forestación de PPL antes del 2005, era el 100% de producción de agua por parte de Antamina que se enviaba a la forestación tanto en verano como en invierno, debido a que no existía la Poza N° 2 o poza de almacenamiento del excedente de agua que se produce en invierno, donde las demandas evapotranspirativas de la forestación es menor que las demandas en verano.

La demanda calculada de la forestación de PPL, para el periodo asumido fue de 2,277 543 m³ con un caudal continuo promedio de 57.96 L/s y la oferta de agua fue de 2,125 306 m³ con un caudal continuo promedio de 54.54 L/s; la menor oferta se debió a que después de la temporada de frío y primavera y al inicio del calor se presentó obstrucción de microaspersores de riego y obstrucción de filtros secundarios causado por sólidos que se desprenden de las paredes internas de las tuberías de riego y terminan atrapados en dichos elementos de riego.

8.3 Demanda de agua de riego

En los Cuadros N° 27 y 28, se presenta el resumen de la demanda de agua para la Forestación de Puerto Punta Lobitos en m³ y l/s, para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Cuadro N° 27: Resumen de la demanda de agua expresada en (m³).

Demanda	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	m ³	83733	129219	212952
Febrero	m ³	77028	118871	195899
Marzo	m ³	69236	106847	176083
Abril	m ³	55323	85376	140698
Mayo	m ³	44721	69015	113736
Junio	m ³	35248	54396	89644
Julio	m ³	27113	41841	68954
Agosto	m ³	29004	44760	73764
Septiembre	m ³	38958	60121	99079
Octubre	m ³	54554	84189	138743
Noviembre	m ³	63849	98534	162383
Diciembre	m ³	73546	113499	187045
Enero	m ³	86052	132798	218850
Febrero	m ³	81370	125573	206943
Marzo	m ³	75797	116972	192770
Total		895 532	1382 011	2277 543

Como se puede apreciar en el cuadro N° 27, la demanda calculada para la zona A, fue de **895 532 m³** y para la zona B, la demanda calculada fue de **1382 011 m³**, haciendo un total de **2277 543 m³**.

Cuadro N° 28: Resumen de la demanda de agua expresada en (l/s).

Demanda	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	L/s	31.3	48.2	79.5
Febrero	L/s	31.8	49.1	80.9
Marzo	L/s	25.8	39.9	65.7
Abril	L/s	21.3	32.9	54.2
Mayo	L/s	16.7	25.8	42.5
Junio	L/s	13.6	21.0	34.6
Julio	L/s	10.1	15.6	25.7
Agosto	L/s	10.8	16.7	27.5
Septiembre	L/s	15.0	23.2	38.2
Octubre	L/s	20.4	31.4	51.8
Noviembre	L/s	24.6	38.0	62.6
Diciembre	L/s	27.5	42.4	69.9
Enero	L/s	32.1	49.6	81.7
Febrero	L/s	32.5	50.1	82.6
Marzo	L/s	28.3	43.7	72.0
Promedio		22.79	35.17	57.96
Máximo		32.50	50.10	82.60
Mínimo		10.10	15.60	25.70

Como se puede apreciar en el **cuadro N° 28**, las demandas de agua calculadas para la forestación de PPL en l/s son las siguientes: Zona A, fue un promedio de **22.79 l/s**, una máxima de **32.50 l/s** (febrero 2012) y una mínima de **10.10 l/s** (julio 2011).

En la zona B, se tuvo un promedio de **35.17 l/s**, con un valor máximo de **50.10 l/s** (febrero 2012) y un valor mínimo de **15.60 l/s** (julio 2011). Haciendo un promedio total de **57.96 l/s**, total máximo fue de **82.60 l/s** (febrero 2012) y un total mínimo de **25.70 l/s** (julio 2011).

Demanda de agua de riego de la forestación de PPL: En base a lo que se indica en el informe de (CICA Ingenieros, Enero 2000), sobre el proyecto de la forestación de PPL y en base a la apreciación, motivo al sustento científico de la investigación; donde la demanda de agua es la cantidad de agua que necesita la forestación y la capacidad de la misma

para evapotranspirar el agua hacia la atmósfera, la cual depende de las características del cultivo, de la edad del cultivo, del estado fitosanitario de las plantas, de las prácticas de cultivo, su estado de desarrollo, del medio donde se produce y de las condiciones atmosféricas de la zona.

8.4 Balance Hídrico de la Forestación de PPL.

En el Cuadro N° 29, se presenta el balance hídrico global (oferta menos demanda) de la Forestación de PPL, para el periodo asumido de investigación, (déficit/exceso), en unidades de volumen total (m³) y como caudal continuo (l/s).

Cuadro N° 29: Balance Global Forestación Punta Lobitos. Periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Mes	Volumen m ³			Caudal Continuo (L/s)		
	Zona A	Zona B	Total	Zona A	Zona B	Total
Enero	-3264	-33393	-36657	-1.3	-12.4	-13.7
Febrero	-6988	-38871	-45859	-2.8	-16.0	-18.8
Marzo	-10585	-17156	-27741	-3.9	-6.4	-10.3
Abril	17055	19791	36847	6.6	7.7	14.3
Mayo	9615	12334	21949	3.6	4.6	8.2
Junio	3198	-646	2552	1.2	-0.3	0.9
Julio	12979	10282	23261	4.9	3.9	8.8
Agosto	10327	13321	23648	3.9	5.0	8.9
Septiembre	6705	9912	16617	2.6	3.8	6.4
Octubre	5807	-2579	3228	2.1	-0.9	1.2
Noviembre	1048	-8423	-7375	0.4	-3.2	-2.8
Diciembre	-18011	-49615	-67626	-6.8	-18.5	-25.3
Enero	-13746	-27735	-41481	-5.1	-10.4	-15.5
Febrero	-12075	-30507	-42582	-4.8	-12.2	-17.0
Marzo	-3781	-7236	-11018	-1,4	-2,7	-4,1
Total	-1 716	-150 521	-152 237	-	-	-

Números negativos (-) indican déficit de agua, los números positivos indican exceso.

En los siguientes cuadros N° 30, 31 y 32, desglosamos el balance global de la forestación de acuerdo a su unidad de medida (m³, l/s y porcentaje, para un mejor entendimiento.

Cuadro N° 30: Resumen del balance de agua expresada en (m³) de la Forestación de Punta Lobitos.

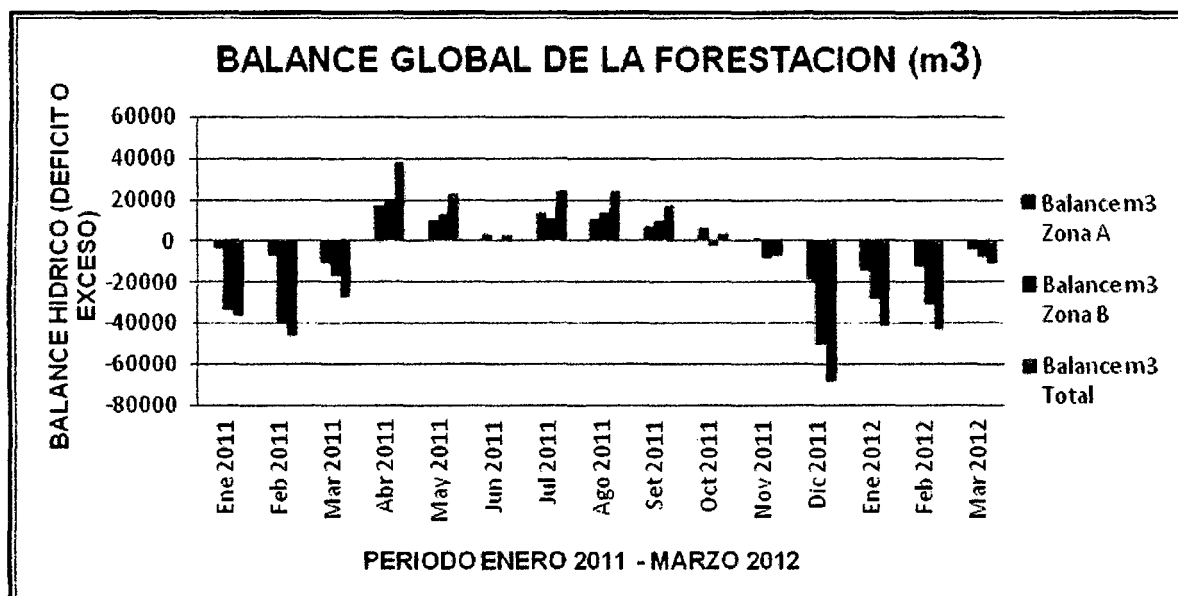
Balance	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	m ³	-3264	-33393	-36657
Febrero	m ³	-6988	-38871	-45859
Marzo	m ³	-10585	-17156	-27741
Abril	m ³	17055	19791	36847
Mayo	m ³	9615	12334	21949
Junio	m ³	3198	-646	2552
Julio	m ³	12979	10282	23261
Agosto	m ³	10327	13321	23648
Septiembre	m ³	6705	9912	16617
Octubre	m ³	5807	-2579	3228
Noviembre	m ³	1048	-8423	-7375
Diciembre	m ³	-18011	-49615	-67626
Enero	m ³	-13746	-27735	-41481
Febrero	m ³	-12075	-30507	-42582
Marzo	m ³	-3781	-7236	-11018
Total		-1 716	-150 521	-152 237

Números negativos (-) indican déficit de agua, los números positivos indican exceso, respecto de las demandas calculadas.

Según **Cuadro N° 30**, la **zona A** presenta un Balance Hídrico global negativo (déficit acumulado de **1 716 m³**), la **zona B** también registra un Balance Hídrico global negativo (déficit de **150 521 m³**) y para el total de la forestación, se registró un déficit **total** de **152 237 m³**; dado a los déficits registrados en los meses de enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre del 2011 y en los meses de enero febrero y marzo del 2012.

En el **grafico N° 4** se puede apreciar el Balance Hídrico para la zona A, zona B y total, en m³ para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012.

Gráfico N° 4: Representación gráfica del Balance Hídrico de la forestación expresado en m³.



Cuadro N° 31: Resumen del balance de agua expresada en (l/s) de la Forestación de Punta Lobitos.

Balance	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	L/s	-1.3	-12.4	-13.7
Febrero	L/s	-2.8	-16	-18.8
Marzo	L/s	-3.9	-6.4	-10.3
Abril	L/s	6.6	7.7	14.3
Mayo	L/s	3.6	4.6	8.2
Junio	L/s	1.2	-0.3	0.9
Julio	L/s	4.9	3.9	8.8
Agosto	L/s	3.9	5	8.9
Septiembre	L/s	2.6	3.8	6.4
Octubre	L/s	2.1	-0.9	1.2
Noviembre	L/s	0.4	-3.2	-2.8
Diciembre	L/s	-6.8	-18.5	-25.3
Enero	L/s	-5.1	-10.4	-15.5
Febrero	L/s	-4.8	-12.2	-17
Marzo	L/s	-1.4	-2.7	-4.1
L/s Promedio		-0.05	-3.87	-3.92
Máximo		6.60	7.70	14.30
Mínimo		-6.8	-18.5	-25.3

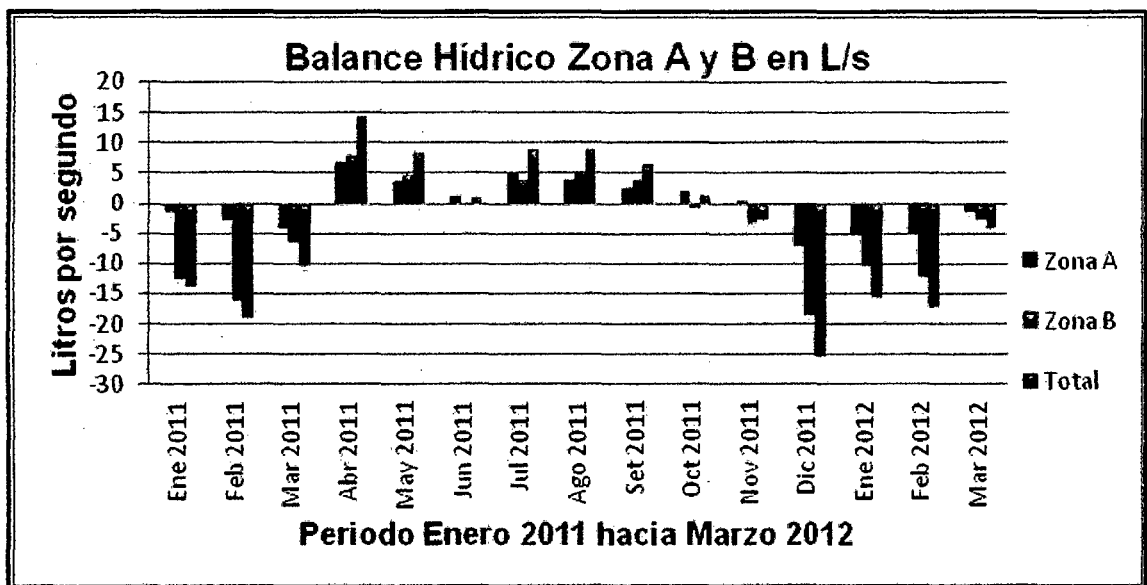
Números negativos (-) indican déficit de agua, los números positivos indican exceso, respecto de las demandas calculadas.

Según **Cuadro N° 31**, en la **zona A**, el valor promedio que se dejó de aplicar fue de **0.05 l/s (50 ml/s)** respecto al promedio de las demandas calculadas de la forestación que fue de **22.79 l/s**.

En la zona B, el valor promedio que se dejó de aplicar fue de **3.87 l/s** respecto al promedio de las demandas calculadas de la forestación que fue de **35.17 l/s**.

En el **gráfico N° 5** se puede apreciar el Balance Hídrico para la zona A, zona B y total en l/s para el periodo comprendido entre enero 2011 y marzo 2012.

Gráfico N° 5: Representación gráfica del Balance Hídrico de la forestación expresado en l/s.



Cuadro N° 32: Resumen del balance de agua expresado en (%) de la Forestación de Punta Lobitos.

Balance	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Enero	%	-3.90%	-25.84%	-17.21%
Febrero	%	-9.07%	-32.70%	-23.41%
Marzo	%	-15.29%	-16.06%	-15.75%
Abril	%	30.83%	23.18%	26.19%
Mayo	%	21.50%	17.87%	19.30%
Junio	%	9.07%	-1.19%	2.85%
Julio	%	47.87%	24.57%	33.73%
Agosto	%	35.60%	29.76%	32.06%
Septiembre	%	17.21%	16.49%	16.77%
Octubre	%	10.65%	-3.06%	2.33%
Noviembre	%	1.64%	-8.55%	-4.54%
Diciembre	%	-24.49%	-43.71%	-36.15%
Enero	%	-15.97%	-20.89%	-18.95%
Febrero	%	-14.84%	-24.29%	-20.58%
Marzo	%	-4.99%	-6.19%	-5.72%
Porcentaje	%	-0.19%	-10.89%	-6.68%

Números negativos (-) indican déficit de agua, los números positivos indican exceso, respecto de las demandas calculadas.

El porcentaje se saca con la cantidad (m³) del balance en función a la demanda de agua.

De acuerdo al **cuadro N° 32**, se puede deducir que en la zona A, existe un déficit de **0.19%** que equivale a **1 716 m³** bajo los requerimientos hídricos de la forestación.

En la zona B existe un déficit de **10.89%** que equivale a **150 521 m³** bajo los requerimientos hídricos de la forestación.

En el porcentaje total existe un déficit de **6.68%** que equivale a **152 237 m³** bajo los requerimientos hídricos de la forestación de PPL.

En este caso, el cálculo del porcentaje se realiza con el dato (m³) del balance, (A = 1 716 m³, B = 150 521 m³ y total = 152 237 m³) respecto a la cantidad de las demandas hídricas calculadas (100%), (A = 895 532 m³, B = 1 382 011 y Total = 2 277 543).

En el **Cuadro N° 33** se presenta el resumen Global Acumulado para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012, con la oferta, demanda y balance de agua.

Cuadro N° 33: Resumen Acumulado Global del Balance Hídrico de la Forestación de Punta Lobitos: Oferta, Demanda y Déficit / Exceso, para el periodo comprendido entre enero 2011 y marzo 2012.

Periodo Enero 11 – Marzo 12	Unidad	Zona A	Zona B	Total
Oferta	m ³	893 816	1,231 490	2,125 306
	L/s Promedio	22.73	31.31	54.04
Demanda	m ³	895 532	1,382 011	2,277 543
	L/s Promedio	22.79	35.17	57.96
Balance	m ³	-1 716	-150 521	-152 237
	L/s Promedio	-0.05	-3.87	-3.92
	%	-0.19%	-10.89%	-6.68%

Números negativos (-) indican déficit de agua, los números positivos indican exceso.
El porcentaje se saca con la cantidad (m³) del balance en función a la demanda de agua.

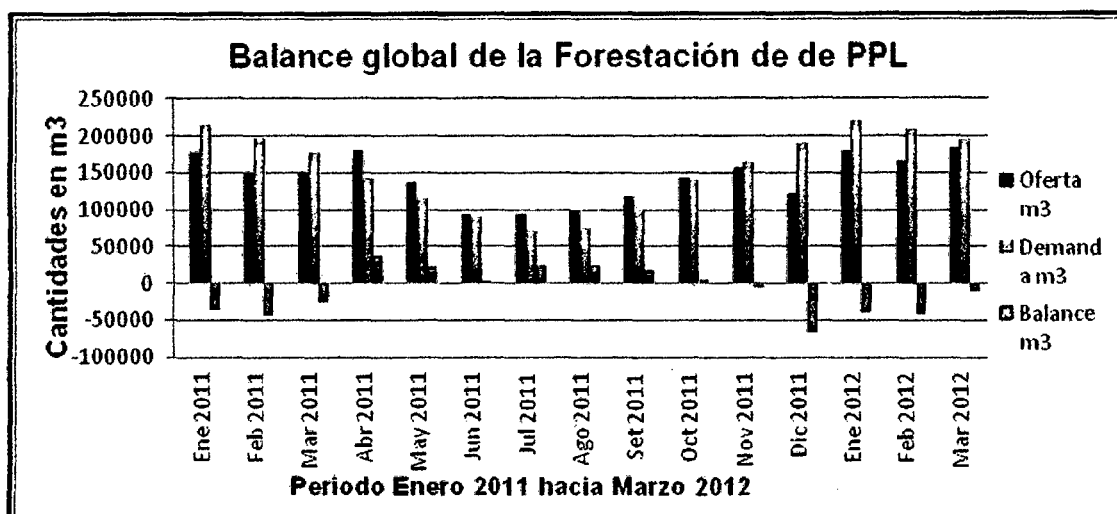
Como se puede observar en el **Cuadro N° 33**, el total acumulado de las demandas calculadas para la forestación de PPL, para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012 es de **2277 543 m3**, con un caudal continuo promedio de **57.96 l/s**.

El caudal de riego aplicado a la forestación de PPL, para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012 es de **2125 306 m3** con un caudal promedio de **54.04 l/s**.

Como resumen global acumulado en el periodo de enero 2011 a marzo 2012, existe un déficit de **152 237 m3**, esto es bajo los requerimientos hídricos de la forestación, que equivale a un **6.68%** menos de agua aplicada.

En el **Grafico N° 6** se presenta el Balance Hídrico Global aplicado a la forestación para el periodo comprendido entre enero 2011 a marzo 2012, con la oferta, demanda y balance de agua.

Grafico N° 6: Representación grafica del Balance Hídrico comparando la Oferta, Demanda y Balance, en m³.



Balance hídrico: Estudios de balance hídrico en Perú, todavía no se han realizado a gran escala, a pesar de ser una metodología de gran utilidad en muchos campos de la investigación. Como resumen global acumulado en el periodo, enero 2011 a marzo 2012, existe un déficit de **152 237 m³**, bajo los requerimientos hídricos de la forestación; los meses que se registró balance hídrico negativo fueron: enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre del 2011 y enero febrero y marzo del 2012, y los meses que se registraron balance hídrico positivo fueron: abril, mayo, junio, agosto, setiembre y octubre del 2011.

Con la finalidad de realizar, la contrastación del balance hídrico de la forestación de PPL, para discutir los resultados obtenidos, presentamos a continuación, el resultado del balance hídrico de la cuenca del río Tumbes y cuenca del río Zarumilla, donde existe, un déficit promedio de **1125.7 m³**, dicho estudio de balance hídrico, es el resultado de 31 años de toma de información, año 1969 hasta el año 1999. (Según Vera, Acuña y Yerren, 2000).

Para mejor ilustración, en el **Cuadro N° 34** se presenta el balance hídrico de las cuencas del río Tumbes y Río Zarumilla, datos, que permitieron contrastar y discutir con el balance hídrico de la forestación de PPL.

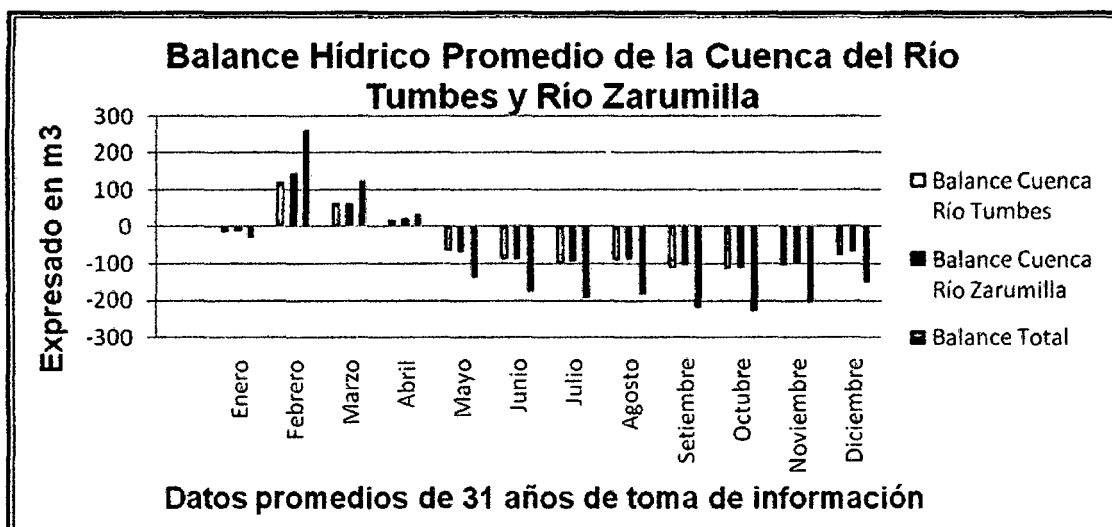
Cuadro N° 34: Balance Hídrico (m3) cuenca del río Tumbes y cuenca del río Zarumilla

Meses	Balance Cuenca Río Tumbes	Balance Cuenca Río Zarumilla	Balance Total
Enero	-18.6	-14.5	-33
Febrero	117.1	139.8	257
Marzo	62.4	58.5	121
Abril	14.4	17.2	32
Mayo	-67.9	-69.9	-138
Junio	-89.1	-88.6	-178
Julio	-98.5	-95.7	-194
Agosto	-93.9	-90.7	-185
Setiembre	-112.5	-107.7	-220
Octubre	-117.2	-112.9	-230
Noviembre	-105.4	-101.3	-207
Diciembre	-79.4	-71.3	-151
TOTAL ANUAL	-588.6	-537.1	-1125.7

Como se puede apreciar en el **Cuadro N° 34** existe un déficit anual de **1125.7 m³** de agua en las cuencas del río Tumbes y río zarumilla.

En el **Gráfico N° 7** presento el Balance Hídrico de la cuenca del río Tumbes y río zarumilla, expresado en m³.

Gráfico N° 7: Representación grafica del Balance Hídrico de la cuenca del río Tumbes y Zarumilla.



8.5 Volúmenes de Riego Teóricos para la Forestación de PPL.

En los cuadros N° 35, 36, 37 y 38 se presenta el resumen de los volúmenes de riego teóricos, o demanda que necesita la forestación, para la aplicación del riego en el futuro tanto por sector de riego así como por día de aplicación. En el Anexo N° 05 se presenta el desglose completo por zona de riego, así como por mes, para el periodo azumido de investigación.

Cuadro N° 35: Volúmenes de riego teóricos por mes por sector para la zona A

MES	Caudal (m3/mes) / Sector												TOTAL
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	
ENERO	2535	4719	9140	8790	8359	8089	8425	8129	7617	6269	6188	5473	83733
FEBRERO	2332	4341	8408	8086	7689	7441	7751	7478	7007	5767	5692	5035	77028
MARZO	2096	3902	7558	7268	6911	6688	6967	6721	6298	5184	5117	4526	69236
ABRIL	1675	3118	6039	5808	5523	5344	5567	5371	5033	4142	4088	3616	55323
MAYO	1354	2520	4882	4695	4464	4320	4500	4342	4068	3348	3305	2923	44721
JUNIO	1175	2094	2956	3780	3631	3512	3631	3490	3297	2681	2655	2344	35248
JULIO	820.7	1528	2960	2846	2707	2618	2729	2632	2467	2030	2004	1772	27113
AGOSTO	885.9	1644	3133	3034	2894	2827	2896	2790	2654	2191	2140	1913	29004
SETIEMBRE	1179	2195	4253	4090	3888	3764	3920	3782	3544	2917	2879	2547	38958
OCTUBRE	1651	3074	5955	5727	5446	5268	5490	5297	4963	4084	4032	3566	54554
NOVIEMBRE	1933	3598	6970	6703	6374	6168	6424	6199	5808	4780	4719	4174	63849
DICIEMBRE	2226	4144	8028	7720	7342	7105	7401	7140	6690	5506	5435	4808	73546
ENERO	2605	4849	9393	9033	8590	8313	8659	8354	7828	6442	6359	5625	86052
FEBRERO	2463	4585	8883	8542	8123	7861	8187	7900	7402	6092	6013	5319	81370
MARZO	2294	4271	8274	7957	7566	7322	7627	7359	6895	5675	5601	4955	75797
TOTAL	27223	50582	96834	94079	89506	86641	90174	86985	81572	67109	66229	58597	895531

Cuadro N° 36: Volúmenes de riego teóricos por mes por sector para la zona B

MES	Caudal (m3/mes) / Sector																	TOTAL
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	
ENERO	9113	6970	8075	6417	7213	7509	7523	6795	7253	7617	7833	8560	7307	8318	7213	6997	8507	129219
FEBRERO	8384	6412	7429	5903	6635	6908	6920	6251	6672	7007	7205	7875	6722	7652	6635	6437	7826	118871
MARZO	7536	5763	6676	5306	5964	6209	6220	5618	5997	6298	6477	7079	6042	6878	5964	5786	7034	106847
ABRIL	6021	4605	5335	4240	4765	4961	4970	4489	4792	5033	5175	5656	4828	5496	4765	4623	5621	85376
MAYO	4867	3723	4313	3427	3852	4011	4018	3629	3874	4068	4183	4572	3903	4443	3852	3737	4543	69015
JUNIO	3836	2934	3399	2701	3036	3160	3167	2860	3053	3206	3297	3604	3076	3502	3036	2945	3581	54396
JULIO	2951	2257	2615	2076	2336	2432	2435	2200	2349	2467	2536	2772	2366	2694	2336	2266	2755	41841
AGOSTO	3150	2428	2812	2243	2474	2591	2548	2375	2535	2627	2713	2911	2554	2895	2521	2446	2936	44760
SETIEMBRE	4240	3243	3757	2986	3356	3494	3500	3161	3375	3542	3644	3983	3400	3870	3356	3255	3958	60121
OCTUBRE	5938	4541	5261	4181	4699	4893	4901	4427	4723	4963	5103	5578	4761	5420	4699	4559	5543	84189
NOVIEMBRE	6949	5315	6158	4893	5500	5726	5736	5181	5528	5808	5973	6528	5572	6343	5500	5335	6487	98534
DICIEMBRE	8005	6122	7093	5636	6335	6596	6607	5968	6371	6690	6881	7519	6418	7306	6335	6146	7472	113499
ENERO	9366	7163	8299	6595	7412	7717	7731	6983	7454	7828	8050	8798	7509	8548	7412	7191	8742	132798
FEBRERO	8856	6773	7848	6236	7009	7297	7310	6603	7048	7401	7612	8319	7101	8083	7009	6799	8267	125573
MARZO	8250	6309	7310	5809	6529	6797	6810	6151	6566	6895	7090	7749	6614	7530	6529	6334	7701	116972
TOTAL	97463	74558	86382	68650	77116	80301	80397	72691	77589	81451	83773	91503	78172	88976	77162	74855	90971	1382012

Cuadro N° 37: Volúmenes promedios de riego teóricos o demanda, por día y por sector para la zona A

MES	Caudal (m3/mes) / Sector												TOTAL POR DIA
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	
ENERO	82	152	295	284	270	261	272	262	246	202	200	177	2701
FEBRERO	83	155	300	289	275	266	277	267	250	206	203	180	2751
MARZO	68	126	244	234	223	216	225	217	203	167	165	146	2233
ABRIL	56	104	201	194	184	178	186	179	168	138	136	121	1844
MAYO	44	81	157	151	144	139	145	140	131	108	107	94	1443
JUNIO	39	70	99	126	121	117	121	116	110	89	89	78	1175
JULIO	26	49	95	92	87	84	88	85	80	65	65	57	875
AGOSTO	29	53	101	98	93	91	93	90	86	71	69	62	936
SETIEMBRE	39	73	142	136	130	125	131	126	118	97	96	85	1299
OCTUBRE	53	99	192	185	176	170	177	171	160	132	130	115	1760
NOVIEMBRE	64	120	232	223	212	206	214	207	194	159	157	139	2128
DICIEMBRE	72	134	259	249	237	229	239	230	216	178	175	155	2372
ENERO	84	156	303	291	277	268	279	269	253	208	205	181	2776
FEBRERO	85	158	306	295	280	271	282	272	255	210	207	183	2806
MARZO	74	138	267	257	244	236	246	237	222	183	181	160	2445
PROMEDIO	60	111	213	207	197	191	198	191	179	148	146	129	1970

Cuadro N° 38: Volúmenes promedios de riego teóricos o demanda, por día y por sector para la zona B

MES	Caudal (m3/mes) / Sector																	TOTAL POR DIA
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	
ENERO	294	225	260	207	233	242	243	219	234	246	253	276	236	268	233	226	274	4168
FEBRERO	299	229	265	211	237	247	247	223	238	250	257	281	240	273	237	230	279	4245
MARZO	243	186	215	171	192	200	201	181	193	203	209	228	195	222	192	187	227	3447
ABRIL	201	154	178	141	159	165	166	150	160	168	173	189	161	183	159	154	187	2846
MAYO	157	120	139	111	124	129	130	117	125	131	135	147	126	143	124	121	147	2226
JUNIO	128	98	113	90	101	105	106	95	102	107	110	120	103	117	101	98	119	1813
JULIO	95	73	84	67	75	78	79	71	76	80	82	89	76	87	75	73	89	1350
AGOSTO	102	78	91	72	80	84	82	77	82	85	88	94	82	93	81	79	95	1444
SETIEMBRE	141	108	125	100	112	116	117	105	112	118	121	133	113	129	112	109	132	2004
OCTUBRE	192	146	170	135	152	158	158	143	152	160	165	180	154	175	152	147	179	2716
NOVIEMBRE	232	177	205	163	183	191	191	173	184	194	199	218	186	211	183	178	216	3284
DICIEMBRE	258	197	229	182	204	213	213	193	206	216	222	243	207	236	204	198	241	3661
ENERO	302	231	268	213	239	249	249	225	240	253	260	284	242	276	239	232	282	4284
FEBRERO	305	234	271	215	242	252	252	228	243	255	262	287	245	279	242	234	285	4330
MARZO	266	204	236	187	211	219	220	198	212	222	229	250	213	243	211	204	248	3773
PROMEDIO	214	164	190	151	170	177	177	160	171	179	184	201	172	196	170	165	200	3039

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- El promedio total de la oferta de agua, en el periodo asumido, fue de **54.04 l/s** de caudal continuo, cifra que está ligeramente por encima de lo planteado en la hipótesis (donde se indica que debe ser mayor a 50.00 l/s).
- El promedio total de agua de la demanda calculada, de la forestación de PPL, en el periodo asumido, fue de **57.96 l/s** de requerimiento de caudal continuo, valor ligeramente mayor a la oferta de agua.
- En el periodo de estudio asumido, existe un balance hídrico global negativo, con un déficit de **6.68%** que equivale a **152 237 m³**, respondiendo a la pregunta planteada en la formulación del problema de la presente investigación.
- La metodología usada para determinar el balance hídrico de la forestación de PPL, constituye un gran aporte de información agroclimática para planificar la instalación de plantaciones forestales, proyectos de reforestación, instalación de parcelas agrícolas, determinar calendarios de riego, etc.
- La forestación de PPL, a la fecha se ha constituido en un gran atractivo turístico, paisajístico y ecológico de la zona, considerándolo como un oasis dentro del gran desierto costero en la provincia de Huarmey.
- La forestación de PPL, se ha convertido en un importante refugio de fauna silvestre (antes del establecimiento de la forestación no se encuentran registros de fauna silvestre, como los que ahora existe), pudiéndose avizorar especies de fauna tales como: zorro costero *Pseudalopex sechurae*, Huerequeque *Burhinus superciliaris*, Lechuza de los arenales *Athene cunicularia*, ave pampero peruano *Geositta peruviana*, reptiles o serpientes no venenosas como la gerga y

corredora *Pseudoalsophis elegans Mastigodryas heathii*, serpiente jergón de costa o sancarrancha *Bothops pictus*, abejas *Apis mellifera*, avispas *Polistes spp* y controladores biológicos como las mariquitas *Coccinella septempunctata*, lagartijas peruanas *Microlophus peruvianus*, aves como el turtupilín o atrapamoscas *Pyrocephalus rubinus*, e infinidad de insectos, etc.

9.2 Recomendaciones

- Para tener datos más representativos de la Evapotranspiración Potencial de la forestación de PPL, se recomienda instalar otra bandeja clase A en el lado sur del bosque o parte intermedia (puede ser en sector 9B o parcela de frutales), porque la que existe está ubicada en el lado noroeste (inicio del bosque, parte inicial del sector 17B), con la finalidad de manejar un dato promedio de los efectos integrados de la radiación, el viento, la temperatura y la humedad del aire.
- Se recomienda tener operativo todo el sistema de riego, especialmente los elementos y accesorios del sistema de riego automático (válvulas: bermad, solenoides, rompedpresión, decodificadores de riego, elevadores de señal, programador de riego, sistema de retrolavado, sistema de cableado coaxial y eléctrico, etc.) para cumplir con los programas de riego establecidos de acuerdo a las demandas calculadas que necesita la forestación.
- Se recomienda aplicar los datos de las demandas calculadas (volúmenes teóricos o calendario de riego presentados en el anexo N° 05) las cuales han sido elaboradas en base a las condiciones meteorológicas actuales y en base a los requerimientos teóricos actuales de la forestación de PPL.
- Realizar podas de rejuvenecimiento, restauración, formación, de liberación de espacio dentro del dosel del bosque, para evitar la competencia entre especies del mismo tipo o con las otras especies, ya

sea por espacio, luz solar, agua, nutrientes, etc., esto ayudará a tener mayor área foliar desde el inicio de la copa de los árboles, y por ende mayor evapotranspiración.

- Se recomienda continuar actualizando los volúmenes de riego teóricos históricos de la forestación de PPL, esto ayudará a establecer las demandas de agua de riego, de acuerdo a las necesidades de la plantación.
- Se recomienda a la Empresa Antamina continuar contratando los servicios de toma de imágenes satelitales de la forestación de PPL, debido a que es una herramienta que permite determinar y comparar el incremento o disminución de los índices de fotosíntesis, tanto en el espacio, así como en el tiempo, con el objeto de monitorear su estado o calidad para la disipación de aguas residuales sin afectar otros componentes ambientales.
- Se recomienda a Antamina implementar un sistema de retrolavado automático (por diferencial de presión y tiempo) en las casetas de filtros secundarios de las zonas de riego A y B, para poder manejar con mayor facilidad las obstrucciones de microaspersores y filtros secundarios, cuando estas se presentan.
- Se recomienda a Compañía Minera Antamina promover el gran potencial de la forestación de PPL como un área paisajística, ecoturística y conservación de la biodiversidad de fauna que allí habitan, debido a su ubicación estratégica y su belleza que adorna el gran desierto costero de Huarmey en Ancash.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

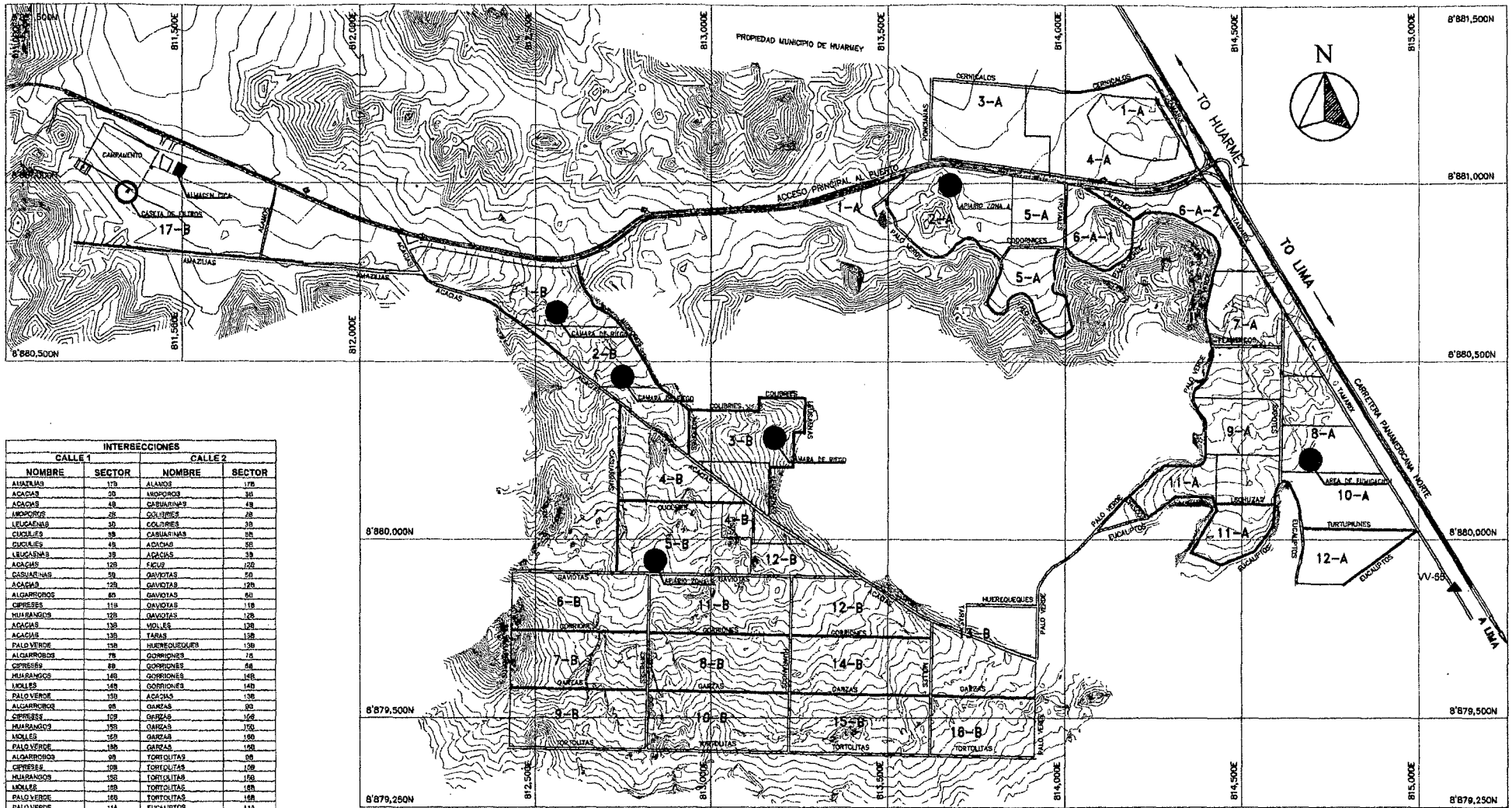
1. Martínez A. y Navarro J. 1995. Hidrología Forestal. El Ciclo Hidrológico. Universidad de Valladolid – España. 275 p.
2. Allen R., Pereira L., Raes D. y Smith M. Roma 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la Determinación del Requerimiento de Agua de los Cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 56. 298 p.
3. Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. Roma 1986. Estudio de Riego y Drenaje No. 24. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 179 p.
4. Compañía Minera Antamina. Enero de 1999. Estudio de Impacto Ambiental (documento público), Addendum N° III, anexo N° II.
5. AYERS, R.S. y WESTCOT, D.W. Roma 1987. La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO de Riego y Drenaje N° 29. Rev. 1.
6. CICA Ingenieros Consultores Perú SAC. Enero 2000. Informe final del Proyecto de Forestación de Puerto Punta Lobitos, para Antamina. Capítulo 2.1.5 Clima y Meteorología y Capítulo 3.2.4.2 Determinación de las necesidades de área de disipación.
7. Vera H., Acuña J. y Yerren J. Año 2000. Dirección General de hidrología y Recursos Hídricos del Ministerio de Agricultura de Piura. Dirección de Hidrología Aplicada. Balance Hídrico Superficial de las Cuencas de los Ríos Tumbes y Zarumilla. 12 p.
8. García V. J. 1988. Metodología de Zonificación Agroclimática para Cultivos de Arroz, Frejol, Maíz y Sorgo en la Cuenca del Bajo y Medio Piura. DPTO. de Física y Meteorología de la UNALM.
9. Ministerio de Agricultura (oSE) y SENAMHI 1986. Boletín Agroclimático del Perú. Volumen 3 Números 14 y 16.

10. García J. Lima Julio 1992. AGROMETEOROLOGIA. Energía y Agua en la Agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina 175 p.
11. García V. T. y García V. J. 1988. Estudio de las Condiciones Agroclimáticas del Departamento de Ancash.
12. CHEREQUE W. (1989), Hidrología para estudiantes de ingeniería civil, Pontificia Universidad Católica del Perú, obra auspiciada por CONCYTEC, Lima, Perú. 223 pp.
13. Monteith, J.L. 1985. Evaporation from land surfaces: progress in analysis and prediction since 1948. pp. 4-12 in Advances in Evapotranspiration, Proceedings of the ASAE Conference on Evapotranspiration, Chicago, Ill. ASAE, St. Joseph, Michigan.
14. Balance Hídrico de las Cuencas del Río Tumbes y Zarumilla. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/Paper_BHSTUZA.pdf.
15. Los micronutrientes y su utilización en la agricultura. Disponible en: http://www.fertiberia.com/servicios_on_line/cursos/micronutrientes/indexmicro.html.

XI. ANEXOS

ANEXO N° 01

Plano de la forestación de Puerto Punta Lobitos



INTERSECCIONES			
CALLE 1		CALLE 2	
NOMBRE	SECTOR	NOMBRE	SECTOR
AMAZILIAS	17B	ALAMOS	17B
ACACIAS	30	ANDOPOROS	30
ACACIAS	48	CASUARINAS	48
AMOROSOS	28	COLIBRES	28
LEUCANAS	30	COLIBRES	30
CUCULES	38	CASUARINAS	38
CUCULES	48	ACACIAS	48
LEUCANAS	38	ACACIAS	38
ACACIAS	128	FIGUAS	128
CASUARINAS	38	DAVOTAS	38
ACACIAS	128	DAVOTAS	128
ALGARROBOS	88	SAVOTAS	88
CEBESSES	118	DAVOTAS	118
MUJANGOS	128	DAVOTAS	128
ACACIAS	138	WOLLES	138
ACACIAS	138	TARLES	138
PALM VERDE	138	HERNEQUEGUER	138
ALGARROBOS	78	GORRIONES	78
CEBESSES	88	GORRIONES	88
MUJANGOS	148	GORRIONES	148
MOLLES	148	GORRIONES	148
PALM VERDE	158	ACACIAS	158
ALGARROBOS	98	GAZAS	98
CEBESSES	108	GAZAS	108
MUJANGOS	158	GAZAS	158
MOLLES	158	GAZAS	158
PALM VERDE	168	TORTILLITAS	168
PALM VERDE	118	EUCALIPTOS	118
PALM VERDE	118	CHISCOS	118
EUCALIPTOS	118	CHISCOS	118
EUCALIPTOS	118	LECHUZAS	118
EUCALIPTOS	98	LECHUZAS	98
EUCALIPTOS	128	TURTUPANES	128
TANAYU	98	TURTUPANES	98
EUCALIPTOS	98	SAFOTES	98
PALM VERDE	78	FLAMENCOS	78
SAFOTES	78	FLAMENCOS	78
TANAYU	88	SAFOTES	88
PALM VERDE	88	LAURELES	88
FRUTALES	88	CONDORCES	88
PALM VERDE	28	CONDORCES	28
FRUTALES	88-1	LAURELES	88-1
PONCANAS	38	CERNICALOS	38
TANAYU	18	CERNICALOS	18
ACACIAS	18	AMAZILIAS	18

REV. N°	FECHA	DESCRIPCION	REVISO	APROBADO
 COMPAÑIA MINERA ANTIMINA S.A.				
PROYECTO: FORESTACION PUNTA LOBITOS				
GENERAL				
TITULO: AREAS CRITICAS DE LA FORESTACION				FUENTE N°: 62001
ELABORO : A.P.C. DIBUJO : R.T.G.	REVISO : E.P.C. APROBADO :	ESCALA : 8/800 FECHA : 08/08/88	REV. : 0 TRAZADO : P13577	

ANEXO N° 02

Volúmenes de Riego Teóricos Basados en las Demandas Calculadas

VOLUMENES DE REGO TEORICOS PARA LA FORESTACION DE PUERTO PUNTA LOBITOS - HUARMEY ANCASH

dias	TASA DE REGO NETA m ³ /ha/día														
	AÑO 2011														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic			
1	52.55	38.50	18.68	27.81	34.19	17.89	19.26	14.22	10.73	29.84	29.77	28.29	37.21	39.41	28.4
2	37.88	34.99	39.37	37.10	23.88	20.3	19.25	21.74	11.55	39.54	34.59	42.88	38.21	37.54	39.63
3	52.04	47.03	37.91	35.86	21.94	21.11	18.79	18.03	22.11	22.23	30.33	28.19	21.8	34.23	48.46
4	12.33	48.19	51.69	29.85	29.54	19.46	16.62	23.32	29.33	28.4	40.32	41.87	37.13	33.51	29.66
5	58.53	34.55	45.33	31.12	29.25	22.73	19.25	21.23	19.18	27.1	5.17	48.1	33.79	50.5	37.01
6	24.63	40.82	46.44	30.87	28.67	18	8.52	11.5	17.65	23.01	38.29	31.34	44.24	24.28	45.28
7	47.26	52.94	35.23	23.63	34	21.94	19.39	9.75	22.17	31.57	27.06	46.57	48.28	45.26	43.23
8	45.06	15.4	34.28	29.31	25.56	13.4	2.08	17.2	7.1	27.4	30.75	19.70	27.39	49.58	51.67
9	41.18	47.26	45.22	23.33	18.24	18.91	2.93	19.53	24.54	37.9	37.1	35.49	37.94	35.27	29.65
10	47.5	45.2	10.28	20.33	21.13	40.53	10.03	17.01	17.47	24.89	29.70	28.29	64.71	48.41	46.48
11	34.45	41.49	39.08	21.25	27.41	8.37	15.19	1.48	21.92	28.83	24.5	37.82	40.02	40.89	44.91
12	63.76	46.87	24.24	17.31	19.28	14.78	14.81	16.68	23.84	24.65	34.54	20.78	40.2	34.7	42.65
13	43.8	31.48	41.24	29.54	11.57	20.95	18.16	10.34	8.99	14.27	32.23	38.42	49.52	49.13	33.67
14	28.52	48.75	37.94	29.94	14.4	17.46	23.69	12.22	19.32	23.72	40.75	80.54	40.9	53.72	46.71
15	35.87	43.5	45.2	28.18	29.49	14.62	18.25	33.29	20.34	29.84	34.59	39.84	46.25	59.73	42.45
16	38.54	48.23	23.27	22.45	21.13	11.28	22.98	10.61	13.21	22.15	22.79	32.19	43.8	68.03	28.23
17	43.23	21.84	34.68	43.77	14.47	30	17.49	19.07	24.8	31.21	24.41	61.18	32.13	33.58	22.69
18	31.98	44.61	22.27	15.98	14.71	27.74	8.8	16.73	30.24	14.46	30.57	14.23	46.28	85.69	28.22
19	31.79	27.25	52.43	43.01	26.13	19.05	12.89	12.49	8.71	37.88	33.18	34.43	49.05	44.2	46.53
20	57.25	49.98	49.98	22.98	23.88	18.38	8.89	21.75	30.34	20.97	40.07	49.02	45.85	44.5	22.58
21	44.76	80.42	10.68	45.08	28.35	17.81	11.89	24.17	17.71	29.33	45.83	28.43	48.69	54.73	54.54
22	42.76	52.04	31.83	29.51	11.18	16.35	8.7	14.03	23.51	21.38	39.21	48.59	46.02	50.9	37.71
23	33.75	40.06	47.05	33.38	13.94	3.25	13.00	19.23	12.23	41.45	41.53	28.84	41.15	39.75	25.82
24	49.12	51.94	35.54	39.83	28.23	21.77	15.72	15.93	24.38	34.32	20.8	39.8	40.83	44.04	25.83
25	39.89	85.9	42.54	10.7	15.83	10.03	12.6	20.39	25.55	18.16	26.05	50.7	48.82	40.89	41.03
26	39.82	53.77	37.49	24.97	21.16	14.11	14.92	21.44	36.47	16.72	28.35	46.3	39.26	36.83	
27	37.94	47.15	39.04	34.29	31.85	29.32	12.39	14.69	13.19	33.7	34.24	26.77	40.34	33.98	40.1
28	48.15	42.11	24.89	31.88	14.59	17.29	12.52	13.89	37.29	47	40.11	44.23	48.53	42.89	42.98
29	49.31	33.24	23.53	18.74	18.28	18.37	12.41	25.15	34.53	22.78	18.43	37.97	42.77	29.20	
30	50.06	33.47	33.51	25.21	26.07	14.33	8.42	20.81	32.87	21.68	31.1	44.58	26.64		
31	40.65	31.58	17.27	18.73	29.66	33.58	26.51	43.38	29.32						

dias	AREA POR SECTOR DE REGO SOLD PARA EFECTOS DE CALCULO																												
	AÑO 2011																												
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	13A	14A	15A	16A	17A												
1	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
2	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
3	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
4	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
5	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
6	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
7	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
8	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
9	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
10	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
11	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
12	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
13	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
14	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
15	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
16	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
17	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
18	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
19	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
20	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
21	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
22	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
23	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
24	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
25	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35	5.57	5.58	5.04	5.38	5.65	5.81	6.35	5.42	6.17	5.35	5.19	6.31
26	1.88	3.5	6.78	6.52	6.2	6	6.25	6.03	5.65	4.65	4.59	4.06	6.76	5.17	5.99	4.76	5.35												

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA A													
Días	Sector/Superficie (ha)/Volumen (m³)												
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
1	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	540
2	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	132	1584
3	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	576
4	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	972
5	85	112	138	165	192	225	252	285	315	345	375	405	2835
6	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
7	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
8	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
9	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
10	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
11	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
12	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
13	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
14	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
15	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
16	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
17	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
18	91	119	148	178	208	238	268	298	328	358	388	418	3072
19	91	119	148	178	208	238	268	298	328	358	388	418	3072
20	94	122	151	181	211	241	271	301	331	361	391	421	3168
21	114	141	168	195	222	249	276	303	330	357	384	411	3564
22	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
23	75	102	129	156	183	210	237	264	291	318	345	372	2550
24	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
25	102	129	156	183	210	237	264	291	318	345	372	2550	
26	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
27	89	118	147	177	207	237	267	297	327	357	387	417	3024
28	78	105	132	159	186	213	240	267	294	321	348	375	2700
29	78	105	132	159	186	213	240	267	294	321	348	375	2700
30	78	105	132	159	186	213	240	267	294	321	348	375	2700
TOTAL	2312	2841	3470	4100	4830	5670	6630	7710	8910	10230	11670	13230	77025
PROMO	83	151	209	276	354	444	546	663	796	945	1110	1290	255

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA B													
Días	Sector/Superficie (ha)/Volumen (m³)												
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	TOTAL
1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	180
2	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	540
3	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	1620
4	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	1980
5	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	3645
6	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
7	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
8	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
9	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
10	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
11	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
12	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
13	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
14	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
15	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
16	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
17	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
18	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
19	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
20	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
21	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
22	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
23	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
24	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
25	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
26	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
27	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
28	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
29	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
30	207	243	279	315	351	387	423	459	495	531	567	603	4230
TOTAL	6111	7453	8963	10653	12533	14613	16893	19373	22053	24933	28013	31193	20371
PROMO	200	250	311	377	451	533	623	727	847	983	1133	1297	276

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA A													
Días	Sector/Superficie (ha)/Volumen (m³)												
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
1	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	420
2	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	1008
3	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	1800
4	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	216	2592
5	252	288	324	360	396	432	468	504	540	576	612	648	4500
6	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
7	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
8	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
9	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
10	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
11	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
12	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
13	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
14	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
15	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
16	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
17	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
18	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
19	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
20	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
21	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
22	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
23	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
24	270	324	378	432	486	540	594	648	702	756	810	864	6000
25	270	324	378	432	486	540	594	648					

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA A													
Sector/Subsector		Julio 2011											
Día	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	TOTAL
Año	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152
1	57	112	120	128	136	144	152	160	168	176	184	192	1512
2	40	75	132	138	144	150	156	162	168	174	180	186	1411
3	47	77	136	144	152	160	168	176	184	192	200	208	1411
4	47	80	142	144	146	148	150	152	154	156	158	160	1411
5	47	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
6	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
7	47	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
8	47	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
9	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
10	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
11	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
12	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
13	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
14	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
15	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
16	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
17	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
18	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
19	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
20	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
21	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
22	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
23	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
24	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
25	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
26	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
27	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
28	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
29	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
30	48	85	148	154	160	166	172	178	184	190	196	202	1411
TOTAL	1178	2084	2898	3702	4506	5310	6114	6918	7722	8526	9330	10134	35248
PROG	53	70	99	128	157	186	215	244	273	302	331	360	1178

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA B													
Sector/Subsector		Julio 2011											
Día	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	TOTAL
Año	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152
1	109	144	187	193	199	205	211	217	223	229	235	241	2072
2	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
3	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
4	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
5	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
6	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
7	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
8	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
9	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
10	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
11	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
12	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
13	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
14	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
15	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
16	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
17	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
18	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
19	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
20	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
21	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
22	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
23	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
24	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
25	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
26	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
27	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
28	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
29	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
30	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
TOTAL	4304	5632	7360	7744	8128	8512	8896	9280	9664	10048	10432	10816	35248
PROG	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA C													
Sector/Subsector		Julio 2011											
Día	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	TOTAL
Año	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152
1	109	144	187	193	199	205	211	217	223	229	235	241	2072
2	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
3	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
4	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
5	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
6	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
7	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
8	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
9	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
10	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
11	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
12	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
13	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
14	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
15	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
16	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
17	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
18	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
19	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
20	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
21	143	189	242	248	254	260	266	272	278	284	290	296	2411
22	143	189											

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA A													
Día	Setiembre 2011												
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
1	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138
2	19	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139
3	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
4	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141
5	22	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142
6	23	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143
7	24	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144
8	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
9	26	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146
10	27	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147
11	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148
12	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149
13	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
14	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151
15	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152
16	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153
17	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154
18	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155
19	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146	156
20	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157
21	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158
22	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149	159
23	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
24	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161
25	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152	162
26	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153	163
27	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154	164
28	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165
29	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146	156	166
30	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157	167
31	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158	168
TOTAL	1488	1594	1700	1806	1912	2018	2124	2230	2336	2442	2548	2654	2760
PROM	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA B													
Día	Setiembre 2011												
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
1	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138
2	19	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139
3	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
4	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141
5	22	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142
6	23	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143
7	24	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144
8	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
9	26	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146
10	27	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147
11	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148
12	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149
13	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
14	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151
15	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152
16	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153
17	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154
18	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155
19	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146	156
20	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157
21	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158
22	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149	159
23	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
24	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161
25	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152	162
26	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153	163
27	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154	164
28	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165
29	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146	156	166
30	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157	167
31	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158	168
TOTAL	1488	1594	1700	1806	1912	2018	2124	2230	2336	2442	2548	2654	2760
PROM	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA C													
Día	Setiembre 2011												
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
1	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138
2	19	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139
3	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
4	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141
5	22	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142
6	23	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143
7	24	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144
8	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
9	26	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146
10	27	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147
11	28	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148
12	29	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149
13	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
14	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151
15	32	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152
16	33	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153
17	34	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154
18	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155
19	36	46	56	66	76	86	96	106	116	126	136	146	156
20	37	47	57	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157
21	38	48	58	68	78	88	98	108	118	128	138	148	158
22	39	49	59	69	79	89	99	109	119	129	139	149	159
23	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
24	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161
25	42	52	62	72	82	92	102	112	122	132	142	152	162
26	43	53	63	73	83	93	103	113	123	133	143	153	163
27	44	54	64	74	84	94	104	114	124	134	144	154	164
28	45	55	65	75	85	95	105	115	125				

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA A													
Sector/Superficie (ha)/Volumen (m ³)		OCTUBRE 2011											
Días	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
Area	1.28	2.52	2.76	3.00	3.24	3.48	3.72	3.96	4.20	4.44	4.68	4.92	62.11
1	58	104	201	193	184	176	165	159	147	138	129	120	1841
2	58	162	197	180	160	174	182	175	164	135	133	118	1904
3	47	88	171	154	156	161	158	162	143	117	116	102	1567
4	55	103	199	192	182	178	184	177	169	137	135	119	1826
5	51	95	164	177	169	183	169	185	150	128	124	110	1683
6	47	88	178	180	155	150	156	151	141	116	115	102	1563
7	59	110	214	206	196	189	197	190	178	147	145	129	1981
8	52	95	185	179	170	164	171	165	155	127	126	111	1702
9	51	95	184	177	169	183	170	184	154	126	125	110	1659
10	47	87	169	162	154	149	158	150	141	116	114	101	1548
11	50	94	182	175	169	161	168	162	152	125	125	109	1669
12	47	87	168	162	154	149	155	150	140	116	114	101	1543
13	27	32	37	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
14	45	83	161	155	147	142	146	143	131	110	109	99	1473
15	56	105	203	195	186	180	187	181	169	139	137	122	1960
16	44	87	151	144	137	145	140	131	108	106	94	1430	
17	59	109	212	202	194	187	195	188	178	145	143	127	1938
18	27	32	37	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
19	71	132	255	246	234	228	238	227	210	175	173	153	2340
20	45	84	162	156	149	144	150	145	135	111	110	97	1489
21	55	103	199	191	182	176	183	177	166	136	135	119	1822
22	59	110	213	205	195	188	196	189	177	146	144	127	1940
23	78	144	288	280	256	248	258	249	233	192	189	167	2562
24	85	125	234	224	213	205	215	207	194	160	159	139	2122
25	34	64	123	118	113	109	114	110	100	84	83	74	1128
26	39	72	147	138	132	128	133	128	118	97	96	84	1205
27	63	118	228	220	209	202	211	203	190	157	155	137	2092
28	51	95	183	176	167	162	169	163	153	128	124	110	1677
29	65	121	234	225	214	207	216	208	195	161	159	140	2146
30	60	112	217	209	199	192	200	193	181	140	147	120	1992
31	63	118	228	219	208	201	210	202	190	155	154	139	2058
TOTAL	1651	3074	6385	6727	6446	6286	6490	6297	4963	4034	4032	3566	64524
PROM	53	92	192	185	176	170	177	171	160	132	130	116	1750

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA B													
Sector/Superficie (ha)/Volumen (m ³)		OCTUBRE 2011											
Días	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	TOTAL
Area	6.78	8.31	8.89	9.36	9.83	10.30	10.77	11.24	11.71	12.18	12.65	13.12	85.85
1	200	150	176	141	159	165	145	149	159	167	172	169	181
2	196	150	174	139	156	162	145	156	164	169	184	157	179
3	171	130	151	130	135	141	141	127	135	143	147	150	137
4	190	152	176	140	157	164	144	148	158	166	171	187	153
5	183	140	162	129	145	151	151	137	146	153	157	172	147
6	169	129	150	119	134	139	140	126	135	141	145	159	139
7	219	163	189	150	169	176	176	169	170	176	193	200	171
8	185	142	164	130	147	153	153	138	147	155	159	174	140
9	184	141	163	120	146	152	152	137	146	154	158	173	147
10	189	129	149	118	133	139	139	125	134	141	145	158	135
11	181	129	161	128	144	148	150	135	144	152	156	170	145
12	169	129	149	113	133	138	139	123	134	140	144	155	135
13	95	74	85	66	76	79	82	72	77	81	83	91	77
14	102	123	142	113	127	132	132	120	128	134	139	151	129
15	200	155	179	143	160	167	167	151	161	169	174	190	163
16	158	120	139	110	124	129	129	117	128	131	135	147	125
17	211	161	187	149	167	174	174	167	168	170	181	195	169
18	98	75	87	69	77	81	81	73	78	82	84	92	78
19	235	195	228	179	202	210	210	190	205	213	219	239	204
20	162	124	144	114	128	134	134	121	129	135	139	152	130
21	198	152	176	140	157	163	164	148	159	166	170	186	169
22	212	162	188	149	168	175	175	159	168	177	182	199	170
23	270	213	247	195	221	230	230	208	224	233	240	262	224
24	222	177	208	163	184	191	192	173	185	194	199	218	185
25	132	94	109	86	97	101	101	92	98	103	106	115	99
26	247	183	218	174	195	203	204	184	196	205	212	230	198
27	238	174	202	160	188	199	170	181	190	196	214	183	208
28	193	140	162	129	144	150	151	135	145	153	157	171	148
29	234	179	207	164	185	192	193	174	186	195	201	219	187
30	217	166	192	153	172	178	179	162	173	181	186	204	174
31	227	174	201	160	187	187	169	181	190	195	213	183	207
TOTAL	5939	4541	5261	4181	4689	4893	4901	4427	4723	4963	5103	5578	4761
PROM	192	146	170	135	152	159	159	143	152	160	165	180	154

VOLUMEN TEÓRICO POR MES PARA LA ZONA A													
Sector/Superficie (ha)/Volumen (m ³)		NOVIEMBRE 2011											
Días	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	TOTAL
Area	1.28	2.52	2.76	3.00	3.24	3.48	3.72	3.96	4.20	4.44	4.68	4.92	62.11
1	50	84	162	176	166	161	167	161	151	124	123	109	1662
2	84	119	231	222	211	204	210	205	192	156	156	139	2115
3	57	108	209	188	188	182	190	183	171	141	139	123	1894
4	75	140	271	251	248	240	250	241	228	185	184	162	2488
5	10	15	31	34	32	31	32	31	29	24	24	21	321
6	88	120	245	233	224	217	226	218	204	169	168	147	2342
7	70	105	242	230	222	232	223	209	172	170	150	130	2302
8	69	129	249	240	228	221	230	222	208	171	169	149	2283
9	70	105	242	230	223	232	224	210	173	170	151	130	2304
10	82	115	232	214	203	197	205	198	185	152	151	133	2027
11	55	121	234	225	214	207	216	208	195	160	159	140	2143
12	85	121	234	225	214	207	216	208	195	161	159	140	2145
13	61	113	219	210	200	193	201	194	182	150	149	131	2002
14	77	143	276	266	253	245	255	246	230	189	187	165	2531
15	85	120	233	224	215	206	215	207	194	160	158	140	2135
16	52	115	222	213	203	196	205	197	185	152	150	130	2022
17	85	120	233	224	215	206	215	207	194	160	158	140	2137
18	52	108	210	202	192	185	194	187	175	144	142	125	1924
19	82	118	225	216	206	199	207	200	187	154	152	135	2061
20	75	120	232	221	210	20							

VOLUMEN TEÓRICO POR MES
FORESTACIÓN HUARMEY - ZONA A

MES	Caudal (m ³ /mes) / Sector												TOTAL
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	
ENERO	2635	4719	9140	8760	8359	8086	8435	8120	7617	6289	6192	5473	83733
FEBRERO	2332	4341	8402	8036	7699	7441	7751	7478	7007	5767	5692	5035	77028
MARZO	2098	3962	7553	7268	6911	6688	6967	6721	6298	5194	5117	4520	69236
ABRIL	1875	3118	6039	5806	5529	5344	5567	5371	5039	4142	4098	3618	59323
MAYO	1753,7	2920	4982	4695	4484	4320	4500	4342	4098	3348	3305	2923	44721
JUNIO	1179,2	2094	2956	2780	2631	2512	2631	2480	2297	2061	2025	1724	35248
JULIO	897,73	1529	2590	2446	2307	2218	2298	2193	2067	1830	1804	1572	27113
AGOSTO	885,93	1544	2333	2234	2194	2127	2196	2130	2024	1819	1742	1513	26004
SEPTIEMBRE	1179,2	2195	4253	4090	3898	3764	3920	3782	3554	2917	2870	2547	38994
OCTUBRE	1651,3	3071	5265	5127	5448	5269	5490	5287	4983	4294	4232	3566	54594
NOVIEMBRE	1932,7	3598	5970	5763	6374	6168	6424	6199	5909	4790	4719	4174	63969
DICIEMBRE	2249,1	4144	6923	7720	7342	7105	7421	7140	6900	5906	5435	4808	73546
ENERO	2894,7	4648	8293	8033	8590	8319	8658	8354	7828	6444	6359	5625	84092
FEBRERO	2483	4585	8883	8542	8123	7891	8187	7900	7492	6292	6013	5319	81370
MARZO	2294,3	4271	8274	7957	7668	7342	7647	7359	6995	5675	5401	4955	78997
TOTAL	27223	50982	96324	94979	89398	88841	90174	86985	81972	67109	66229	56997	995531

VOLUMEN TEÓRICO POR MES
FORESTACIÓN HUARMEY - ZONA A

MES	Caudal (m ³ /mes) / Sector												TOTAL
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	9A	10A	11A	12A	
ENERO	82	152	295	294	270	261	272	282	246	202	200	177	2701
FEBRERO	83	155	300	289	275	266	277	267	250	205	203	189	2751
MARZO	68	128	244	234	223	216	225	217	203	167	166	148	2213
ABRIL	59	104	201	194	184	179	186	179	169	138	136	121	1844
MAYO	44	81	157	151	144	139	145	140	131	105	107	94	1483
JUNIO	39	70	99	96	121	117	121	116	110	89	89	78	1175
JULIO	28	49	98	92	87	84	88	85	80	65	65	57	879
AGOSTO	29	53	101	98	93	91	95	90	86	71	69	62	936
SEPTIEMBRE	39	73	142	136	130	125	131	128	118	97	96	85	1299
OCTUBRE	53	99	182	185	176	179	177	171	169	132	130	115	1780
NOVIEMBRE	64	120	232	229	212	206	214	207	194	159	157	139	2128
DICIEMBRE	72	134	259	249	237	229	230	236	216	178	175	165	2372
ENERO	84	159	303	271	271	269	279	259	230	209	205	181	2776
FEBRERO	85	158	308	295	283	274	282	272	255	210	207	183	2808
MARZO	74	138	267	257	244	239	249	237	225	183	181	160	2484
PROMEDIO	80	111	213	207	197	191	198	191	179	148	148	129	1970

VOLUMEN TEÓRICO POR MES
FORESTACIÓN HUARMEY - ZONA B

MES	Caudal (m ³ /mes) / Sector																		TOTAL
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B		
ENERO	9119	8970	8975	8417	7213	7509	7523	6785	7253	7617	7830	8560	7907	8318	7210	6997	8507	129219	
FEBRERO	8384	6412	7429	6963	6635	6908	6920	6251	6672	7007	7206	7876	6722	7692	6635	6437	7828	118871	
MARZO	7536	5763	6676	5368	5964	6039	6220	5619	5907	6298	6477	7079	6042	6876	5964	5786	7034	108847	
ABRIL	6021	4805	5335	4240	4765	4981	4970	4429	4792	5033	5175	5656	4828	5490	4765	4683	5621	89376	
MAYO	4867	3723	4313	3427	3952	4011	4018	3629	3874	4688	4183	4572	3903	4443	3652	3797	4543	69915	
JUNIO	3898	2994	3399	2701	3036	3180	3167	2860	3053	3206	3297	3604	3076	3502	3009	2845	3581	54396	
JULIO	2851	2197	2615	2076	2335	2432	2435	2200	2349	2467	2536	2772	2366	2694	2235	2266	2758	41941	
AGOSTO	2150	2428	2912	2243	2474	2531	2548	2375	2535	2627	2710	2911	2354	2896	2321	2446	2930	44703	
SEPTIEMBRE	4040	3140	3757	2948	3356	3494	3560	3161	3375	3542	3644	3983	3480	3870	3356	3355	3958	60121	
OCTUBRE	5918	4541	5281	4181	4899	4993	4901	4427	4723	4983	5103	5578	4781	5420	4699	4559	5549	84199	
NOVIEMBRE	6949	6315	6159	4863	5590	5728	5736	5161	5528	5838	5973	6528	5572	6343	5900	6325	6497	89524	
DICIEMBRE	8006	6122	7093	6635	6335	6596	6607	5968	6371	6620	6811	7219	6418	7300	6335	6146	7472	111459	
ENERO	9260	7193	8289	6595	7412	7717	7731	6993	7454	7828	8050	8798	7509	8548	7412	7101	8742	132798	
FEBRERO	8858	6773	7848	6825	7059	7287	7510	6603	7048	7401	7812	8319	7101	8083	7039	6789	8267	125373	
MARZO	8250	6059	7310	5869	6529	6737	6810	6151	6568	6935	7090	7740	6614	7539	6520	6334	7701	116972	
TOTAL	87463	74658	88382	68609	77118	80201	80397	72491	77589	81481	83773	91003	79172	89978	77182	74655	90971	1382612	

VOLUMEN TEÓRICO POR MES
FORESTACIÓN HUARMEY - ZONA B

MES	Caudal (m ³ /mes) / Sector																		TOTAL
	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B		
ENERO	294	325	290	297	223	242	243	219	234	246	253	278	224	268	223	229	274	4188	
FEBRERO	289	229	265	211	237	247	247	223	234	250	257	281	240	273	237	230	279	4245	
MARZO	243	185	215	171	192	200	201	191	193	203	209	228	196	222	192	187	227	3447	
ABRIL	201	154	179	141	159	165	168	150	160	169	173	189	161	183	159	154	187	2849	
MAYO	157	120	139	111	124	129	130	117	125	131	135	147	126	148	124	121	147	2228	
JUNIO	128	88	113	90	101	105	108	85	102	107	110	120	109	117	101	88	119	1813	
JULIO	85	73	84	67	75	78	79	71	76	80	82	89	76	87	78	78	89	1350	
AGOSTO	102	78	91	72	80	84	82	77	82	85	88	94	82	90	81	79	95	1644	
SEPTIEMBRE	141	108	125	100	112	118	117	105	112	118	121	133	113	129	112	109	132	2004	
OCTUBRE	192	146	170	139	152	158	159	143	152	160	165	180	154	178	152	147	179	2718	
NOVIEMBRE	232	177	205	169	183	191	191	173	184	194	199	218	186	211	189	178	216	3204	
DICIEMBRE	265	197	229	185	204	213	213	193	205	216	222	243	207	236	204	195	241	3681	
ENERO	302	331	302	319	239	249	249	225	240	253	260	284	242	278	239	232	282	4594	
FEBRERO	305	234	271	216	246	252	252	229	240	255	264	287	245	278	248	234	285	4320	
MARZO	265	204	259	187	211	219	220	198	212	222	229	250	213	243	211	204	248	3772	
PROMEDIO	214	184	190	151	170	177	177	160	171	179	184	201	172	188	170	165	200	3028	

ANEXO N° 03

**Volúmenes de Agua Enviados a la Forestación
periodo Enero 2011 Hacia Marzo 2012**

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

ENERO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/01/2011	2912	3092	6004
02/01/2011	3020	2959	5979
03/01/2011	0	0	0
04/01/2011	1121	1216	2337
05/01/2011	597	813	1410
06/01/2011	2275	2299	4574
07/01/2011	3120	3131	6251
08/01/2011	3083	3235	6318
09/01/2011	3110	3078	6188
10/01/2011	3112	3088	6200
11/01/2011	3094	2942	6036
12/01/2011	3161	2902	6063
13/01/2011	2927	2966	5893
14/01/2011	3024	3030	6054
15/01/2011	3175	3085	6260
16/01/2011	3055	3081	6136
17/01/2011	3035	3072	6107
18/01/2011	3045	3151	6196
19/01/2011	3155	3293	6448
20/01/2011	3009	3018	6027
21/01/2011	3184	3300	6484
22/01/2011	3207	3393	6600
23/01/2011	3010	3236	6246
24/01/2011	2896	3139	6035
25/01/2011	3065	3340	6405
26/01/2011	3103	3031	6134
27/01/2011	3336	2925	6261
28/01/2011	3658	3192	6850
29/01/2011	3572	3413	6985
30/01/2011	3292	3319	6611
31/01/2011	3038	2900	5938
TOTALES	88391	88639	177030

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

FEBRERO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/02/2011	3178	3089	6267
02/02/2011	3755	2357	6112
03/02/2011	3446	3103	6549
04/02/2011	3521	3337	6858
05/02/2011	3418	3550	6968
06/02/2011	3214	3312	6526
07/02/2011	3376	3389	6765
08/02/2011	3404	3682	7086
09/02/2011	3412	3369	6781
10/02/2011	3209	3026	6235
11/02/2011	3254	3442	6696
12/02/2011	3146	3367	6513
13/02/2011	3029	3227	6256
14/02/2011	2876	3097	5973
15/02/2011	2996	2967	5963
16/02/2011	2582	2640	5222
17/02/2011	2035	2589	4624
18/02/2011	1938	2591	4529
19/02/2011	1379	2482	3861
20/02/2011	1360	1936	3296
21/02/2011	1580	1953	3533
22/02/2011	882	1049	1931
23/02/2011	1639	3151	4790
24/02/2011	0	2758	2758
25/02/2011	923	2442	3365
26/02/2011	2333	2396	4729
27/02/2011	2047	1880	3927
28/02/2011	1981	2429	4410
TOTALES	69913	78610	148523

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

MARZO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/03/2011	2141	1600	3741
02/03/2011	2235	0	2235
03/03/2011	2184	1642	3826
04/03/2011	1295	2372	3667
05/03/2011	0	2971	2971
06/03/2011	0	2449	2449
07/03/2011	0	2811	2811
08/03/2011	0	2959	2959
09/03/2011	0	2551	2551
10/03/2011	0	2784	2784
11/03/2011	0	2525	2525
12/03/2011	1924	3124	5048
13/03/2011	1206	2758	3964
14/03/2011	3195	3319	6514
15/03/2011	3531	3466	6997
16/03/2011	3484	3407	6891
17/03/2011	3498	3091	6589
18/03/2011	3575	3188	6763
19/03/2011	3340	3427	6767
20/03/2011	2308	2021	4329
21/03/2011	1961	2096	4057
22/03/2011	3324	3586	6910
23/03/2011	3054	3268	6322
24/03/2011	1104	3080	4184
25/03/2011	896	2922	3818
26/03/2011	0	3203	3203
27/03/2011	0	2443	2443
28/03/2011	1547	1562	3109
29/03/2011	3538	3437	6975
30/03/2011	3551	3048	6599
31/03/2011	3407	3204	6611
TOTALES	56298	84314	140612

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

ABRIL 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/04/2011	3477	3194	6671
02/04/2011	3448	2997	6445
03/04/2011	3348	1368	4716
04/04/2011	3384	2597	5981
05/04/2011	3120	3450	6570
06/04/2011	2483	3479	5962
07/04/2011	1747	2857	4604
08/04/2011	3056	3187	6243
09/04/2011	3263	3109	6372
10/04/2011	3971	1288	5259
11/04/2011	3375	2540	5915
12/04/2011	3141	3193	6334
13/04/2011	3329	2947	6276
14/04/2011	2975	2976	5951
15/04/2011	2833	3137	5970
16/04/2011	2611	2342	4953
17/04/2011	2465	2388	4853
18/04/2011	2213	2967	5180
19/04/2011	3150	3206	6356
20/04/2011	3523	2775	6298
21/04/2011	2859	2769	5628
22/04/2011	2786	3009	5795
23/04/2011	3261	2927	6188
24/04/2011	3537	2745	6282
25/04/2011	3370	2950	6320
26/04/2011	3169	3165	6334
27/04/2011	2567	2919	5486
28/04/2011	2812	2828	5640
29/04/2011	2882	3059	5941
30/04/2011	3086	3071	6157
TOTALES	91241	85439	176680

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

MAYO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/05/2011	2830	2837	5667
02/05/2011	3060	2923	5983
03/05/2011	3063	3169	6232
04/05/2011	2636	2542	5178
05/05/2011	1639	1799	3438
06/05/2011	1983	1940	3923
07/05/2011	1601	1824	3425
08/05/2011	645	710	1355
09/05/2011	2285	2294	4579
10/05/2011	2844	3047	5891
11/05/2011	3056	3094	6150
12/05/2011	2561	2661	5222
13/05/2011	2355	2455	4810
14/05/2011	2120	1730	3850
15/05/2011	2125	0	2125
16/05/2011	2428	2262	4690
17/05/2011	2346	2996	5342
18/05/2011	2289	2968	5257
19/05/2011	2658	2636	5294
20/05/2011	2369	2537	4906
21/05/2011	1994	1571	3565
22/05/2011	0	0	0
23/05/2011	2385	2257	4642
24/05/2011	2429	3273	5702
25/05/2011	2275	3075	5350
26/05/2011	2551	2095	4646
27/05/2011	1480	1668	3148
28/05/2011	1397	1743	3140
29/05/2011	1801	0	1801
30/05/2011	2507	2286	4793
31/05/2011	2382	3057	5439
TOTALES	68094	67449	135543

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

JUNIO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/06/2011	1223	3025	4248
02/06/2011	0	2587	2587
03/06/2011	2395	3221	5616
04/06/2011	1883	1336	3219
05/06/2011	0	0	0
06/06/2011	1902	1905	3807
07/06/2011	1612	2322	3934
08/06/2011	1664	0	1664
09/06/2011	1594	850	2444
10/06/2011	1690	2413	4103
11/06/2011	1645	1814	3459
12/06/2011	0	1562	1562
13/06/2011	1886	2195	4081
14/06/2011	1664	1883	3547
15/06/2011	1685	1524	3209
16/06/2011	1461	1645	3106
17/06/2011	1599	2325	3924
18/06/2011	772	908	1680
19/06/2011	1583	0	1583
20/06/2011	1530	2171	3701
21/06/2011	1687	1888	3575
22/06/2011	1587	1590	3177
23/06/2011	1515	1470	2985
24/06/2011	1641	2166	3807
25/06/2011	1026	1282	2308
26/06/2011	0	0	0
27/06/2011	1709	2034	3743
28/06/2011	1510	1840	3350
29/06/2011	1624	1580	3204
30/06/2011	1450	1404	2854
TOTALES	41537	48940	90477

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

JULIO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/07/2011	1546	1804	3350
02/07/2011	878	1188	2066
03/07/2011	0	0	0
04/07/2011	1742	2421	4163
05/07/2011	1695	1992	3687
06/07/2011	1758	1754	3512
07/07/2011	1540	1506	3046
08/07/2011	1540	2298	3838
09/07/2011	902	1378	2280
10/07/2011	0	0	0
11/07/2011	1551	2271	3822
12/07/2011	1731	1930	3661
13/07/2011	1667	1650	3317
14/07/2011	1535	1484	3019
15/07/2011	2169	2381	4550
16/07/2011	1735	1062	2797
17/07/2011	0	0	0
18/07/2011	1291	2057	3348
19/07/2011	1666	1985	3651
20/07/2011	1719	1774	3493
21/07/2011	1550	1587	3137
22/07/2011	1531	2345	3876
23/07/2011	1054	1053	2107
24/07/2011	0	0	0
25/07/2011	1752	2197	3949
26/07/2011	1609	1921	3530
27/07/2011	1756	1639	3395
28/07/2011	1472	1444	2916
29/07/2011	1772	2423	4195
30/07/2011	915	1350	2265
31/07/2011	1610	1656	3266
TOTALES	41686	48550	90236

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

AGOSTO 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/08/2011	1728	2236	3964
02/08/2011	1693	1973	3666
03/08/2011	1744	1658	3402
04/08/2011	1549	1489	3038
05/08/2011	2114	2489	4603
06/08/2011	3001	3120	6121
07/08/2011	3176	3097	6273
08/08/2011	3063	2956	6019
09/08/2011	3093	3108	6201
10/08/2011	2948	3134	6082
11/08/2011	2991	2949	5940
12/08/2011	2930	2885	5815
13/08/2011	2870	2665	5535
14/08/2011	636	481	1117
15/08/2011	0	0	0
16/08/2011	0	0	0
17/08/2011	0	0	0
18/08/2011	0	0	0
19/08/2011	0	0	0
20/08/2011	0	0	0
21/08/2011	0	0	0
22/08/2011	0	0	0
23/08/2011	0	0	0
24/08/2011	667	0	667
25/08/2011	1385	176	1561
26/08/2011	1388	1345	2733
27/08/2011	2561	2604	5165
28/08/2011	2307	2053	4360
29/08/2011	2228	2062	4290
30/08/2011	2408	2161	4569
31/08/2011	1943	2216	4159
TOTALES	48423	46857	95280

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

SETIEMBRE 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/09/2011	2111	2949	5060
02/09/2011	2080	3565	5645
03/09/2011	1687	2360	4047
04/09/2011	0	0	0
05/09/2011	1541	1608	3149
06/09/2011	1737	2028	3765
07/09/2011	1698	2893	4591
08/09/2011	1355	2383	3738
09/09/2011	1530	2218	3748
10/09/2011	1499	2396	3895
11/09/2011	0	0	0
12/09/2011	1618	2312	3930
13/09/2011	1607	2647	4254
14/09/2011	1587	2414	4001
15/09/2011	1582	2639	4221
16/09/2011	1693	3040	4733
17/09/2011	1611	3233	4844
18/09/2011	0	606	606
19/09/2011	1755	2271	4026
20/09/2011	1490	2437	3927
21/09/2011	2344	2502	4846
22/09/2011	2636	2886	5522
23/09/2011	1866	2972	4838
24/09/2011	1701	3161	4862
25/09/2011	0	0	0
26/09/2011	1023	2064	3087
27/09/2011	1673	2568	4241
28/09/2011	2159	3224	5383
29/09/2011	2397	2898	5295
30/09/2011	2138	2933	5071
TOTALES	46118	69207	115325

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

OCTUBRE 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/10/2011	2356	2837	5193
02/10/2011	463	731	1194
03/10/2011	1700	2389	4089
04/10/2011	1590	2334	3924
05/10/2011	2501	2397	4898
06/10/2011	3318	2959	6277
07/10/2011	3152	3050	6202
08/10/2011	838	632	1470
09/10/2011	1926	2299	4225
10/10/2011	2590	3095	5685
11/10/2011	1754	2369	4123
12/10/2011	2561	2649	5210
13/10/2011	2530	3145	5675
14/10/2011	2048	2952	5000
15/10/2011	2242	3148	5390
16/10/2011	351	689	1040
17/10/2011	1841	2547	4388
18/10/2011	1928	2325	4253
19/10/2011	2321	2253	4574
20/10/2011	2557	2841	5398
21/10/2011	2046	3014	5060
22/10/2011	2363	3226	5589
23/10/2011	2306	2360	4666
24/10/2011	1801	2423	4224
25/10/2011	1838	2484	4322
26/10/2011	2524	2625	5149
27/10/2011	2539	3056	5595
28/10/2011	1969	3642	5611
29/10/2011	2252	2444	4696
30/10/2011	1784	2152	3936
31/10/2011	1721	1897	3618
TOTALES	63710	76964	140674

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

NOVIEMBRE 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/11/2011	1873	2563	4436
02/11/2011	1812	1921	3733
03/11/2011	2037	2368	4405
04/11/2011	1178	4019	5197
05/11/2011	2218	3390	5608
06/11/2011	2544	1834	4378
07/11/2011	2317	2278	4595
08/11/2011	2784	2749	5533
09/11/2011	2687	2408	5095
10/11/2011	2182	2278	4460
11/11/2011	3061	3253	6314
12/11/2011	2184	3192	5376
13/11/2011	2382	3095	5477
14/11/2011	2341	1684	4025
15/11/2011	2848	2990	5838
16/11/2011	2734	2331	5065
17/11/2011	2298	2306	4604
18/11/2011	2715	3288	6003
19/11/2011	2281	3256	5537
20/11/2011	2281	3256	5537
21/11/2011	2302	2401	4703
22/11/2011	2972	3318	6290
23/11/2011	2326	2065	4391
24/11/2011	2412	2411	4823
25/11/2011	2658	3311	5969
26/11/2011	2324	3290	5614
27/11/2011	2508	2469	4977
28/11/2011	2431	2365	4796
29/11/2011	2504	3216	5720
30/11/2011	2415	2214	4629
TOTALES	71609	81519	153128

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

DICIEMBRE 2011

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/12/2011	2005	2304	4309
02/12/2011	2336	3078	5414
03/12/2011	2083	3118	5201
04/12/2011	1978	2854	4832
05/12/2011	2130	2470	4600
06/12/2011	1500	2643	4143
07/12/2011	0	1760	1760
08/12/2011	0	1933	1933
09/12/2011	2251	2530	4781
10/12/2011	3111	2766	5877
11/12/2011	2333	1764	4097
12/12/2011	2142	1688	3830
13/12/2011	2659	0	2659
14/12/2011	2731	0	2731
15/12/2011	2562	1855	4417
16/12/2011	2152	1528	3680
17/12/2011	2351	1930	4281
18/12/2011	2369	1253	3622
19/12/2011	2519	2555	5074
20/12/2011	2355	2454	4809
21/12/2011	2469	2641	5110
22/12/2011	2476	2305	4781
23/12/2011	1386	1636	3022
24/12/2011	0	0	0
25/12/2011	0	0	0
26/12/2011	1857	1651	3508
27/12/2011	2716	2781	5497
28/12/2011	2588	2475	5063
29/12/2011	2682	2379	5061
30/12/2011	2958	2249	5207
31/12/2011	2762	2625	5387
TOTALES	63461	61225	124686

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

ENERO 2012

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/01/2012	2596	1638	4234
02/01/2012	3026	2743	5769
03/01/2012	2739	2161	4900
04/01/2012	3101	2683	5784
05/01/2012	2959	2752	5711
06/01/2012	3151	2873	6024
07/01/2012	3035	3094	6129
08/01/2012	2541	2391	4932
09/01/2012	3323	2832	6155
10/01/2012	3115	2711	5826
11/01/2012	3275	2615	5890
12/01/2012	3077	2888	5965
13/01/2012	3156	2988	6144
14/01/2012	3103	3111	6214
15/01/2012	2971	2888	5859
16/01/2012	2824	3019	5843
17/01/2012	2916	3120	6036
18/01/2012	2983	3026	6009
19/01/2012	2951	2808	5759
20/01/2012	2967	3100	6067
21/01/2012	3082	3301	6383
22/01/2012	2871	2917	5788
23/01/2012	3223	3089	6312
24/01/2012	2941	3085	6026
25/01/2012	3202	3149	6351
26/01/2012	3105	2979	6084
27/01/2012	3036	3051	6087
28/01/2012	3026	3085	6111
29/01/2012	2568	2928	5496
30/01/2012	3118	3183	6301
31/01/2012	2812	2529	5341
TOTALES	92793	88737	181530

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

FEBRERO 2012

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/02/2012	2503	2548	5051
02/02/2012	3037	3053	6090
03/02/2012	3099	3067	6166
04/02/2012	3039	3307	6346
05/02/2012	2859	2823	5682
06/02/2012	3243	3223	6466
07/02/2012	3133	3257	6390
08/02/2012	3139	3150	6289
09/02/2012	3117	3178	6295
10/02/2012	3379	1775	5154
11/02/2012	3331	1448	4779
12/02/2012	2909	1215	4124
13/02/2012	2989	1886	4875
14/02/2012	3150	3208	6358
15/02/2012	3018	2778	5796
16/02/2012	3048	3320	6368
17/02/2012	3042	2963	6005
18/02/2012	3240	3122	6362
19/02/2012	3063	3438	6501
20/02/2012	3011	3224	6235
21/02/2012	3181	3009	6190
22/02/2012	1189	1090	2279
23/02/2012	2814	2831	5645
24/02/2012	3208	2809	6017
25/02/2012	3222	3328	6550
26/02/2012	2893	2529	5422
27/02/2012	2997	2984	5981
28/02/2012	3099	3138	6237
29/02/2012	2550	2701	5251
TOTALES	86502	80402	166904

**VOLUMENES DE AGUA ENVIADOS
A LA FORESTACION**

MARZO 2012

FECHA	Caudal Evacuado		TOTAL Evacuado m ³
	Zona A	Zona B	
01/03/2012	3099	3250	6349
02/03/2012	1970	2116	4086
03/03/2012	2937	3605	6542
04/03/2012	2859	3431	6290
05/03/2012	3003	3158	6161
06/03/2012	3165	2863	6028
07/03/2012	2958	3053	6011
08/03/2012	3036	2985	6021
09/03/2012	3190	2971	6161
10/03/2012	3133	3145	6278
11/03/2012	3037	3119	6156
12/03/2012	3003	3191	6194
13/03/2012	3165	3383	6548
14/03/2012	2958	3257	6215
15/03/2012	3099	3184	6283
16/03/2012	3209	3448	6657
17/03/2012	2937	3605	6542
18/03/2012	2859	3431	6290
19/03/2012	3003	3257	6260
20/03/2012	3165	3454	6619
21/03/2012	2958	3325	6283
22/03/2012	3099	3250	6349
23/03/2012	3209	3448	6657
24/03/2012	2907	3568	6475
25/03/2012	2830	3395	6225
26/03/2012	2973	3223	6196
27/03/2012	3165	3383	6548
28/03/2012	2958	3257	6215
29/03/2012	3099	3151	6250
30/03/2012	3209	3343	6552
31/03/2012	2937	3494	6431
TOTALES	93129	100743	193872

ANEXO N° 04

Resultados del Análisis de Suelos y Análisis Foliar Forestación de PPL (Año 2003 y año 2008)

RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR DE LA FORESTACION DE PPL

I. ANALISIS DE SUELOS

En los Cuadros 01 y 02 presentamos el resumen de los análisis de suelos realizados en el año 2003 (primer análisis) y el análisis realizado el año 2008 (último análisis), estos análisis se realizaba anualmente, pero para efectos comparativos en el presente informe de tesis presento el primer y último análisis con la finalidad de comparar el avance en los parámetros analizados.

A partir del año 2009 como parte contractual se decidió realizar el análisis de suelos cada 3 años.

Cuadro N°01: Resultados Análisis de Suelos Año 20 03

Parámetro	Unidad	Sector / N° Laboratorio							
		2A	7A	12A	1B	4B	13B	15B	17B
		2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156
Análisis Físicos									
A	%	90	94	94	92	94	86	82	92
L	%	6	4	4	6	4	10	16	6
A	%	4	2	2	2	2	4	2	2
Clase Textural	-	a	a	a	A	a	aF	aF	a
Análisis Químicos									
PH	-	8,2	8,1	8,1	7,9	8,1	8	7,9	7,7
CE	dS/m	4,5	3,18	3,9	3,56	3,14	6,12	16,6	8,16
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	2,9	4,3	3,5	4,2	5,3	5,4	6,5	3,5
Materia Orgánica (MO)	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
N Total	%	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fósforo (P)	ppm	2,0	4,5	3,7	7,7	2,9	2,1	2,9	2,9
Potasio (K)	ppm	297	169	196	262	149	328	799	161
Cationes de Intercambio									
Ca ⁺²	meq/100g	6,09	2,54	2,07	1,65	2,14	5,18	8,61	1,56
Mg ⁺²	meq/100g	1,49	0,28	0,42	0,5	0,48	1,18	2,03	0,95
K ⁺	meq/100g	0,69	0,31	0,36	0,54	0,29	0,56	1,7	0,32
Na ⁺	meq/100g	0,52	0,39	0,52	0,52	0,46	0,44	1,91	0,53
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	8,8	3,52	3,36	3,2	3,36	7,36	14,24	3,36

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados entregados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Cuadro N° 02: Resultados Análisis de Suelos Año 20 08

Parámetro	Unidad	Sector / N° Laboratorio							
		2A	7A	12A	1B	4B	13B	15B	17B
		10730	10732	10733	10729	10731	10734	10735	10736
Análisis Físicos									
A	%	94	94	90	94	96	92	92	90
L	%	4	4	8	4	4	6	6	8
A	%	2	2	2	2	0	2	2	2
Clase Textural		a	a	a	a	a	a	a	a
Análisis Químicos									
PH	-	7,71	7,69	7,80	7,31	7,87	7,81	7,59	7,52
CE	dS/m	5,42	3,20	3,13	4,41	3,85	4,15	4,05	2,95
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	%	2,4	4,3	3,2	3,4	5,4	3,8	6,2	5,0
Materia Orgánica (MO)	%	0,9	0,6	0,8	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4
Fósforo (P)	ppm	1,3	2,2	2,1	9,8	0,8	1,3	2,0	1,4
Potasio (K)	ppm	312	99	234	317	322	364	398	274
Boro (B)	ppm	9,3	0,6	2,9	4,4	0,5	0,4	0,7	3,8
Cationes de Intercambio									
Ca ⁺²	meq/100g	3,23	1,43	1,58	2,95	2,18	2,88	5,66	2,32
Mg ⁺²	meq/100g	0,42	0,20	0,28	0,45	0,35	0,45	0,47	0,28
K ⁺	meq/100g	0,82	0,63	0,72	0,88	0,91	0,80	0,89	0,70
Na ⁺	meq/100g	0,33	0,30	0,30	0,52	0,56	0,35	0,50	0,38
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	meq/100g	4,80	2,56	2,88	4,80	4,00	4,48	7,52	3,68

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados entregados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

De los **Cuadros 01 y 02** podemos indicar los siguientes resultados: La clase textural de los suelos de la forestación corresponde a arenosa (a). De acuerdo a los estándares propuestos en el cuadro N° 16 del presente trabajo de investigación, el pH de los suelos de la forestación en el lapso de 6 años varió de moderadamente alcalino (rango entre 7.9 a 8.4) a ligeramente alcalino (rango entre 7.31 y 7.81).

Respecto a los valores de conductividad estos suelos van entre Ligeramente salinos y Moderadamente salinos.

Se observa un aumento generalizado en los niveles de materia orgánica para los puntos de monitoreo de las Zonas A y B, respecto de años anteriores, no obstante que dichos niveles corresponden a categorías de suelo bajos en este parámetro.

Para la Zona A, los niveles de materia orgánica variaron entre 0,6 y 0,9%, mientras que en la Zona B, la variación de niveles de este parámetro, fue entre 0,3 y 0,5%.

Respecto a los niveles de P disponible en suelos en el año 2008 se muestra valores que van entre 1,3 y 2,2 ppm para la Zona A y entre 0,8 y 9,8 ppm para la Zona B, debido al programa de fertilización realizado. Todos los valores de P disponible resultantes del análisis de suelo de ambas Zonas de la forestación, se encuentran en categoría Bajo a excepción del sector 1B con 9,8 ppm de P disponible, se encuentra en categoría de disponibilidad Media.

Los resultados de monitoreo de K disponible en el año 2008, muestran valores similares respecto de años anteriores, a excepción del Sector 15B, el que muestra un importante descenso de este parámetro, pero quedando en niveles cercanos al resto de los puntos analizados en la forestación. De esta forma, los niveles de este parámetro se encuentran entre una categoría de disponibilidad entre Media y Alta.

Los registros de análisis de cationes solubles en el caso del Ca^{+2} en suelos de la Zona A, muestran que éste se encuentra en rangos de disponibilidad Muy Bajos (7A y 12A) a Bajos (2A). Para la Zona B, los valores de Ca^{+2} en el suelo, se encuentran mayoritariamente en el rango de disponibilidad Bajo (1B, 4B, 13B y 17B), mientras que el sector 15B muestra valores de Ca^{+2} en un rango de disponibilidad Medio. Los valores de Mg^{+2} para el año 2008, en los puntos de monitoreo de la Zona A, se encuentran en rangos de disponibilidad Muy Bajo, al igual que los valores observados en la Zona B. En términos generales, en ambas zonas de la forestación se observaron menores niveles de Mg^{+2} respecto del año 2003.

Los valores de K^{+} intercambiable muestran un aumento, ya que en todos los sectores analizados, tanto en la Zona A como B, este parámetro se encuentra en un rango de disponibilidad Alto, variando entre 0,63 y 0,91 meq/ 100g.

Los valores de Na^{+} intercambiable en el año 2008, muestran que los sectores analizados en la Zona A se encuentran en categoría Bajo (alrededor de 0,3 meq/100g), al igual que en años anteriores. En la Zona B, los Sectores 13B (0,35 meq/100 g) y 17B (0,38 meq/100 g) y 15B (0,50 meq/100 g) muestran disponibilidad

Baja de Na⁺, mientras que los sectores 1B (0,52 meq/100 g) y 4B (0,56 meq/100 g) muestran disponibilidad Media.

II. ANALISIS FOLIAR.

En los Cuadros 03 y 04 se presenta el resumen comparativo del análisis foliar para las especies de Algarrobo, eucalipto y acacia saligna. Pero para efectos comparativos en el presente informe de tesis presento el primer y último análisis con la finalidad de comparar el avance en los parámetros analizados.

Cuadro N° 25: Resultados Análisis Foliar - Fecha de Muestreo 29 de Mayo del 2003

Muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	M.S.	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	Pp m	ppm
Algarrobo Malo	2,52	0,14	2,55	1,35	0,27	0,28	0,27	2,52	26	10	157	327	96
Algarrobo Bueno	2,57	0,14	2,01	3,60	0,46	0,27	0,16	2,57	34	17	396	904	110
Eucalipto	1,56	0,07	1,16	1,05	0,29	0,15	0,64	1,56	18	2	328	572	195
Acacia saligna	2,10	0,09	1,50	3,70	0,59	0,58	0,17	2,10	23	4	231	588	126

Cuadro N° 26. Resultados Análisis Foliar - Fecha de Muestreo 27 de Marzo del 2008

Muestra	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	M.S.	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Acacia saligna 15B	2,77	0,09	1,05	1,82	0,27	0,47	0,38	37,44	29	13	262	238	122
Algarrobo 4B	3,72	0,21	1,83	0,72	0,20	0,22	0,09	31,48	38	17	66	145	113
Eucalipto 13B	2,49	0,08	0,93	1,35	0,20	0,26	0,39	44,77	28	10	480	207	161

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados entregados por el Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas, Plantas y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

De la información presentada en los cuadros 03 y 04 y de acuerdo a los valores estándares de contenido de elementos minerales de las plantas, se presenta los siguientes cuadros 05 y 06, resumen de los resultados del análisis foliar.

Cuadro N° 05: Análisis foliar en Punta Lobitos, con paración con estándares de contenidos de elementos minerales en plantas, 29 de Mayo de 2003

Muestra	Algarrobo Malo	Algarrobo Bueno	Eucalipto	Acacia saligna
N	Suficiente	Suficiente	Deficiente	Suficiente
P	Suficiente	Suficiente	Deficiente	Deficiente
K	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Ca	Deficiente	Suficiente	Deficiente	Suficiente
Mg	Deficiente a suficiente	Deficiente a suficiente	Deficiente a suficiente	Suficiente
S	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Zn	Suficiente	Suficiente	Deficiente	Suficiente
Cu	Suficiente	Suficiente	Deficiente	Deficiente
Mn	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Fe	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente
B	Suficiente	Suficiente	Suficiente	Suficiente

Cuadro N° 06: Análisis foliar en Punta Lobitos, con paración con estándares de contenidos de elementos minerales en plantas, 27 de Marzo de 2008

Muestra	Algarrobo 4B	Eucalipto 13B	Acacia saligna 15B
N	Suficiente a Excesivo	Suficiente	Suficiente
P	Suficiente	Deficiente	Deficiente
K	Suficiente	Deficiente a Suficiente	Suficiente
Ca	Deficiente	Deficiente a Suficiente	Deficiente a Suficiente
Mg	Deficiente	Deficiente	Deficiente a Suficiente
S	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Zn	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Cu	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Mn	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Fe	Suficiente	Suficiente	Suficiente
B	Suficiente a Excesivo	Suficiente a Excesivo	Suficiente a Excesivo

Fuente: Elaboración propia.

Según los cuadros 05 y 06 se resume lo siguiente: Que el Ca y Mg es deficiente para el algarrobo, eucalipto y acacia, el P es deficiente en eucalipto y acacia, el K es deficiente solamente en el eucalipto, el N que es suficiente a excesivo en el algarrobo y el boro que es suficiente a excesivo para las 3 especies.

ANEXO N° 05
Presupuesto y Financiamiento

I. PRESUPUESTO DE L TESIS

Cuadro Nº 01
Presupuesto del proyecto de investigación

RUBROS	UNIDAD	CANT.	COSTO UNIT. (S/.)	COSTO PARC. (S/.)
1. Remuneración				2 000.00
✓ Honorarios Asesores(Dos)	Mes	2	600	1200.00
✓ Honorarios personal de apoyo	Mes	2	400.00	800.00
2. Equipos				3 000.00
✓ Computadora	Unidad	1	2000.00	2000.00
✓ GPS	Unidad	1	600.00	600.00
✓ Cámara digital	Unidad	1	400.00	400.00
3. Materiales				1 414.00
✓ Libreta de campo	Unidad	2	5.00	10.00
✓ Elaboración de formatos diversos	Unidad	50	1.00	50.00
✓ Fotocopias	Global	500	0.10	50.00
✓ Útiles de escritorio	Global	1	200.00	200.00
✓ CDs	Unidad	12	2.00	24.00
✓ Lampas	Unidad	2	120.00	120.00
✓ Machetes	Unidad	2	60	120.00
✓ Tijera de podar	Unidad	1	400.00	400.00
✓ Wincha	Unidad	2	20.00	40.00
✓ EPPs (Equipo de protección personal).	Global	1	400.00	400.00
4. Insumos				600.00
✓ Internet	Global	1	200.00	200.00
✓ Energía eléctrica	Global	1	200.00	200.00
✓ Fertilizantes	Global	1	200.00	200.00
5. Servicios				8 500.00
✓ Típeo (informe y formatos.	Hoja	500	0.50	250.00
✓ Impresión (informe y formatos, etc.)	Hoja	500	0.50	250.00
✓ Imágenes satelitales forestación PPL	Lamina	20	50.00	1000.00
✓ Viáticos Tesista (Alimentación, hospedaje, pasajes, etc.)	Mes	7	1 000.00	7000.00
TOTAL COSTO PARCIAL				15 514.00
IMPREVISTOS (5% del costo parcial)				775.70
COSTO TOTAL				
Nuevos Soles			S/.	16 289.70
Dólares Americanos (T.C 1\$ = S/.			\$	5 817.75
2.80)				

1.1. Financiamiento

El presente proyecto de investigación es financiado parcialmente por la **Empresa CICA INGENIEROS CONSULTORES PERU SAC**, Empresa que está a cargo del mantenimiento de la forestación en su conjunto y de la operación y mantenimiento del sistema de riego, cuya sede es en la Provincia de Huarmey – Departamento de Ancash. El porcentaje de participación de ambos responsables del proyecto es de acuerdo a lo indicado en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 02
Financiamiento del proyecto de investigación

Entidad Financiadora	Tesista
60.00%	40.00%
S/.9 773.82	S/. 6 515.88

ANEXO FOTOGRAFICO

INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO



Foto 1. Sistema de riego por instalado donde se puede apreciar las mangueras de polietileno y los microaspersores.



Foto 2. Imagen donde se puede apreciar el sistema de riego en funcionamiento, para el lavado de sales.



Foto 3. Otra imagen donde se puede observar el sistema de riego en pleno funcionamiento.

FASE DE PRODUCCION DE PLANTONES

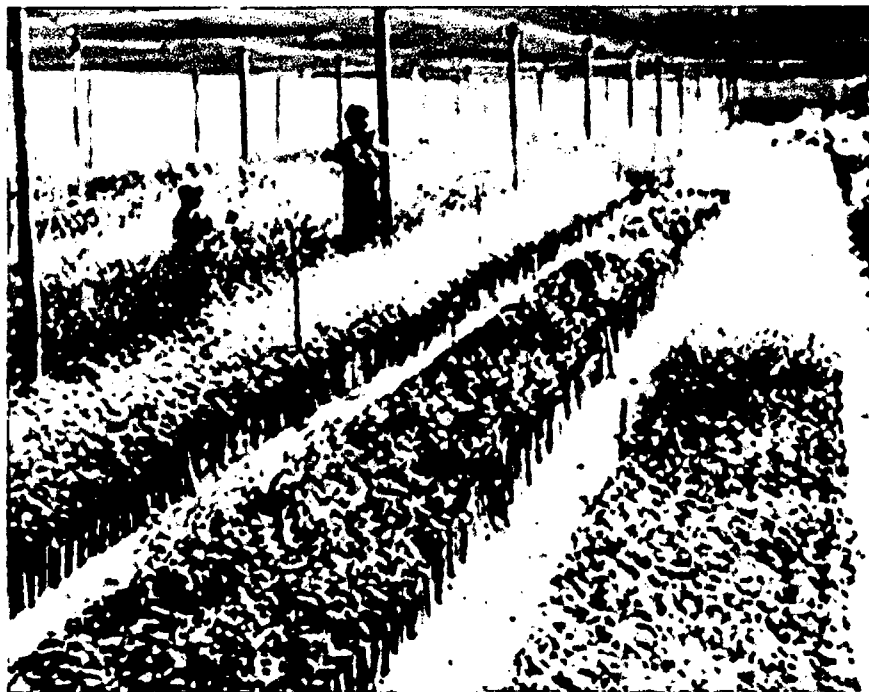


Foto 4. Producción de plantones de Acacia eucaliptos, casuarina, tamarix, molle, mioporos, algarrobos, palo verde, huarango, etc. Para la instalación de la forestación de PPL.

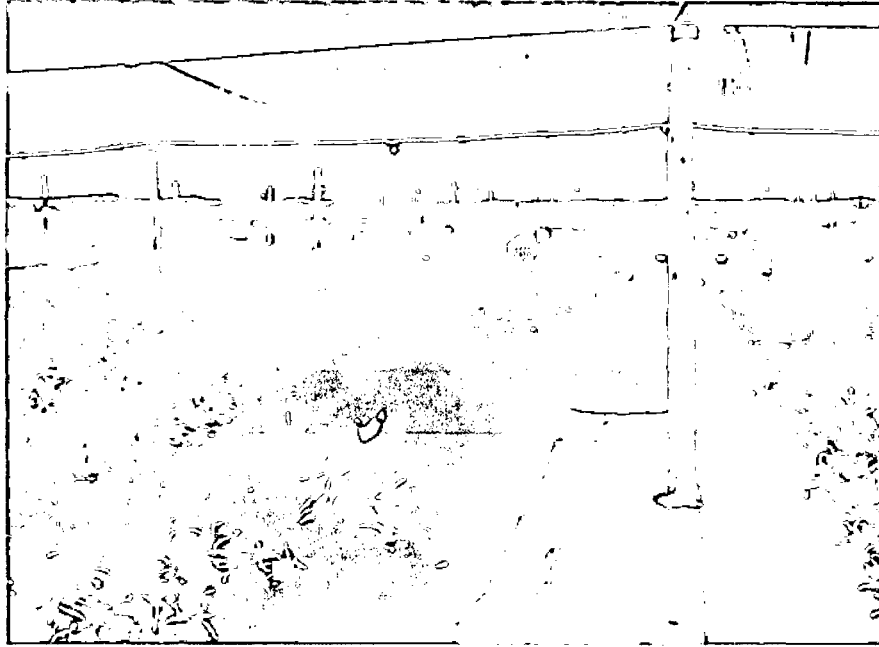


Foto 5. Vista de las platabandas de producción de plantones en la fase de vivero.

FASE DE PLANTACION EN CAMPO DEFINITIVO

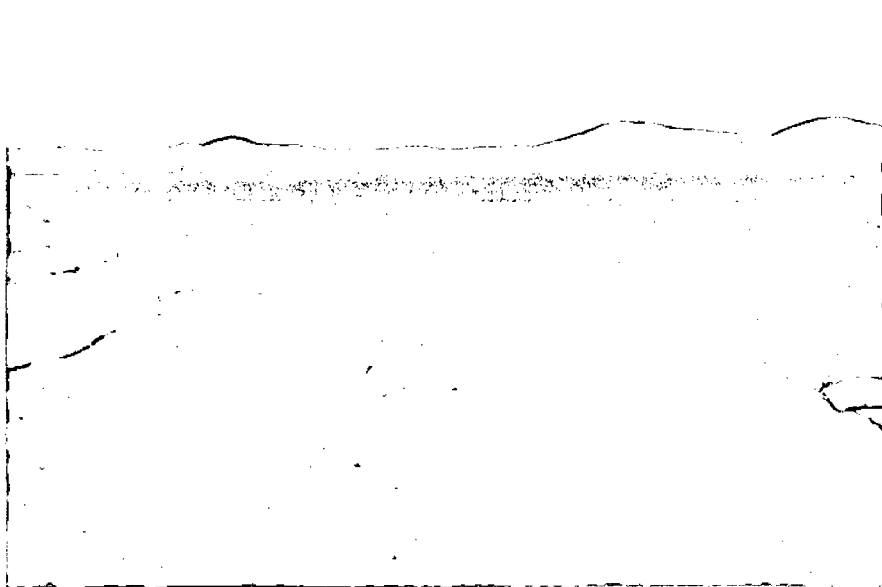


Foto 6. Fase inicial del proceso de instalación de la forestación: plantado en terreno definitivo.

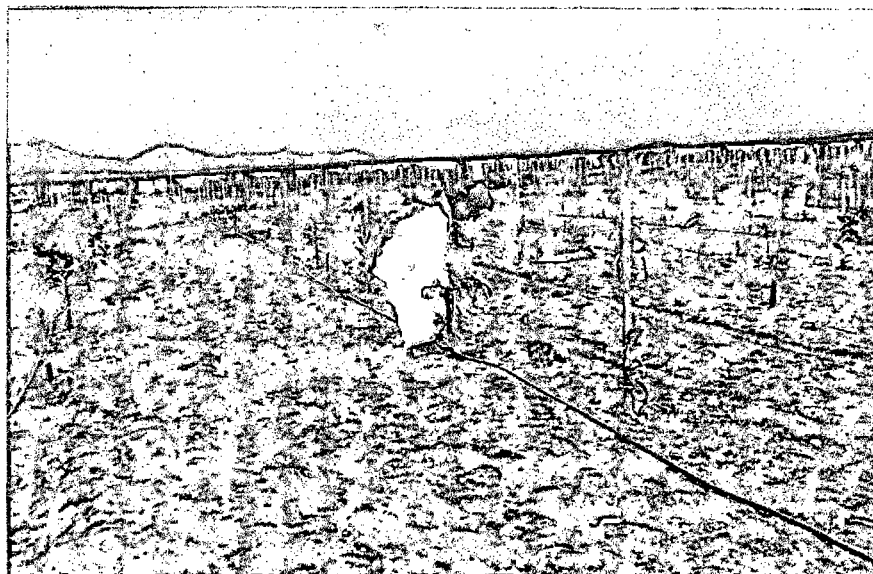


Foto 7. Instalación de tutores en cada planta, con la finalidad de no permitir un crecimiento retorcido de los árboles debido a la influencia de los fuertes vientos.



Foto 8. En esta imagen se puede apreciar las cortinas cortavientos, las mismas que inicialmente se instalaron cada 80 metros entre cortina y cortina.

FASE DE DESARROLLO Y CRECIMIENTO



Foto 9. Vista de la forestación a 6 meses de su instalación.



Foto 10. Vista de la forestación un año de su instalación.



Foto 11. Vista de la forestación después de 2 años de su instalación.



Foto 12. Vista panorámica de la forestación (parte del sector 11-A), imagen tomada del mirador número 2.

MEJORES VISTAS DE LA FORESTACION DE PPL

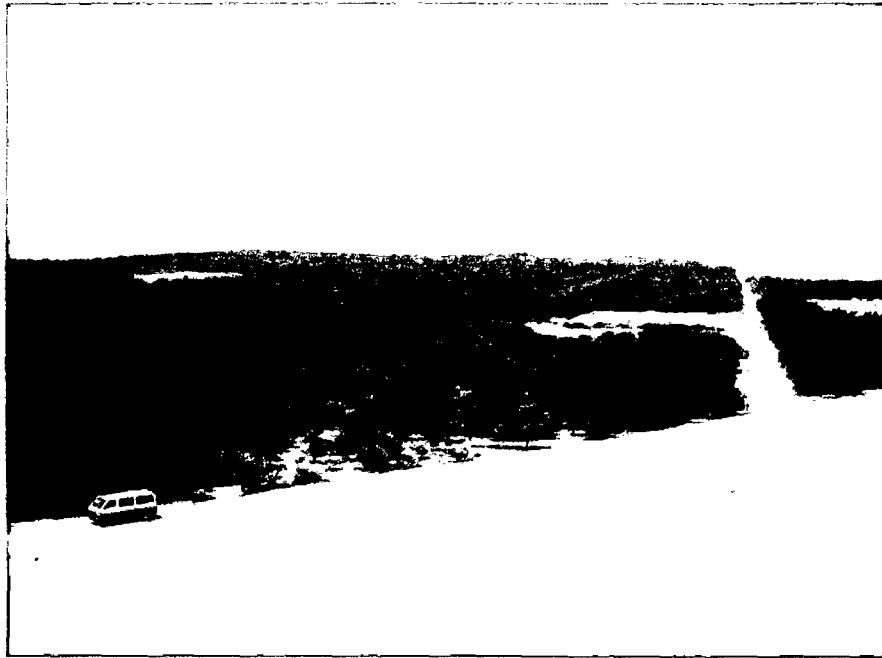


Foto 13. Vista de la forestación desde el mirador número 1 de la zona B.



Foto 14. Vista de parte de los sectores bajos de la zona A (sectores 1-A, 3-A y 4-A).



Foto 15. Vista de los sectores 2-A y 5-A ubicados sobre el acceso principal a PPL, así mismo se observa la caseta de filtros secundarios.



Foto 16. Vista de parte de los sectores de la zona B, imagen tomada del mirador número 3.



Foto 17. Otra vista de parte de los sectores de la zona B (con acercamiento del soom la cámara), imagen tomada del mirador número 3.

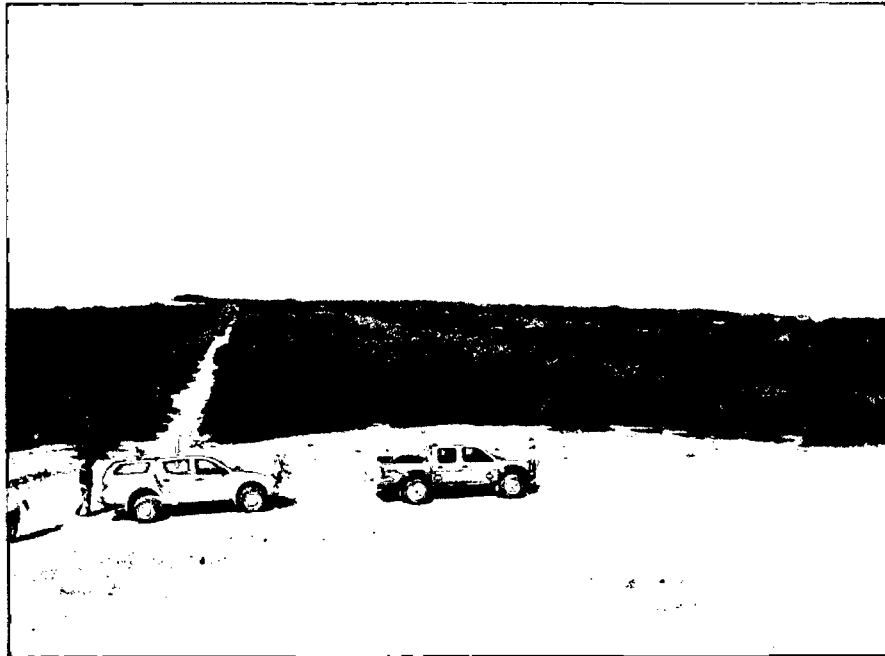


Foto 18. Otra vista de parte de los sectores de la zona B, imagen tomada desde el mirador número 1.

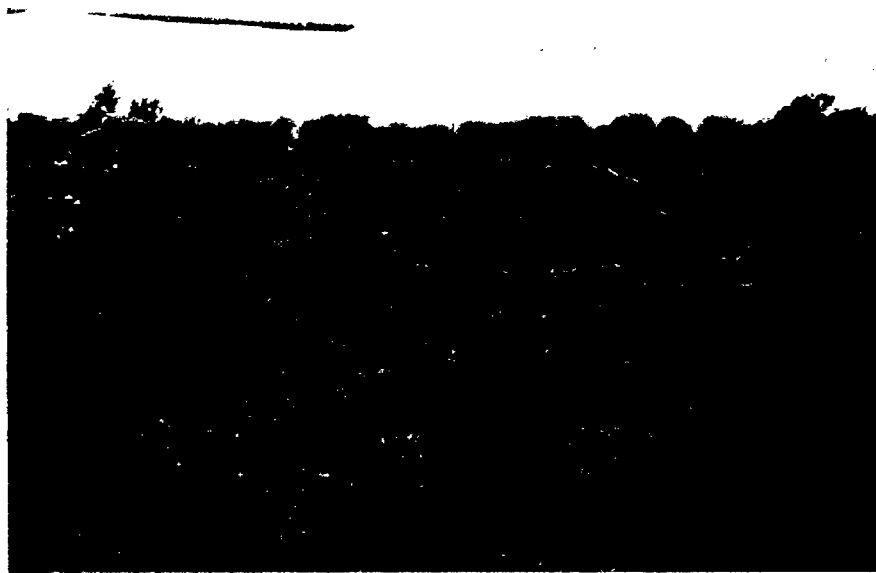


Foto 19. Imagen de la forestación tomada con el zoom de la cámara.



Foto 20. Otra vista de la forestación zona B.

PARCELA DE FRUTALES



Foto 21. Vista de la sub - parcela de mandarinos, que es parte de la parcela de frutales.



Foto 22. Otra imagen donde se puede apreciar la buena producción de mandarinas.



Foto 23. Vista de parte de la sub – parcela de guanábanos de parcela de frutales.

ESTACION METEOROLÓGICA DE ANTAMINA - INSTRUMENTOS

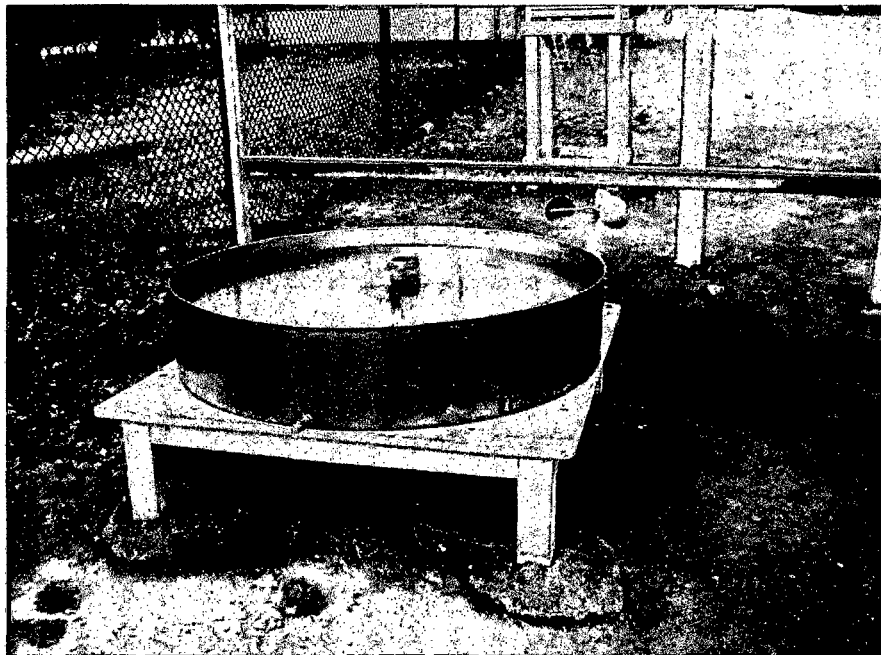


Foto 24. Bandeja clase A, instrumento para medir la evaporación del área de la forestación de PPL (permite medir los efectos integrados de la radiación, el viento, la temperatura y la humedad del aire).

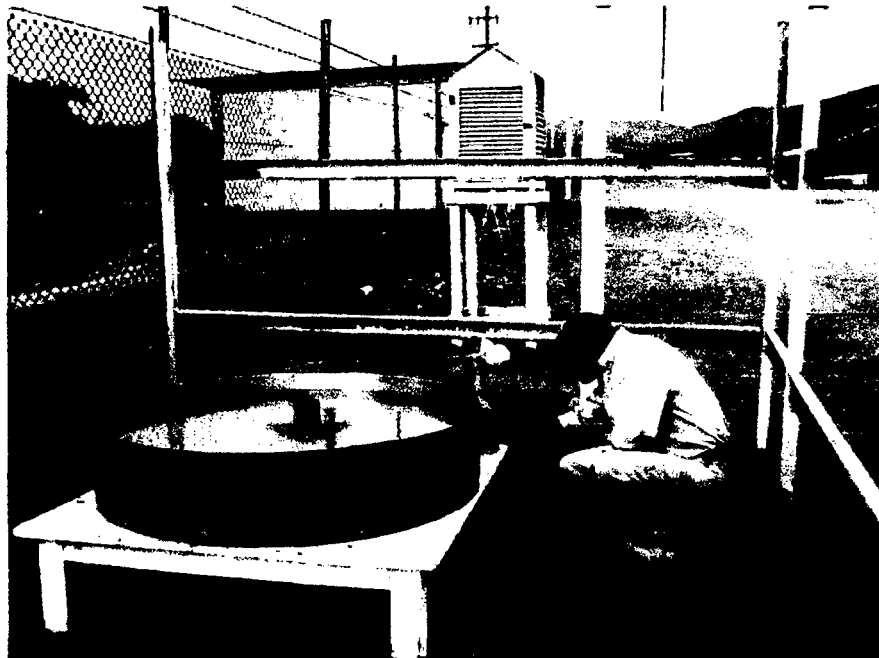


Foto 25. Toma de lecturas del anemómetro (instrumento para medir la velocidad del viento), ubicado al costado de la bandeja clase A (se realiza en horas de la mañana).



Foto 26. Toma de lecturas de la bandeja clase A (se realiza en un cilindro de metal de cerca de 10 cm del diámetro y 20 cm de profundidad con una pequeña abertura en la base para permitir el flujo de agua).



Foto 27. Toma de lecturas de atmómetro instrumento para medir la evaporación en lugares de difícil acceso y donde existen aves (datos complementarios a los datos de la bandeja clase A).

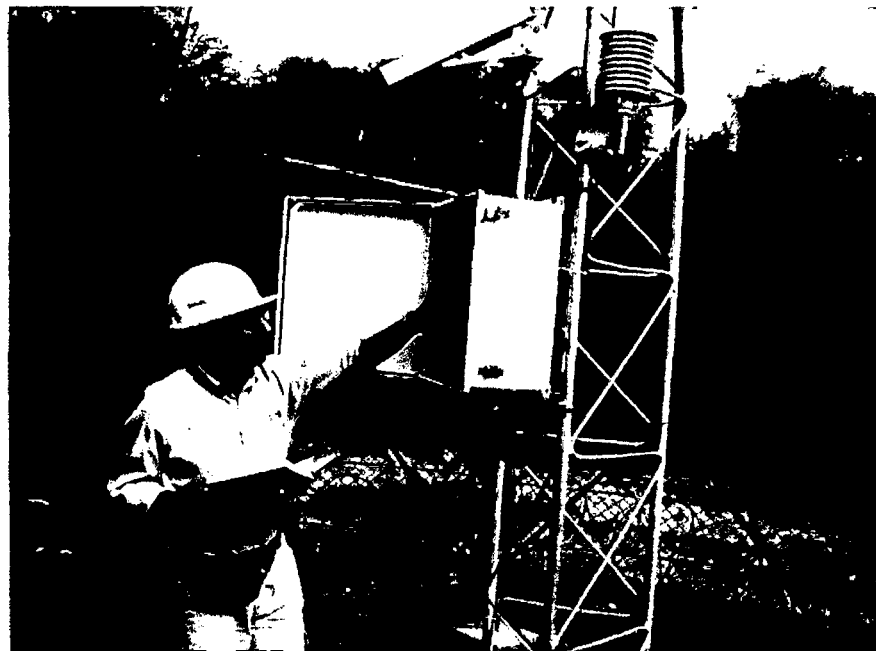


Foto 28. Estación meteorológica de Antamina (ubicada en el sector 4B), toma de datos en línea.

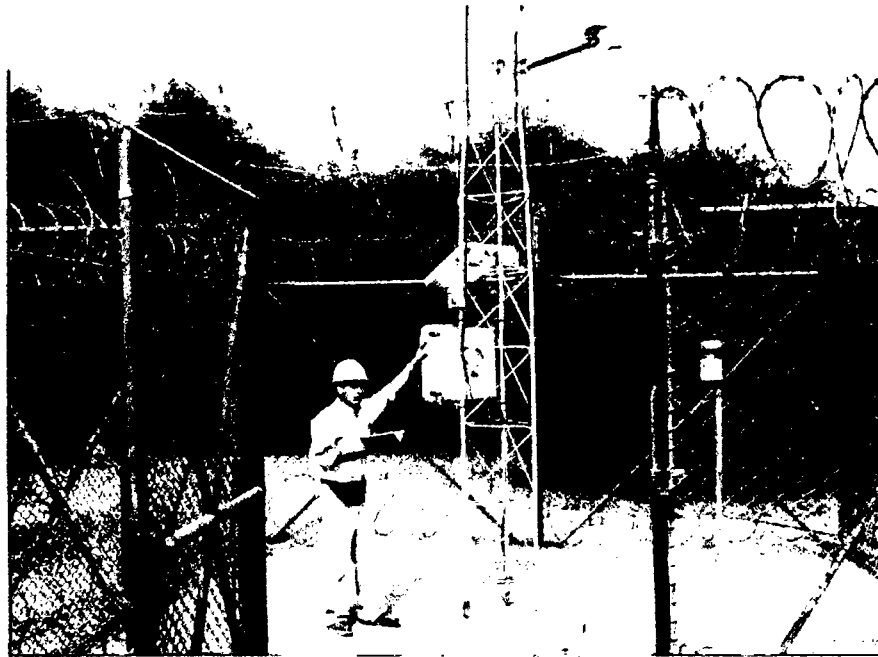


Foto 29. Otra imagen de la estación meteorológica de Antamina (esta ubicada en el sector 3-A).

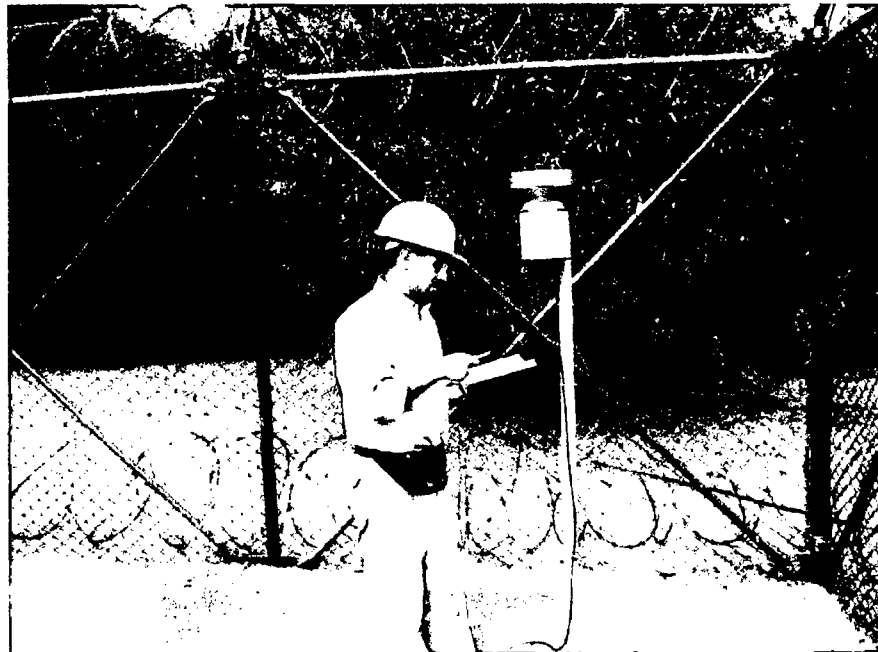


Foto 30. Anemómetro para toma de datos en línea.

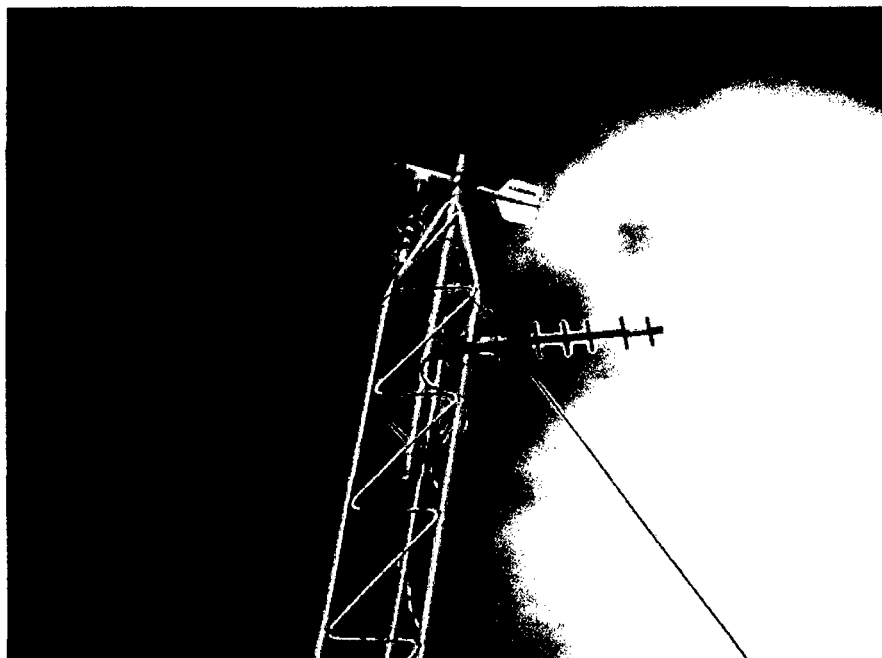


Foto 31. Anemómetro para medir la velocidad del viento (para toma de datos en línea).

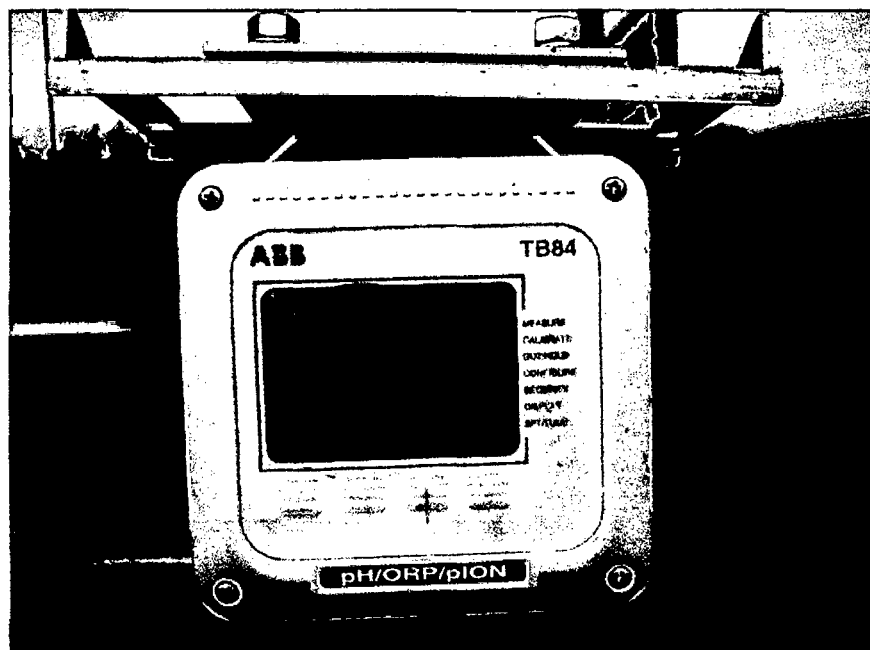


Foto 32. Toma de lecturas de pH y temperatura (instrumento ubicado en cámara de impulsión).

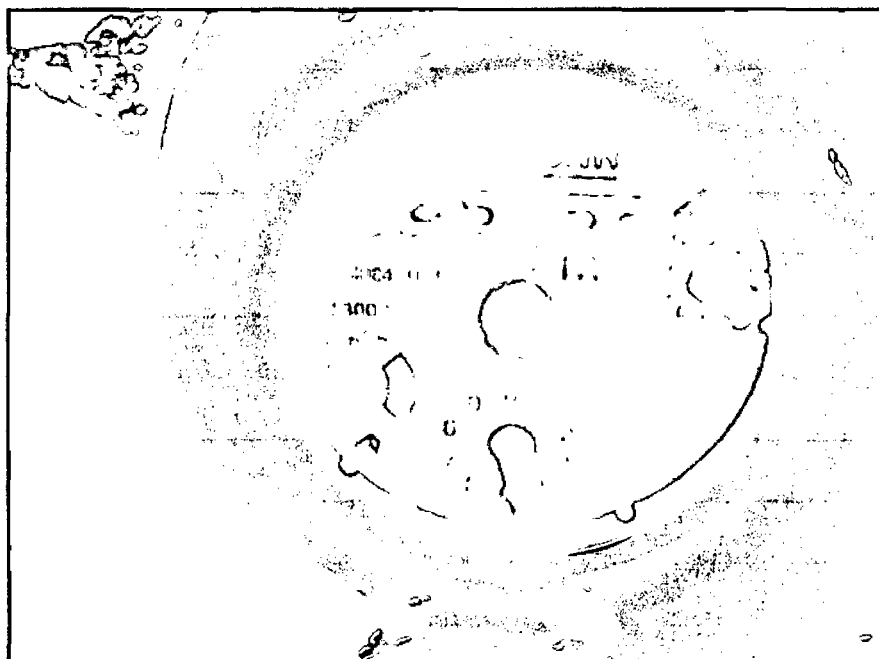


Foto 33. Contómetro instrumento para medir el caudal de agua que se va para el riego de la forestación.

SISTEMA DE RIEGO AUTOMÁTICO

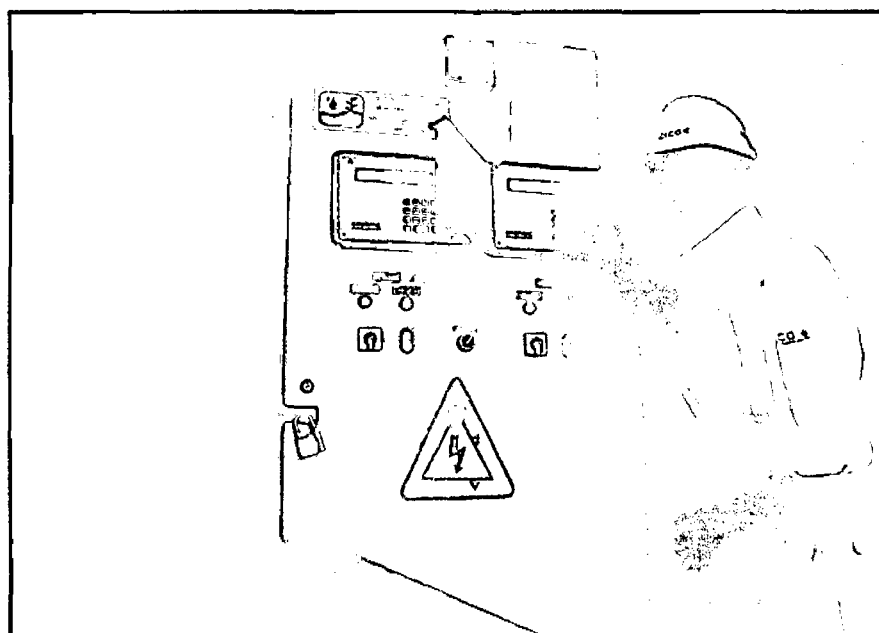


Foto 34. Programador de riego automático (ubicado en caseta de filtros principales).



Foto 35. Cámaras de riego, a donde llega la señal de mando electrónica del riego y activa las válvulas para el riego en campo.

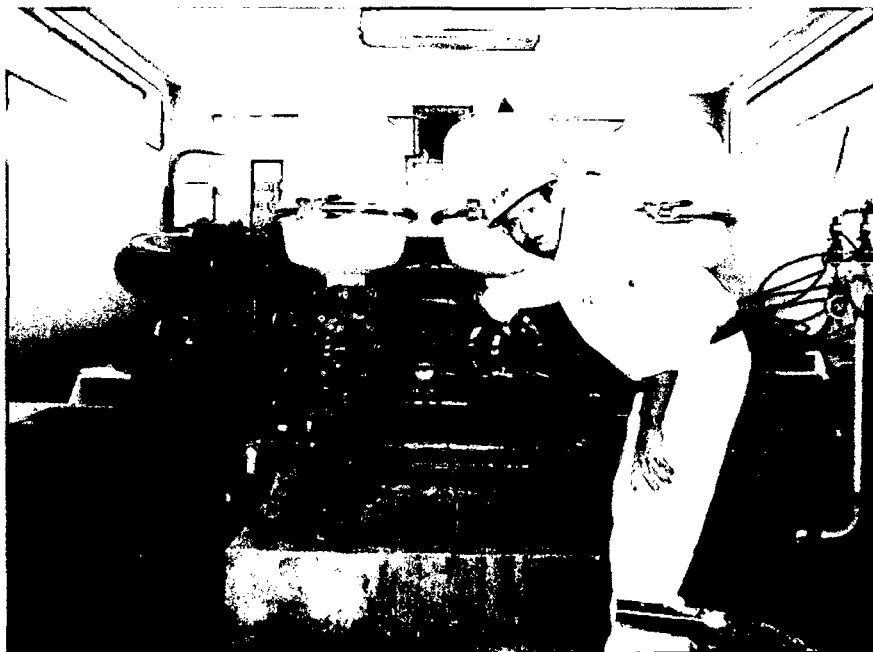


Foto 36. Vista de los medidores de presión del agua a través de manómetros ubicados en el sistema de filtraje de caseta de filtros principales.

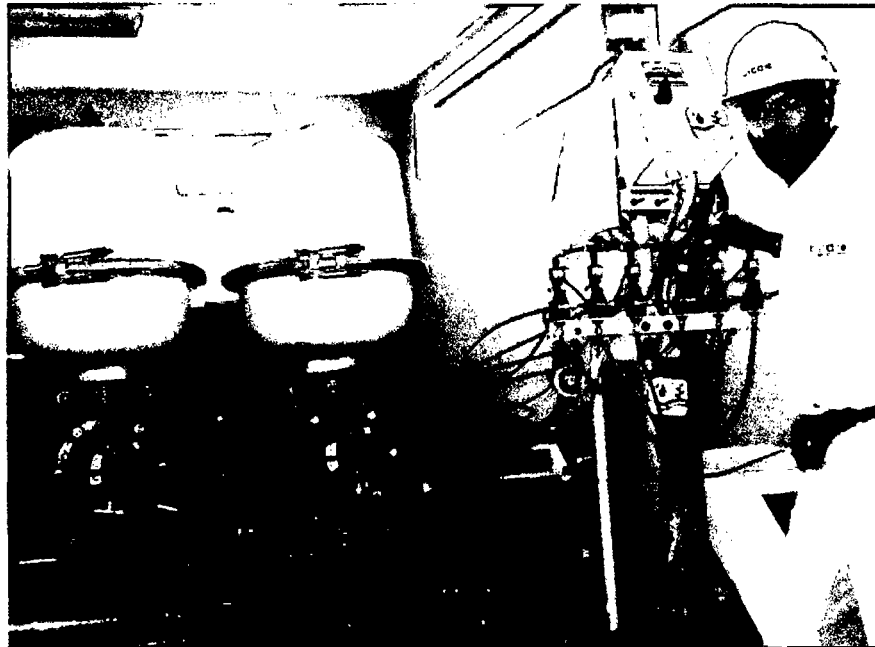


Foto 37. Programación del sistema de retrolavado automático (por tiempo y diferencial de presión) para atrapar los lodos orgánicos.

PROGRAMADOR DE ELECTROBOMBAS DE TRASVASE



Foto 38. Vista del programador de las electrobombas de trasvase de Poza 2 hacia Poza 1 (generalmente se realiza en verano).

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

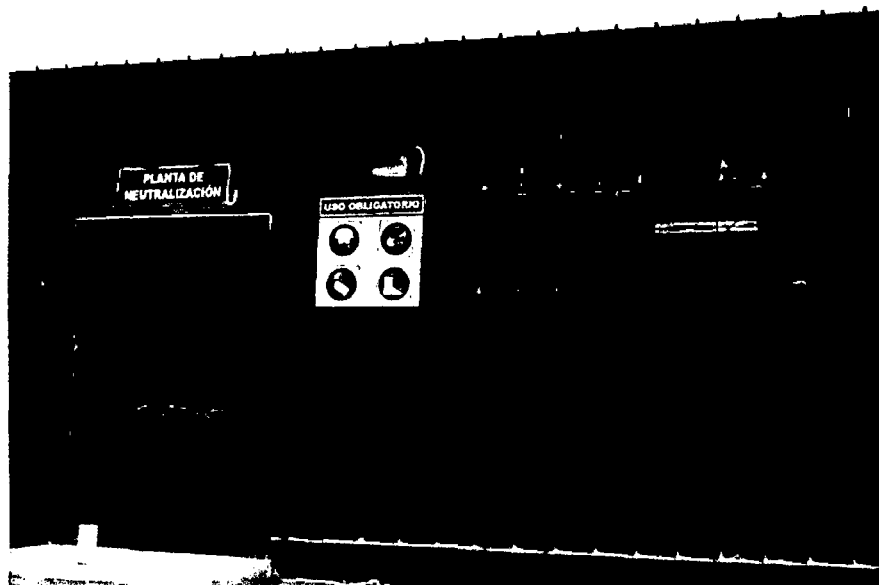


Foto 39. Planta de neutralización automática del agua (inyección de cal al sistema) cuando se realiza trasvase de agua de Poza 2 hacia Poza 1.



Foto 40. Medición de la calidad del agua que va al riego de la forestación (parámetros de pH, salinidad).

SISTEMA DE FILTRAJE AUTOMATICO

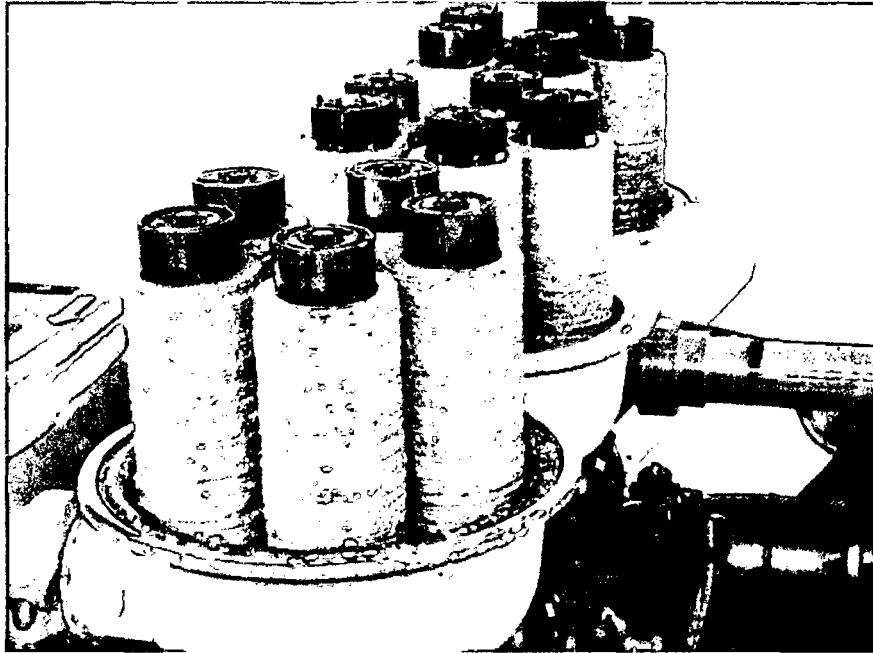


Foto 41. Sistema de filtraje de la materia orgánica e inorgánica en suspensión, la unidad filtrante son anillos planos de material plástico provisto de ranuras de 120 mesh (130 micras), dichas anillas están colocadas unas sobre otras y comprimidas, formando el elemento filtrante.



Foto 42. Vista de los filtros después de su limpieza con agua a presión.



Foto 43. Antes: Imagen de obstrucción de filtros secundarios, lo que impide una normal presión en los microaspersores, lo que se traduce en un menor caudal de agua evacuado.

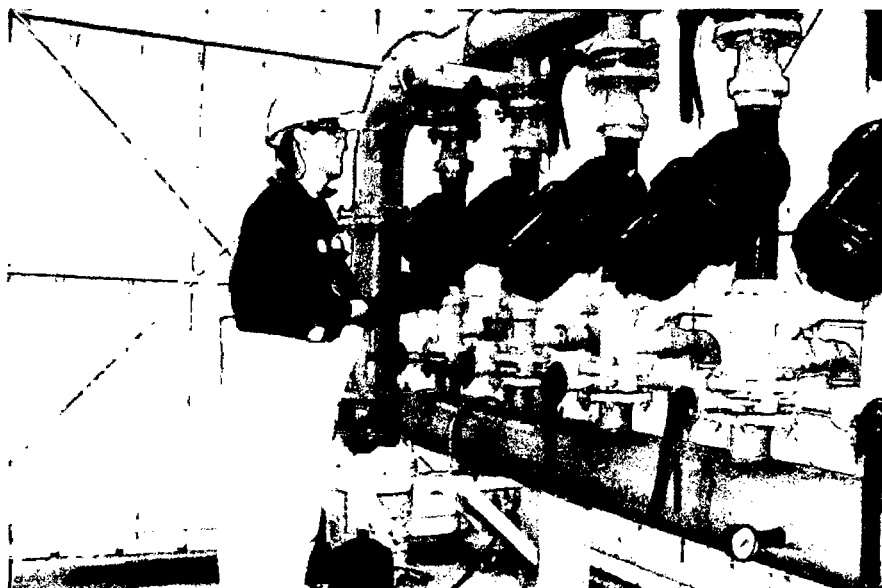


Foto 44. Después: Lavado de filtros secundarios (se realiza de manera manual con presión de agua).

PROCESO DE RECEPCION DEL MINERAL Y TRATAMIENTO DEL AGUA

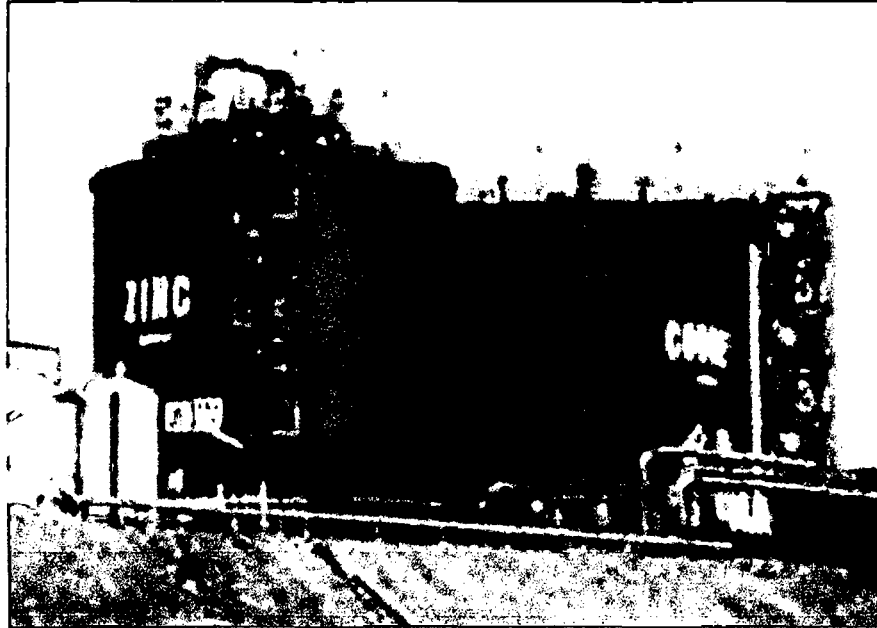


Foto 45. Tanques de recepción del concentrado de mineral que llega en suspensión acuosa.

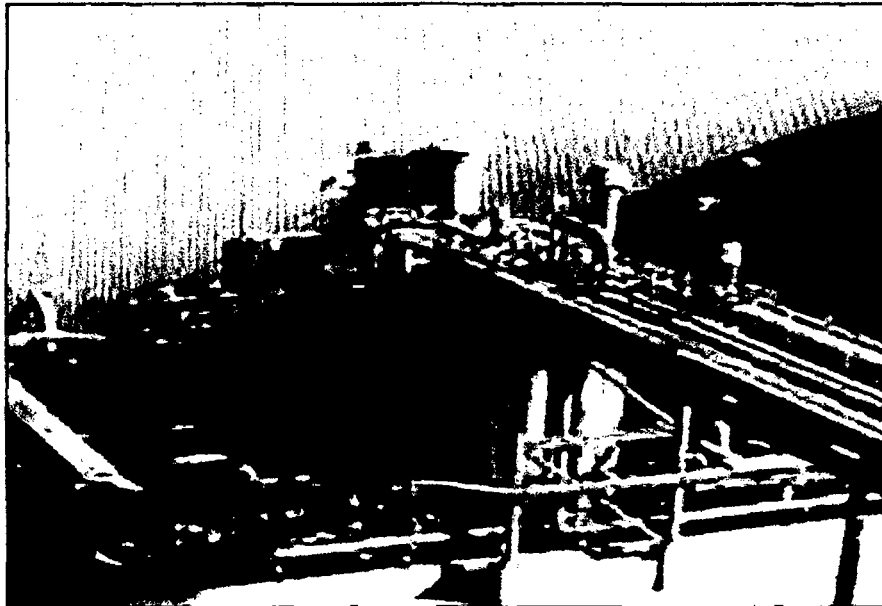


Foto 46. Filtrado del mineral, proceso de separación del mineral y el agua.



Foto 47. Otra imagen del sistema de filtrado de mineral, para el proceso de separación del mineral y del agua.

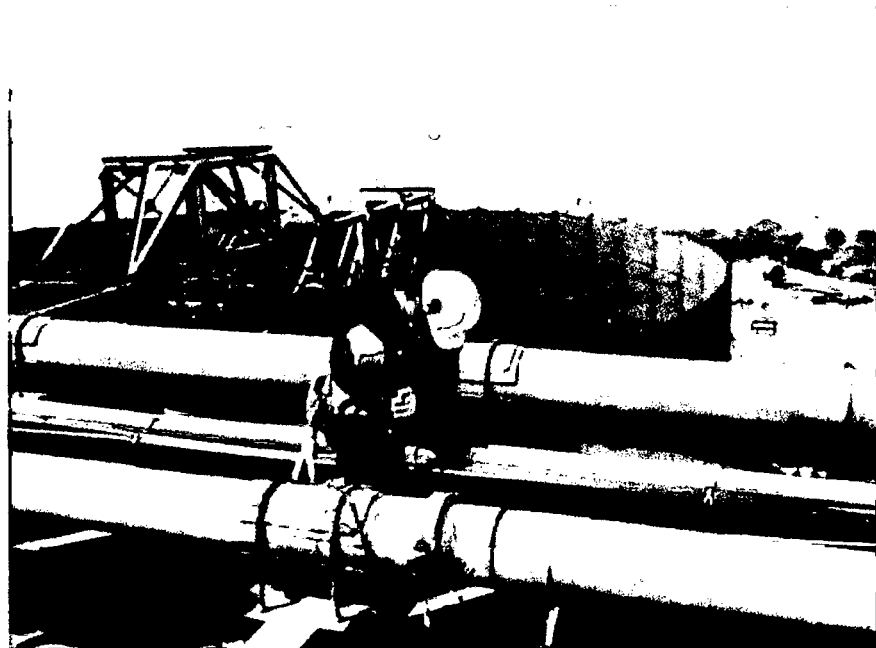


Foto 48. Sistema de clarificadores del concentrado de mineral.

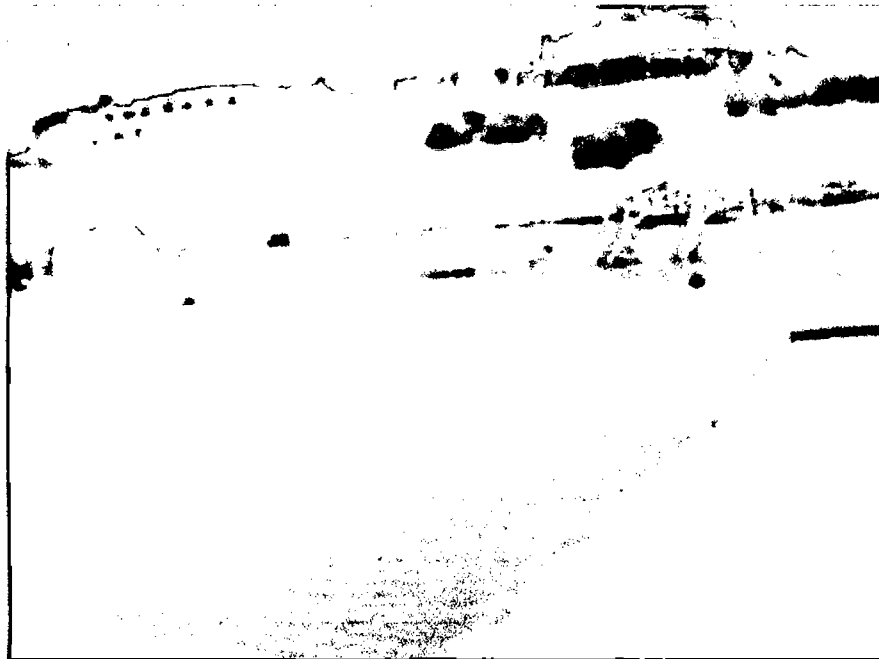


Foto 49. Poza de efluentes donde se envía el agua antes de su proceso de tratamiento.

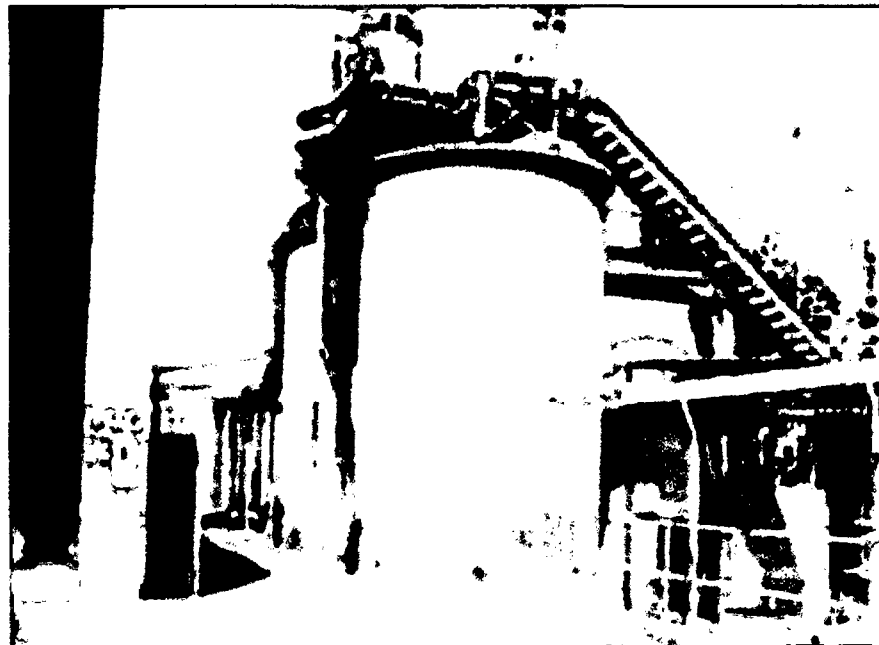


Foto 50. Vista de parte de la Planta de tratamiento del agua.

POZAS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

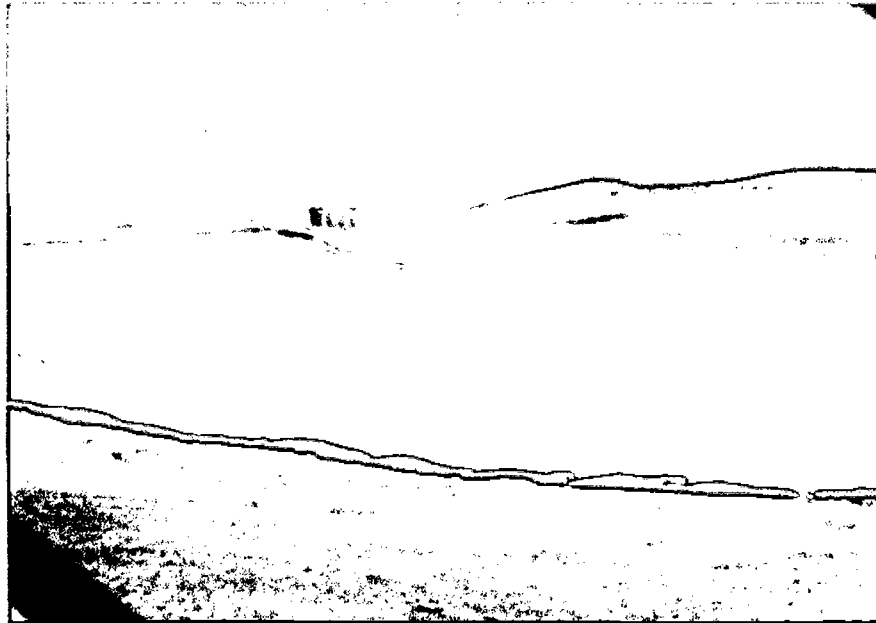


Foto 51. Poza número 1 (capacidad de 30,000 m³): es la poza de almacenamiento y que va directo al riego de la forestación.

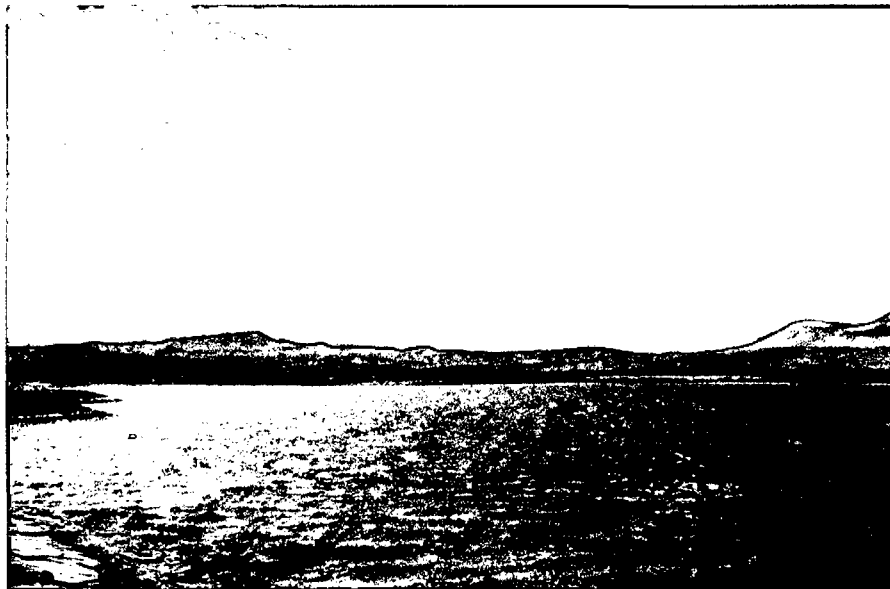


Foto 52. Poza número 2 (capacidad de 300,000 m³): es la poza de almacenamiento de agua en la temporada de invierno y parte de la primavera.

MISCELANEOS

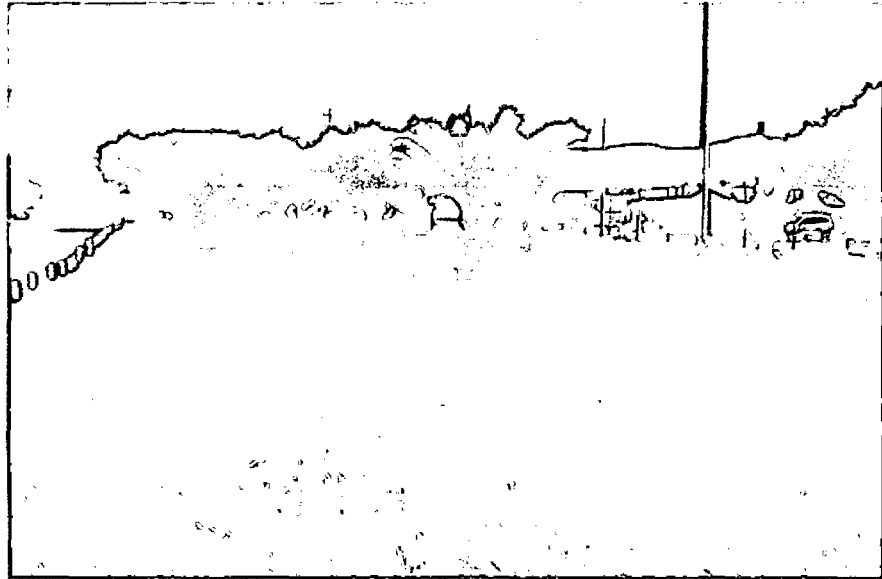


Foto 53. Vista de parte de las áreas verdes que se riega con agua de proceso y con aguas servidas.

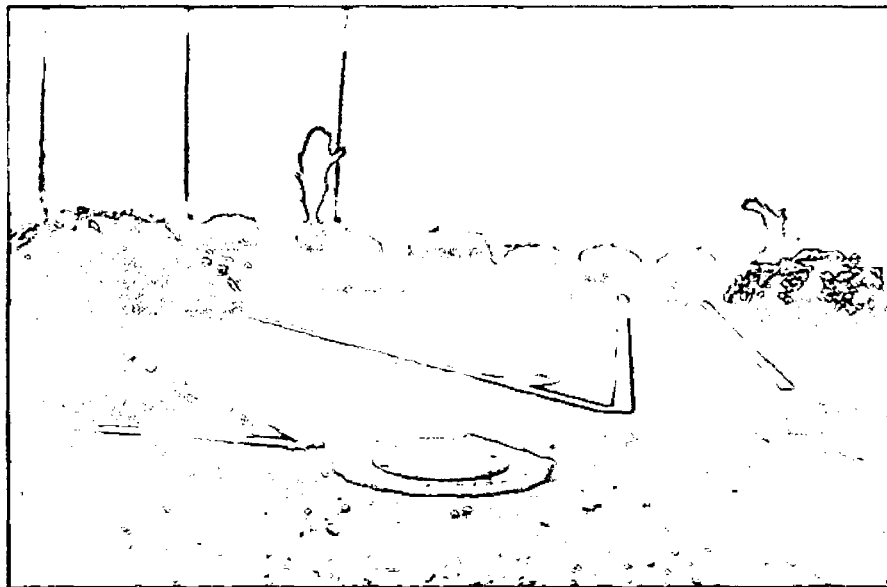


Foto 54. Otra vista de un jardín que se riega con agua de proceso.



Foto 55. Jardín interno de nuestro almacén de CICA, se riega con aguas servidas.



Foto 56. Jardín de plazuela de campamento de Antamina, se riega con agua de proceso.



Foto 57. Vista del jardín del talud de mirador de toda la planta de proceso de concentrado de mineral y una hermosa vista al mar de PPL.



Foto 58. Producción de papayos en parcela experimental de frutales.

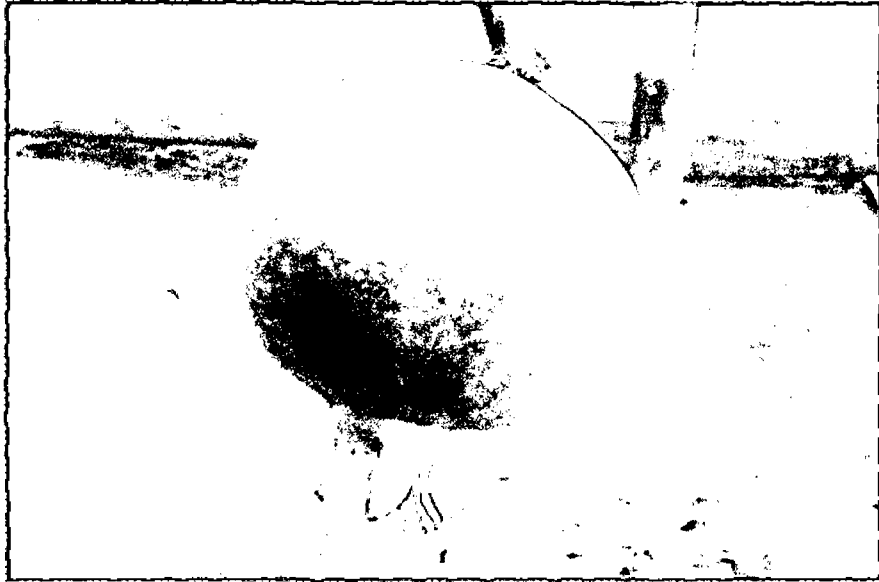


Foto 59. Producción de granados de muy buenas características en parcela experimental de frutales.



Foto 60. Producción de lúcumos de muy buenas características en parcela experimental de frutales.



Foto 61. Producción de guanábanos de muy buenas características en parcela experimental de frutales.



Foto 62. Poda de formación realizado en algarrobos de la forestación de PPL.



Foto 63. Chipeo de ramas producto de la poda o tala de árboles.



Foto 64. Producción de lechugas hidropónicas.