

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



ANÁLISIS DE LOS POTENCIALES PROBLEMAS DE
SEDIMENTACIÓN Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN LA PRESA
PALO REDONDO

Tesis para optar por el Título de Ingeniera Civil, que presentan la
Bachiller:

VELÁSQUEZ CASTRO, KATHERINE BRISSETE

ASESOR: DR. INGOL BLANCO, EUSEBIO MERCEDES

Lima, julio del 2019.

RESUMEN DE TESIS

La situación de varias de las presas más grandes del país se ha visto afectada por causa de una sedimentación más acelerada de la que estimaban sus diseños. Ante esto, la presente tesis se concentra en el estudio de la futura Presa Palo Redondo, con el fin de sugerir medidas que mitiguen las posibilidades de una rápida sedimentación en su embalse.

El estudio del sistema hidráulico involucrado en la Presa Palo Redondo permitió entender el por qué la Cuenca del Santa es una de las más erosivas del país. Así como comprender la dinámica con la que llegan los sedimentos, los cuales pueden arribar a la presa por el canal de alimentación y a causa de las descargas esporádicas de la subcuenca Palo Redondo. Por lo tanto, se estudió la producción de sedimentos en la Quebrada Palo Redondo y en Tablachaca, esta última considerada la subcuenca más erosiva de la cuenca del río Santa.

Se evaluó la producción de sedimentos en la subcuenca Palo Redondo ante eventos extremos mediante el modelo Kineros obteniéndose un volumen de 6.6 MMC de sedimentos producto de dos tormentas. Asimismo, teniendo en cuenta el volumen de 5.9 MMC estimado por descargas anuales de la Quebrada, se tendría un aporte total por parte de la Quebrada Palo Redondo de 12.5MMC. Este volumen podría ingresar íntegramente a la presa debido a la inexistencia de algún sistema de protección en la subcuenca del mismo nombre.

Se modeló la subcuenca de Tablachaca en SWAT con un registro de precipitación de 36 años, obteniendo una tasa de pérdidas potenciales a través de la metodología MUSLE de 297.7 Ton/ha. Asimismo, se aplicó el método de Avedaño para estimar el CES obteniendo 9.2% y en consecuencia una tasa de sedimentos de 27.4 Ton/ha. El volumen muerto se estimó bajo 3 eficiencias del desarenador. Las dos primeras eficiencias de 32% y 50 % son las estimadas por Rocha y por el PECH, respectivamente para la tercera fase del proyecto (en que entrará en operación la Presa), y la última de 61% correspondiente a la segunda fase del Proyecto Chavimochic. Se obtuvo, bajo el escenario actual un volumen muerto por causa del canal de alimentación de 88 MMC, 64 MMC y 48MMC correspondientes a eficiencias de 32%, 50% y 61%, respectivamente, en contraste de los 31.1 MMC calculados por el PECH en su expediente técnico.

Con el fin de reducir dicha tasa de sedimentos se propuso 4 escenarios alternativos a la cobertura actual de Tablachaca y se analizó su afectación en el volumen muerto de la Presa Palo Redondo, logrando buenos resultados.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres: Gladys Castro y Erix Velásquez, por su dedicación y esfuerzo. Un especial agradecimiento a mi asesor Dr. Ingol Blanco por su apoyo constante y paciencia en el proceso de aprendizaje y desarrollo de la presente tesis.





A mi hermano Junior

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : Análisis de los potenciales problemas de sedimentación y medidas de mitigación en la presa Palo Redondo.

Área : Medio Ambiente y Recursos Hídricos

Asesor : Dr. Eusebio Ingol Blanco

Alumno : KATHERINE BRISSETE VELASQUEZ CASTRO

Código : 2011.4288.412

Tema N° : # 104

Fecha : Lima, 20 de Agosto de 2018



1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Si bien el Perú es considerado el octavo país con mayor disponibilidad hídrica del mundo (IPCC,2005), la costa peruana es una región cuyo desarrollo y sostenimiento hídrico depende principalmente de ríos de flujo irregular. Por tal motivo, existe la necesidad de embalsar el agua mediante represas.

Las represas son estructuras de almacenamiento de gran impacto que depende de las condiciones climáticas y geomorfológicas. Teniendo en cuenta el pasó del canal del río de un sistema lótico a uno léntico se suscitan cambios hidrológicos en el ecosistema como disminución en la calidad del agua, disminución de nutrientes, eutrofización del reservorio, variación de las especies que habitan el cuerpo de agua, problemas de salinización en los suelos, erosión en la parte baja de la cuenca. Así también, inundaciones en las extensiones de la represa originando la necesidad de movilización de la población, entre otros (Ríos, 2013). Además de un gran impacto económico en proporción de la magnitud del proyecto que involucre el represamiento.

Debido a lo descrito, la construcción de estas estructuras no puede ser indiscriminadas, sino que se debe evaluar los beneficios en comparación de su impacto económico, social y ambiental. Asimismo, se debe reducir la necesidad de nuevas represas con un adecuado control y mantenimiento de las ya existentes en el país.

Las represas son diseñadas, comúnmente, para una vida útil de 50 años y una capacidad de almacenamiento que varía de acuerdo con su tipo y propósito. Sin embargo, la colmatación producida por el arrastre de sedimentos de los flujos que son embalsados influye en la reducción de vida útil de la presa, la capacidad del embalse y la calidad del agua almacenada.

Cuando se construye una presa, una parte de los sólidos transportados por la corriente queda retenida en el embalse (García, 1985). Así pues, en el diseño de embalse se dispone de un volumen de azolves el cual se llenará con el transcurso del tiempo. Para ello se debe estimar cuál es la cantidad de sedimentos que traerá el río en años futuros y

R

67

calcular el porcentaje que retendrá el embalse (Rocha, 2000). Debido a que lo anterior es solo una estimación que en muchos casos no contempla distintos factores, el volumen de azolves, frecuentemente, es rebasado rápidamente originando la pérdida del volumen útil del embalse.

Por una parte, la prevención ante una colmatación acelerada se basa en un adecuado estudio del terreno y todos los factores (clima, fenómenos como El niño, alteración del ecosistema entre otros) que puedan afectar a la presa en su tiempo de vida. Este estudio debe ser desarrollado teniendo en cuenta los eventos pasados, su recurrencia y probabilidad de excedencia.

Por otra parte, no se puede establecer una solución definitiva a la colmatación, pero sí puede ser minimizada. La mitigación se puede aplicar a dos niveles. Uno sobre el medio productor de sedimentos (la cuenca), promoviendo la minimización de la producción y movilización de sedimentos. El otro a nivel de la propia obra hidráulica, maximizando el control sobre el paso de los sedimentos por el vaso de embalse. Esto con medidas como la disposición de un volumen amplio de azolves, la incorporación de sistemas de purga, la construcción de aguas arriba de presas para la retención de sedimentos, así como la remoción mecánica de los sedimentos. Sin embargo, muchas de las técnicas a usar son demasiado costosas por lo cual se suele optar por dejar que la presa llegue a ser inservible y, en el mejor de los casos, construir otra en su reemplazo.

En el Perú, son altamente vulnerables las grandes presas ubicadas en las cuencas bajas de la Vertiente del Pacífico norte, caracterizadas por relieves muy irregulares, abruptos y escarpados; además de fuertes pendientes, suelos inestables, escasa cobertura vegetal y un régimen de intensas y recurrentes precipitaciones (Rocha, 2006). Bajo dichas circunstancias se construyeron algunas de las presas más grandes del país, como son Poechos y Gallito Ciego, las cuales han perdido más del 50% de su capacidad total en menos de 50 años de operaciones.

Las referencias de colapso prematuro, consecuencia del alto potencial de degradación hídrica de las cuencas de la vertiente del Pacífico, sugiere no construir grandes presas en las cuencas bajas de dichas características hidrológicas (Rocha, 2006), a no ser que se implementen rigurosos programas de manejo de cuenca y control de sedimentos; de preferencia un poco antes o por lo menos al mismo tiempo que la ejecución física del proyecto (ICOLD, 2008).

Por ello, la construcción de la Presa de Palo Redondo, parte de la tercera etapa del proyecto Chavimochic, la cual capta aguas de la cuenca hidrográfica del río Santa, ubicada en la vertiente del Pacífico, ha sido tema de debate. Rocha (1999) indica que la cantidad de sedimentos que se estima llegarán a Palo Redondo serían muy altos debido a la gran producción de la cuenca y a lo deficiente que sería el desarenador Chavimochic.

Ante esto surgen como interrogante si el desempeño de la futura Presa Palo Redondo será adecuado o sufrirá un colapso prematuro debido al exceso de sedimentación como ocurre con presas de características semejantes. En específico: ¿Cuáles serán las tasas de sedimentos que ingresarán al sistema Chavimochic? ¿Qué medidas estructurales se pueden implementar para reducir la cantidad de sedimentos que llegue al reservorio? ¿Cuáles son los métodos de manejo de cuenca y en qué zonas del Santa deberían ser aplicados para disminuir la tasa de producción de sedimentos en la cuenca?



2. OBJETIVO Y ALCANCE

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el riego de sedimentación del potencial embalse Palo Redondo del sistema hidráulico Chavimochic, proponiendo alternativas para reducir sus impactos.

2.1.2. Objetivos específicos

- i. Estudiar el proceso de sedimentación y sus causas en embalses de la costa del Perú.
- ii. Evaluar las potenciales causas y consecuencias de sedimentación del futuro embalse Palo Redondo.
- iii. Evaluar la producción de sedimentos en la subcuenca Palo Redondo ante eventos extremos proponiendo medidas estructurales de control.
- iv. Evaluar la producción de sedimentos en zonas críticas de la cuenca del Río Santa para proponer medidas que controlen la producción de sedimentos.

2.2. Alcances

Se identificará los principales factores de riesgo de sedimentación acelerada en la Presa Palo Redondo a través de un análisis del sistema de captación Chavimochic y la cuenca del río Santa.

Asimismo, se propondrán medidas estructurales que controlen las descargas esporádicas de la subcuenca Palo Redondo y medidas de conservación de suelos para mitigar la erosión en las zonas críticas de la cuenca del Santa.

3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS ESPERADOS

3.1. Metodología

- i. Revisión de la literatura: se efectuará la búsqueda bibliográfica de artículos, tesis, libros, revistas y páginas web con el propósito de entender los principales factores que afectan el proceso de sedimentación de un embalse y la forma en que estos han impactado en embalses peruanos con características similares a los de la presa de estudio. Asimismo, se evaluará información existente relacionada a sedimentos en la cuenca del río Santa.
- ii. Caracterización de la sub cuenca Palo Redondo y Modelación en KINEROS: se modelará en el programa KINEROS la subcuenca de Palo Redondo para estimar la cantidad de sedimentos que podrían originar las descargas máximas esporádicas de la Quebrada Palo Redondo.
- iii. Modelación en SWAT: se modelará en el programa ArcSwat la zona más crítica en cuanto a producción de sedimentos de la cuenca del Santa.
- iv. Propuesta de medidas para reducir el riesgo de sedimentación. De los resultados obtenidos, se propondrá medidas estructurales y no estructurales para reducir el riesgo de sedimentación de la presa Palo redondo.

B

62 *3*

3.2. Resultados esperados

La presente investigación propone obtener los siguientes resultados:

- En base a la revisión de literatura, se obtendrá una evaluación exhaustiva de los problemas de sedimentación de las principales presas del Perú, así como, su similitud con la presa en estudio.
- Una evaluación del probable riesgo de sedimentación del futuro embalse Palo Redondo, que incluye lo siguiente:
 - La evaluación de producción de sedimentos en la sub cuenca Palo Redondo ante probables caudales máximos.
 - La evaluación de la producción de sedimentos en zonas críticas de la cuenca del Río Santa para proponer medidas que controlen la producción de sedimentos.
- Una propuesta de medidas en el área de la sub cuenca Palo Redondo para reducir los potenciales problemas de sedimentación en el embalse. Así como, una propuesta de medidas de manejo de cuenca en las zonas más propensas a la erosión de la cuenca del río Santa.
- Una tesis de investigación que integra los resultados esperados previamente descritos para obtener el grado de Ingeniero Civil.

NOTA
Extensión máxima: 100 páginas.



INDICE

1. Introducción	1
1.1. Formulación del problema	1
1.2. Hipótesis	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4. Justificación	3
1.5. Alcances	3
1.6. Metodología de trabajo	3
2. Marco Teórico	4
2.1. Conceptos básicos	4
2.1.1. Gradación	4
2.1.2. Propiedades de los sedimentos	4
2.1.3. Tipos de erosión	5
2.1.4. Cuenca Hidrográfica	6
2.1.5. Ciclo Hidrológico	7
2.2. Proceso de transporte de sedimentos	7
2.2.1. Degradación	7
2.2.1.1. Variables climáticas	8
2.2.1.2. Textura, estructura, permeabilidad y materia orgánica	8
2.2.1.3. Topografía	9
2.2.1.4. Vegetación	10
2.2.1.5. Uso de Tierra	11
2.2.2. Mecanismos de Transporte	13
2.2.3. Sedimentación	13
2.3. Sedimentación de embalses	14
2.3.1. Tipos de embalses	15
2.3.2. Problemas ocasionados por la sedimentación de un embalse	17
2.3.2.1. Problemas en el funcionamiento de la estructura hidráulica	17
2.3.2.2. Problemas en las áreas de influencia del embalse	18
2.3.3. Casos representativos de interés	19
2.3.3.1. Represa de Poechos	19
2.3.3.2. Represa de Gallito Ciego	21
3. Descripción general del sistema hidráulico en estudio	23
3.1 Cuenca del Río Santa	23
3.1.1 Climatología	24
3.1.2. Suelos	26
3.1.3. Topografía	27
3.1.4. Vegetación y uso de suelo	28
3.1.5. Tasa de erosión	29
3.2. Infraestructura de captación Chavimochic	30
3.2.1. Bocatoma	30
3.2.2. Desarenador	31
3.2.3. Presa Palo Redondo	34
4. Metodología	37
4.1. Evaluación de la producción de sedimentos en la subcuenca Palo Redondo	37
4.1.1. Caracterización de la subcuenca Palo Redondo	37

4.1.2 Evaluación de Potenciales tormentas en la zona de estudio	39
4.1.2.1 Estimación de la Avenida máxima probable	39
4.1.2.2. Hietograma de Precipitación	40
4.1.2.3. Frecuencia de tormenta	41
4.1.3. Análisis de la erosión y transporte de sedimentos utilizando el modelo KINEROS ..	43
4.1.3.1. Descripción del modelo	43
4.1.3.2. Configuración	44
4.1.3.3. Simulación	48
4.2. Evaluación de la producción de sedimentos en zonas críticas de la cuenca del Río	
Santa	48
4.2.1. Caracterización de la subcuenca Tablachaca	50
4.2.2. Análisis y tratamiento de información pluviométrica	51
4.2.3. Análisis de erosión y transporte de sedimentos utilizando el modelo SWAT.....	53
4.2.3.1. Descripción del modelo	53
4.2.3.2. Configuración del Escenario 1	55
4.2.3.3. Simulación y calibración del modelo	61
4.2.4. Escenarios alternativos de cobertura vegetal en la subcuenca de Tablachaca	66
4.2.4.1. Escenario 1	66
4.2.4.2. Escenario 2	66
4.2.4.3. Escenario 3	67
4.2.4.4. Escenario 4	68
4.2.4.5. Escenario 5	68
4.3. Análisis y generación de registros de caudales utilizando el modelo estocástico SAMS	
2007	69
4.3.1. Descripción del modelo	69
4.3.2. Configuración	69
4.4. Metodología de estimación de volumen muerto de la Presa Palo Redondo.....	72
4.4.1. Estimación de sedimentos en la Estación Condorcerro	72
4.4.2. Sedimentos que ingresan al sistema Chavimochic	73
4.4.3. Eficiencia de atrape de la presa	74
4.4.4. Peso específico aparente de los sólidos.....	74
4.4.5. Síntesis de la metodología a emplear	76
5. Resultados.....	78
5.1. Análisis de las potenciales causas y consecuencias de la sedimentación de la Presa	
Palo Redondo	78
5.1.1. Potenciales Causas	78
5.1.2. Potenciales Consecuencias.....	78
5.2. Resultados de la evaluación de la producción de sedimentos en Palo Redondo.....	79
5.2.1. Mapa de erosión en la cuenca Palo Redondo	80
5.2.2. Estimación del volumen de sedimentos	80
5.2.2.1. Sedimentos originados por Tormentas	80
5.2.2.2. Sedimentos originados por descargas de la Quebrada Palo Redondo.....	81
5.2.3. Propuestas de medidas estructurales de control de sedimentos.....	82
5.3. Resultados de la producción de sedimentos en zonas críticas del Santa	85
5.3.1. Mapa de erosión de la cuenca de Tablachaca	85
5.3.2. Estimación del volumen de sedimentos	85
5.3.3. Comparación de la erosión y cantidad de sedimentos producidos en cada escenario	
propuesto.	87
5.4. Cálculo del volumen muerto en la Presa Palo Redondo.....	88
5.4.1. Comparación del volumen muerto calculado para cada escenario propuesto	88
5.4.2. Análisis del Volumen Muerto calculado por el PECH	89
5.4.3. Propuestas de medidas no estructurales para controlar la producción de	
sedimentos en Tablachaca	90

6. Conclusiones y Recomendaciones	95
6.1. Conclusiones	95
6.2. Recomendaciones	98
Referencias	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de Pendientes durante la erosión (Rocha, 1998)	4
Figura 2. Ciclo hidrológico del agua (Adaptado de Bayes, 2000)	7
Figura 3. Tipos de raíces (García-Chevesich, 2008)	11
Figura 4. Diagrama de Hjulstrom (Adoptado de Hjulstrom, 1935)	14
Figura 5. Esquema general de un embalse (De Cesare, 1998)	14
Figura 6. Embalse lateral con respecto al río (Rocha, 2011)	16
Figura 7. Embalse lateral con respecto al río y al canal (Rocha, 2011)	16
Figura 8. Embalse lateral con respecto al río y frontal respecto al canal (Rocha, 2011)	16
Figura 9. Curva de capacidad de Poechos	20
Figura 10. Localización del área de estudio.....	23
Figura 11. Aportación anual del río Santa (ANA, 2015).....	25
Figura 12. Aportación mensual promedio (hm3) del periodo 1965-2013 (ANA, 2015)	26
Figura 13. Tipos de suelo de la cuenca del Santa	26
Figura 14. Mapa de pendientes de la cuenca del Santa.....	28
Figura 15. Cobertura vegetal de la cuenca del Santa (Fuente: MINAM, 2015).....	28
Figura 16. Estructura de captación Chavimochic (PECH, 2013)	30
Figura 17. Eficiencia del desarenador con y sin polímero en el periodo 2004-2006 (PECH, 2013).....	33
Figura 18. Áreas de irrigación al final de la III Etapa del Proyecto Chavimochic (PECH, 2016)	34
Figura 19. Esquema de la Presa Palo Redondo	35
Figura 20. Curva de embalse real que procede de la actualizada (CHAVIMOCHIC, 2013)	36
Figura 21. Curva hipsométrica de la Qda Palo Redondo	38
Figura 22. Hietogramas Tipo I y II de la SCS.....	40
Figura 23. Discretización de la subcuenca Palo Redondo	45
Figura 24. Modelo de Elevación Digital de la subcuenca Palo Redondo	45
Figura 25. Cobertura de suelo en la subcuenca Palo Redondo	47
Figura 26. Tipos de suelo en la subcuenca de Palo Redondo.....	47
Figura 27. Subcuencas del Santa	49
Figura 28. Curva hipsométrica de la subcuenca Tablachaca	51
Figura 29. Precipitación mensual media multianual de 1981 al 2016 para las estaciones de estudio.....	53
Figura 30. Subcuencas de Tablachaca	55
Figura 31. Mapa de cobertura de la subcuenca Tablachaca	58
Figura 32. Mapa de tipos de suelos de la subcuenca Tablachaca. (Fuente: Elaboración propia basada en FAO, 2015)	59
Figura 33. Mapa de pendientes de la subcuenca Tablachaca	60

Figura 34. Distribución de estaciones de precipitación en la Subcuenca de Tablachaca	61
Figura 35. Comparación de los caudales mensuales observados y simulados	64
Figura 36. Mapa de intensidad de erosión de la cuenca de Tablachaca	67
Figura 37. Cobertura del Escenario 3	67
Figura 38. Cobertura del Escenario 4	68
Figura 39. Cobertura del Escenario 5	68
Figura 40. Caudales mensuales de la estación Santa (m ³ /s)	70
Figura 41. Registro sintético generado en SAMS para la estación Santa	72
Figura 42. Caudales vs Concentraciones en la estación Santa	72
Figura 43. Variación del peso específico de los sólidos sumergidos	76
Figura 44. Diagrama de Flujo del Cálculo del Volumen Muerto.....	77
Figura 45. Hidrograma.....	79
Figura 46. Sedigrama	80
Figura 47. Mapa de erosión de la subcuenca Palo Redondo	80
Figura 48. Presa tipo ranurada. – SABO dam Abierta Boyong River, Indonesia (Extraído de http://www.internationalfloodnetwork.org).....	83
Figura 49. Presa tipo ventana (Extraído de http://www.pref.wakayama.lg.jp).....	83
Figura 50. Presa con estructura metálica. Uesugi-tani river, Japón. (Extraído de SABO Division).....	84
Figura 51. Presa con red metálica. Mount Tateyama, Japan (Extraído de Mizuyama, 2008)	84
Figura 52. Mapa de Erosión Tablachaca.....	85
Figura 53. Curva de producción de sedimentos en Tablachaca	86
Figura 54. Red hidrográfica del Tablachaca.....	86
Figura 55. Caudales vs Concentraciones de la Estación Tablachaca	88

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Tamaño de sedimentos	5
Tabla 2. Grupo hidrológico del suelo.....	9
Tabla 3. Clasificación de topografía según pendientes	10
Tabla 4. Comparación entre tipos de embalse.....	17
Tabla 5. Características de la cuenca del Santa.....	24
Tabla 6. Tipos de suelo en la cuenca del Santa	27
Tabla 7. Cobertura vegetal de la cuenca del Santa	29
Tabla 8. Características morfológicas de la subcuenca de Palo Redondo.....	37
Tabla 9. Estaciones usadas para cálculo de la PMP.....	39
Tabla 10. Registro de Meganiños	41
Tabla 11. Tipos de Flujos superconcentrados	42
Tabla 12. Modelos de erosión de cuenca orientado a eventos	43
Tabla 13. Reclasificación de la cobertura de suelo según NALC	46
Tabla 14. Aporte de sólidos de las estaciones Tablachaca y Santa	49
Tabla 15. Características morfológicas de la Subcuenca de Tablachaca	50
Tabla 16. Estaciones de precipitación en la subcuenca de Tablachaca	52
Tabla 17. Análisis de datos faltantes en la Estación Santiago de Chuco	52

Tabla 18. Análisis de datos faltantes en la Estación Cabana	52
Tabla 19. Análisis de datos faltantes en la Estación Mollepata	52
Tabla 20. Correlación lineal entre datos ANA y PISCO	52
Tabla 21. Reclasificación de la cobertura de suelo según SWAT	58
Tabla 22. Porcentaje de aporte hídrico de la estación Tablachaca al río Santa	62
Tabla 23. Parámetros de calibración de caudales en un modelo SWAT	63
Tabla 24. Calificación de los indicadores de ajuste	64
Tabla 25. Índices estadísticos de la simulación de caudales	65
Tabla 26. Parámetros de calibración de sedimentos en un modelo SWAT	65
Tabla 27. Índices estadísticos de la simulación de concentraciones.....	66
Tabla 28. Número de curva para condición hidrológica media.....	66
Tabla 29. Estadísticas en la estación Santa	70
Tabla 30. Valores estadísticos para la serie estocástica de caudales en la Estación Santa	71
Tabla 31. Concentraciones promedio del 2000-2010	73
Tabla 32. Tipo de reservorio según operación	75
Tabla 33. Peso específico inicial según tipo de reservorio	75
Tabla 34. Factor K según tipo de reservorio.....	75
Tabla 35. Densidad y Factor K para Presa Palo Redondo	75
Tabla 36. Síntesis de Resultados KINEROS	81
Tabla 37. Coeficiente de bifurcación de la cuenca hidrográfica de Tablachaca.....	87
Tabla 38. Tasa de erosión media para cada escenario de cobertura en Tablachaca	87
Tabla 39. Ecuaciones de Concentraciones para cada escenario	88
Tabla 40. Resultados del volumen muerto proveniente del canal de alimentación.....	89
Tabla 41.Registro de caudales mensuales promedio estimados por el PECH a la salida del desarenador	89
Tabla 42. Comparación de concentraciones estimadas por el PECH y por el presente estudio.....	90
Tabla 43. Costos de obras de reparación de suelos y protección de cuenca	93

1. Introducción

1.1. Formulación del problema

Si bien el Perú es considerado el octavo país con mayor disponibilidad hídrica del mundo (IPCC, 2007), la costa peruana es una región cuyo desarrollo y sostenimiento hídrico depende principalmente de ríos de flujo irregular. Por tal motivo, existe la necesidad de embalsar el agua mediante represas.

Las represas son estructuras de gran impacto que depende de las condiciones climáticas y geomorfológicas. Teniendo en cuenta el paso del canal de río de un sistema lótico a uno léntico se suscitan cambios hidrológicos en el ecosistema como disminución en la calidad del agua, disminución de nutrientes, eutrofización del reservorio, variación de las especies que habitan el cuerpo de agua, problemas de salinización en los suelos, erosión en la parte baja de la cuenca. Así también, inundaciones en las extensiones de la represa originando la necesidad de movilización de la población, entre otros (Ríos, 2013). Además de un gran impacto económico en proporción de la magnitud del proyecto que involucre el represamiento.

Debido a lo descrito, la construcción de estas estructuras no puede ser indiscriminadas, sino que se debe evaluar los beneficios en comparación de su impacto económico, social y ambiental. Asimismo, se debe reducir la necesidad de nuevas represas con un adecuado control y mantenimiento de las ya existentes en el país.

Las represas son diseñadas con una vida útil entre 50 y 150 años (Ortúzar, 2014) y una capacidad de almacenamiento que varía de acuerdo con su tipo, disponibilidad y demanda hídrica. Sin embargo, la colmatación producida por el arrastre de sedimentos de los flujos que son embalsados influye en la reducción de vida útil de la presa, la capacidad del embalse, la satisfacción de las demandas de los usuarios y la calidad del agua almacenada.

Cuando se construye una presa, una parte de los sólidos transportados por la corriente queda retenida en el embalse (García, 1985). Así pues, en el diseño de embalse se dispone de un volumen de azolves el cual se llenará con el transcurso del tiempo. Para ello se debe estimar cuál es la cantidad de sedimentos que traerá el río en años futuros y calcular el porcentaje que retendrá el embalse (Rocha, 1990). Debido a que lo anterior es solo una estimación que a veces no contempla distintos factores muchas veces el volumen de azolves es rebasado rápidamente originando la pérdida del volumen útil del embalse.

Por una parte, la prevención ante una colmatación acelerada se basa en un adecuado estudio del terreno y todos los factores (clima, fenómenos como El Niño, alteración del ecosistema entre otros) que puedan afectar a la presa en su tiempo de vida. Este estudio debe ser desarrollado teniendo en cuenta los eventos pasados, su recurrencia y probabilidad de excedencia.

Por otra parte, no se puede establecer una solución definitiva a la colmatación, pero sí puede ser minimizada. La mitigación se puede aplicar a dos niveles. Uno sobre el medio productor de sedimentos (la cuenca), promoviendo la minimizando la producción y movilización de sedimentos. El otro a nivel de la propia obra hidráulica, maximizando el control sobre el paso de los sedimentos por el vaso de embalse. Esto con medidas como la disposición de un volumen amplio de azolves, la incorporación de sistemas de purga,

la construcción aguas arriba de presas para la retención de sedimentos, así como la remoción mecánica de los sedimentos. Sin embargo, muchas de las técnicas a usar son demasiado costosas por lo cual se suele optar por dejar que la presa llegue a ser inservible y, en el mejor de los casos, construir otra en su reemplazo.

En el Perú, son altamente vulnerables las grandes presas ubicadas en las cuencas bajas de la Vertiente del Pacífico norte, caracterizadas por relieves muy irregulares, abruptos y escarpados; además de fuertes pendientes, suelos inestables, escasa cobertura vegetal y un régimen de intensas y recurrentes precipitaciones (Rocha, 2006). Bajo dichas circunstancias se construyeron algunas de las presas más grandes del país, como son Poechos y Gallito Ciego, las cuales han perdido más del 50% de su capacidad total en menos de 50 años de operaciones.

Las referencias de colapso prematuro, consecuencia del alto potencial de degradación hídrica de las cuencas de la vertiente del pacífico, sugiere no construir grandes presas en las cuencas bajas de dichas características hidrológicas (Rocha, 2006), a no ser que se implementen rigurosos programas de manejo de cuenca y control de sedimentos; de preferencia un poco antes o por lo menos al mismo tiempo que la ejecución física del proyecto.

Por ello, la construcción de la Presa de Palo Redondo, parte de la tercera etapa del proyecto Chavimochic, la cual capta aguas de la cuenca hidrográfica del río Santa, ubicada en la vertiente del pacífico, ha sido tema de debate. Rocha (1999) indica que la cantidad de sedimentos que podrían llegar a Palo Redondo sería muy alta debido a la gran producción de la cuenca y a lo deficiente que sería el desarenador Chavimochic.

Ante esto surgen como interrogante si el desempeño de la futura Presa Palo Redondo será adecuado o sufrirá un colapso prematuro debido al exceso de sedimentación como ocurre con presas de características semejantes. En específico: ¿Cuáles serán las tasas de sedimentos que ingresarán al sistema Chavimochic? ¿Qué medidas estructurales pueden implementarse para reducir la cantidad de sedimentos que llegue al reservorio? ¿Cuáles son los métodos de manejo de cuenca y en qué zonas del Santa deberían ser aplicados para disminuir la tasa de producción de sedimentos en la cuenca?

1.2. Hipótesis

La tasa de sedimentos que llegara a la presa Palo Redondo será mucho mayor a la prevista en su diseño, siempre que no se implementen medidas de control y mitigación de sólidos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar el riesgo de sedimentación del potencial embalse Palo Redondo del sistema hidráulico Chavimochic, proponiendo alternativas para reducir sus impactos.

1.3.2. Objetivos específicos

- i. Estudiar el proceso de sedimentación en embalses y sus causas en embalses de la costa del Perú
- ii. Evaluar las potenciales causas y consecuencias de sedimentación del futuro embalse Palo Redondo

iii. Evaluar la producción de sedimentos en la subcuenca Palo Redondo ante eventos extremos proponiendo medidas de estructurales de control.

iv. Evaluar la producción de sedimentos en zonas críticas de la cuenca del Río Santa

1.4. Justificación

Es importante instar a una mayor preocupación en el estudio sedimentológico de las presas y su área de influencia para poder determinar las causas de una colmatación acelerada y tomar medidas de prevención. Precisamente por la ausencia de preocupación, recursos y fuentes bibliográficas los diseños de muchas de las represas peruanas no han cumplido con sus expectativas de capacidad. Gracias a estudios como el presente se aportará conocimiento necesario a considerar en el diseño de represas en cuanto a deposición de sedimentos. Con mayores consideraciones se podría prolongar el tiempo de vida útil de las represas y con ello los beneficios que estas generan.

1.5. Alcances

Se identificará los principales factores de riesgo de sedimentación acelerada en la Presa Palo Redondo a través de un análisis del sistema de captación Chavimochic y la cuenca del Santa.

Se propondrán medidas estructurales que controlen las descargas esporádicas de la subcuenca Palo Redondo y medidas de mitigación de la erosión en las zonas críticas de la cuenca del Santa.

1.6. Metodología de trabajo

i. Revisión de la literatura: se efectuará la búsqueda bibliográfica de artículos, tesis, libros, revistas y páginas web con el propósito de entender los principales factores que afectan el proceso de sedimentación de un embalse y la forma en que estos han impactado en embalses peruanos con características similares a los de la presa de estudio.

ii. Modelación en KINEROS: se modelará en el programa KINEROS la subcuenca de Palo Redondo para estimar la cantidad de sedimentos que podrían originar las descargas esporádicas de la Quebrada Palo Redondo.

iii. Modelación en SWAT: se modelará en el programa ArcSwat la zona más crítica en cuanto a producción de sedimentos de la cuenca del Santa

iv. Resultados y comentarios:

Se estimará el volumen de azolves de la Presa Palo Redondo por parte de la subcuenca del mismo nombre y por aporte del canal de alimentación.

Se propondrán medidas estructurales a implementarse en el área de la subcuenca Palo Redondo.

Se propondrán algunas medidas de manejo de cuenca en las zonas más propensas a la erosión de la cuenca del Santa.

v. Conclusiones y recomendaciones: se presentarán las conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

2. Marco Teórico

2.1. Conceptos básicos

2.1.1. Gradación

Se denomina agente geomórfico a un medio natural capaz de remover y transportar los materiales terrestres. El agua y el viento, como tales, son capaces de remover materiales de una parte de la tierra y trasladarlo a otra. En este contexto se debe definir la “gradación” como un fenómeno que tiende a llevar a un mismo nivel a todos los puntos de la litósfera pudiendo distinguirse en dos categorías: degradación y agradación. Por una parte, la primera hace referencia a la disminución de niveles y los procesos de erosión y socavación. Por otra parte, la agradación tiende a igualar los niveles a través de un proceso de sedimentación que consiste en la deposición de materiales sólidos (Rocha, 1998)

El transporte de sedimentos se puede dar por escorrentía superficial sobre la cuenca de drenaje o por trabajo del agua en los cauces. Por un lado, las crecientes que llevan las corrientes originan escurrimiento el cual puede tener la capacidad para vencer la resistencia del suelo de las laderas a la erosión. Asimismo, estas pueden transportar una gran cantidad de material pendiente abajo hacia los cauces de los ríos (García-Chevesich, 2008). Por otro lado, el agua que fluye a lo largo de los cauces naturales también cumple su función como un agente geomórfico.

Entonces, un estudio de transporte de sedimentos inicia con el fenómeno de degradación y finaliza con el estudio de la agradación, es decir la sedimentación de este material hasta la zona en que el flujo ha transportado el sedimento. Un río ofrece de modo natural una tendencia a la incisión o socavación en los tramos altos y al relleno o sedimentación en los tramos bajos como evolución morfológica hacia un perfil equilibrado (Vide, 2003). Así, producto de los fenómenos de gradación, la pendiente endogenética (pendiente original) del terreno se ve modificada (como se muestra en la Figura 1). A esta nueva pendiente se le denomina exogenética.

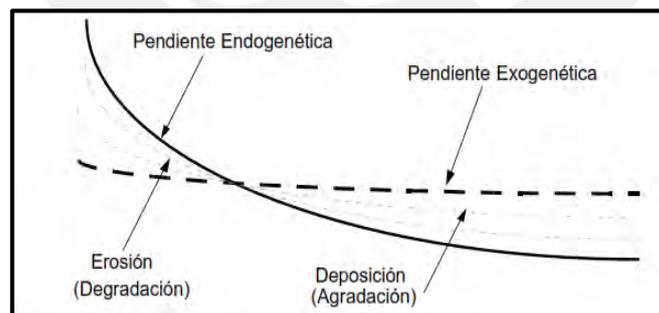


Figura 1. Variación de Pendientes durante la erosión (Rocha, 1998)

2.1.2. Propiedades de los sedimentos

Se entiende por sedimento a toda partícula de suelo y roca que es transportada por una corriente de agua. Estos tienen su origen en el lecho, en las laderas del río y en la cuenca hidrográfica; y se pueden transportar en solución, suspensión y por carga de fondo. Estos sedimentos sufren cambios debido a los fenómenos de abrasión y al de selección hidráulica. El primero se refiere a la reducción en tamaño de las partículas de sedimento

como consecuencia de su transporte. El segundo consiste en el agrupamiento o separación de partículas en función a su similitud con el flujo (Vanoni, 2006).

En general, el proceso de transporte de sedimentos depende del flujo involucrado, así como de las propiedades del propio sedimento, ya sea como partícula o como conjunto de sólidos (Vanoni, 2006).

a. Tamaño

La propiedad más importante de la partícula es el tamaño. Según American Geophysical Union, se pueden diferenciar las siguientes texturas según su diámetro:

Tabla 1. Tamaño de sedimentos

Nombre	Tamaño (mm)
Arcillas	0.00024 – 0.004
Limos	0.004 – 0.062
Arenas	0.062- 2.00
Gravas	2.00- 64
Guijardos	64- 256
Cantos Rodados	256 – 4,006

Fuente: Wentworth, 1922

b. Velocidad de sedimentación

La velocidad de sedimentación de una partícula tiene igual importancia que su diámetro debido a que permite la caracterización del flujo. La velocidad de una partícula es distinta a la de un conjunto de estas debido a la interferencia entre partículas. En un conjunto de partículas lo bastante cercanas, estas caen con una velocidad mayor a la de velocidad de caída de una sola partícula. Mientras que, si las partículas están dispersas, la interferencia entre las partículas vecinas tiende a reducir su velocidad de caída (Vanoni, 2006).

c. Peso específico sumergido

Esta propiedad se define como el peso específico del material saturado al estar sumergido en agua. Se entiende que, a medida que pase el tiempo esta propiedad aumentará su valor por lo que, al plantearse la construcción de una presa, se debe estimar con cautela el peso específico sumergido de los sedimentos en el tiempo de vida útil de la presa. Rocha, 1990, indica que, en casos extremos, el peso específico de sedimentos sumergidos en un embalse al cabo de 50 años sería de 640 Kg/m^3 para sedimentos constituidos por arcilla principalmente y 2080 Kg/m^3 para aquellos constituidos por arenas y gravas.

2.1.3. Tipos de erosión

Se distinguen varios tipos de erosión según las diferentes etapas del proceso.

El primer tipo es la erosión por salpicadura, ocasionada por el impacto de las gotas de lluvia, las cuales al caer del cielo en altas velocidades golpean la superficie del suelo. El suelo se compacta directamente debajo de la gota y dispersa las partículas desprendidas del suelo (Bayes, 2000).

A solo minutos de una tormenta, el agua turbia comienza a penetrar en el suelo y las partículas se filtran. Estas partículas, junto con la compactación del suelo y el charco, se combinan para formar una capa de suelo que tiene una tasa de infiltración mucho más

lenta que la del suelo anterior. En consecuencia, provoca escorrentía en lugar de infiltración (Bayes,2000). Con superficies uniformes y de poca inclinación (menor al 3%), el agua que escurre origina erosión laminar, la cual consiste en la remoción de una delgada y homogénea capa de suelo superficial. Este tipo de erosión es uniforme en casi toda la superficie del terreno y origina que las raíces de plantas y árboles queden progresivamente expuestas, y aparezcan afloramientos rocosos. (Endesa,2011).

Si bien la erosión laminar puede pasar desapercibida porque su efecto es relativamente lento y uniforme, con el tiempo, la erosión de la lámina se deteriora para formar pequeños surcos en la pendiente. Esto inicia un nuevo tipo de erosión denominada erosión de surcos. Los canales pequeños intensifican el proceso de erosión de la superficie porque los canales creados reducen la fricción y aumentan la velocidad del agua, lo cual a su vez permite el transporte de partículas más grandes y en mayor cantidad (Bayes, 2000).

En una etapa más avanzada en la erosión de surcos, surgen grandes zanjas de más de 70 cm de profundidad, que incluso crean grandes canales, a lo que se denomina erosión en cárcavas (Endesa, 2011). Las gargantas grandes permiten que grandes cantidades de agua se muevan rápidamente y estas grandes cantidades de agua pueden recoger incluso más tierra. En los barrancos, la congelación y descongelación puede provocar deslizamientos y movimientos de grandes conglomerados de suelo. Estos movimientos de grandes conglomerados de suelo crean aún más erosión porque exponen el suelo no compactado, que es más susceptible al agua.

Cuando la escorrentía alcanza el canal principal, el proceso de erosión no se detiene, sino que comienza la siguiente forma de erosión. Como los canales tienden a serpentear; esto provoca erosión a lo largo de la orilla del canal. El agua corta en la orilla y erosiona los suelos. Dentro del canal, las fuerzas de cizallamiento, debido al gradiente de velocidad, actúan sobre el suelo a lo largo del lecho y las orillas del canal y el suelo se erosiona (Bayes, 2000).

2.1.4. Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es una unidad de área de tierra en la que el agua superficial fluye cuesta abajo hacia una salida común (Bayes,2000). Asimismo, se sabe que una cuenca es un sistema integrado por varias subcuencas, las cuales, a su vez, están integradas de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanentes (Ordoñez,2012).

Una cuenca incluye ecosistemas terrestres y acuáticos, y sus límites se establecen por el parteaguas desde donde escurre el agua que se precipita en el territorio delimitado por este, hasta el punto de salida.

Se pueden clasificar tres tipos principales de cuencas hidrográficas según el tipo de drenaje de sus aguas: cuencas endorreicas, exorreicas y arreicas. Las cuencas endorreicas son aquella en las que las aguas no llegan al mar, produciendo la formación de un sistema de agua estancadas. Las cuencas exorreicas son aquellas que drenan sus aguas al mar o al océano y que por lo tanto no quedan encerradas entre los diferentes conjuntos de montañas. Las cuencas arreicas son aquellas en las que las aguas se evaporan o filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje (EcuRed,20018).

En general, en una cuenca hidrográfica, se distinguen tres sectores característicos: Alto, medio y Bajo (Llerena, 2003).

Se denomina cuenca alta a la zona donde nace el río, correspondiente generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros limitadas en su parte superior la divisoria de las aguas. Cuenca media, a la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido traído de la corriente y el material que sale, dado que se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido. Por último, cuenca baja, a la parte de la cuenca en la que el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales (Ordoñez, 2012), en la que el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se conoce como cono de deyección (EcuRed, 2018).

2.1.5. Ciclo Hidrológico

El concepto básico de análisis de cuencas hidrográficas es el ciclo hidrológico. El ciclo hidrológico es un sistema continuo en el que el agua se transporta mediante varios métodos, como se muestra en la Figura 2. El agua es introducida a la superficie del suelo por precipitación. Desde allí, el agua puede infiltrarse, o filtrar, el suelo y fluir como agua subterránea o puede correr a la masa de agua. Las plantas usan el agua subterránea y emiten el agua al aire por transpiración. Además, el agua se evapora de la escorrentía y los cuerpos de agua. El agua evaporada y transpirada se une en el aire para formar nubes y comenzar el ciclo precipitándose (Bayes, 2000).

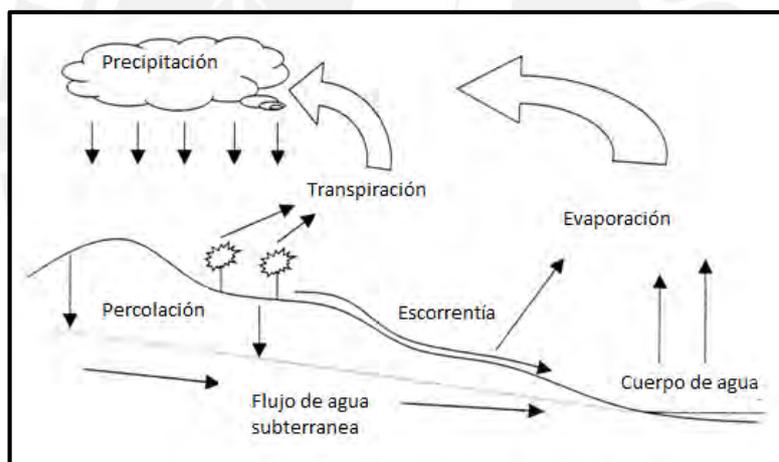


Figura 2. Ciclo hidrológico del agua (Adaptado de Bayes, 2000)

2.2. Proceso de transporte de sedimentos

2.2.1. Degradación

El material sólido puede clasificarse en cohesivo y no cohesivo. Los últimos son aquellos cuya fuerza erosiva depende únicamente de las propiedades de la partícula como la forma, el peso, la densidad. En esta categoría están incluidos los sedimentos gruesos tales como la grava y la arena. En tanto, los sedimentos cohesivos son aquellos cuya resistencia al inicio del movimiento o a la erosión depende además de una fuerza generada por el enlace entre partículas. Esta fuerza cohesiva puede pesar más que las propias características de la partícula. En esta clasificación se encuentran las arcillas (Vanoni, 2006). En general, las partículas cohesivas cuentan con más resistencia a la erosión.

Los materiales se degradan en diferentes tiempos. Sin embargo, la degradación final de suelos cohesivos o cementados puede ser tan profunda como la de suelos arenosos, variando el tiempo en el cual se produce.

Existen varios factores de influencia en la erosión, entre los que destacan:

2.2.1.1. Variables climáticas

Por un lado, la lluvia es la variable climática de mayor influencia en los procesos de erosión hídrica. El impacto de esta variable depende de la intensidad de la tormenta ($\frac{mm}{h}$), y la duración.

a. Según intensidad de tormenta

En una tormenta de intensidad baja, las tasas de infiltración no son superadas por lo que se produciría escurrimiento superficial evitando la erosión laminar, y la formación riles y cárcavas. Asimismo, el tamaño de las gotas no cuenta con la suficiente energía cinética para producir una erosión relevante.

En una tormenta intensa, por lo contrario, se presenta un alto potencial erosivo y se genera escorrentía superficial.

Normalmente, se cumple una relación directamente proporcional entre el diámetro medio de las gotas de lluvia y la intensidad de la tormenta para intensidades inferiores a $100mm/h$ o superiores a $200 mm/h$. Mientras que, para intensidades entre 100 y $200 mm/h$ la relación es inversamente proporcional debido a la inestabilidad de las turbulencias sobre las grandes gotas (UNESCO,2010). En general, las características precipitacionales tienen una alta variabilidad geográfica.

b. Según duración de tormenta

Mientras más larga sea la tormenta habrá una mayor contribución del área de la cuenca, lo cual incrementaría los caudales en los cursos de agua y generaría mayor escurrimiento superficial. Además, el tiempo transcurrido desde la tormenta anterior afecta directamente las condiciones iniciales de humedad en el suelo al inicio de la siguiente tormenta (Garcia-Chevesich, 2008)

Por otro lado, la temperatura es otra variable de importancia. Mientras más baja sea temperatura de las gotas de lluvia, estas infiltrarán menos en el suelo produciendo una mayor facilidad de escurrimiento superficial. Por lo tanto, las tormentas producidas en invierno, bajo las mismas características de duración e intensidad, originarían mayores pérdidas de suelo que en otras estaciones (Garcia-Chevesich, 2008)

Asimismo, ya que el desprendimiento de partículas se produce cuando el suelo está seco, estas ocurren predominantemente en regiones de climas áridos o semiáridos como los de la costa norte peruana.

2.2.1.2. Textura, estructura, permeabilidad y materia orgánica

La erodabilidad del suelo indica la vulnerabilidad de este a la erosión y está en función del porcentaje de materia orgánica, de la estructura, de la permeabilidad, del porcentaje de limos, de arena muy fina y del porcentaje de arcillas.

La materia orgánica aumenta la aireación, infiltración y la cohesividad interparticular del suelo además de agregar nutrientes que facilitan el crecimiento vegetal.

La estructura y la permeabilidad influyen en la cohesividad de las partículas y la infiltración del agua entre los conglomerados. Los suelos sin estructura definida, así como los suelos de estructura granular suelen tener una alta capacidad de infiltración. Mientras que, los suelos de estructura masiva y plateada son más fáciles de erosionar.

Otra de las variables que definen la erodabilidad del suelo es su textura. Por un lado, las partículas más resistentes a la erosión son las más finas y las más pesadas, debido a la alta cohesividad de las primeras y al peso de las últimas. Por otro lado, las partículas medianas son las más fáciles de erosionar por no poseer cohesividad ni peso relevante. Debido a lo mencionado, el porcentaje de limo en el suelo es decisivo por tratarse de partículas definidas entre las arenas y las arcillas (García-Chevesich, 2008).

En la Tabla 2 se muestran los cuatro grupos hidrológicos del suelo clasificados según el nivel de capacidad de infiltración de los suelos cuando están muy húmedos. Se puede apreciar que las texturas con mayor contenido de arena y limo son las que permiten una mayor infiltración; mientras que a mayor contenido de arcillas la infiltración será más lenta.

Tabla 2. Grupo hidrológico del suelo

Grupo Hidrológico del Suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Capacidad de Infiltración (mm/h)	Textura
A	Rápida	$> 76 \frac{mm}{h}$	Arenosa Arenosa-Limosa Franca Franco-Arcillosa
B	Moderada	$76-38 \frac{mm}{h}$	Arenosa Franco-Limosa Franco-Arcillosa
C	Lenta	$36-13 \frac{mm}{h}$	Franco-Arcillo-Limosa Arcillo-Arenosa
D	Muy lenta	$<13 \frac{mm}{h}$	Arcillosa

Fuente: FAO, 2018

2.2.1.3. Topografía

La distancia horizontal por la que viaja una partícula está directamente relacionada con la inclinación de la pendiente. Asimismo, la longitud de la pendiente influye en la profundidad y por lo tanto en el poder erosivo del flujo superficial, siendo estas variables mayores en las secciones más bajas de la ladera, debido a una mayor área de contribución (García-Chevesich, 2008).

Además, las pendientes más inclinadas producen más erosión debido al aumento de la velocidad del flujo superficial.

Es importante por lo tanto clasificar la topografía del terreno según sus pendientes. La clasificación más usada se indica en la Tabla 3:

Tabla 3. Clasificación de topografía según pendientes

Clase	Pendiente (%)
Plana o casi plana	0-3
De ligeramente ondulada a ligeramente inclinada	3-7
De moderadamente ondulada a fuertemente inclinada	7-12
De fuertemente ondulada a fuertemente inclinada	12-25
Ligeramente empinada	25-50
Escarpada	50-75
Muy escarpada	>75

Fuente: IGAC, 1999

2.2.1.4. Vegetación

La vegetación actúa como cubierta protectora entre el suelo y la atmósfera; además de brindar mayor rugosidad al terreno originando una reducción en la velocidad del flujo. La efectividad de la vegetación depende de la altura, continuidad de la copa de los árboles, y de la densidad de la cobertura superficial. Si bien las copas de los árboles interceptan la lluvia, estas no reducen la energía cinética de las gotas de agua. En consecuencia, las tasas de erosión de impacto bajo las copas de los árboles pueden ser hasta tres veces mayores que las producidas por suelos desnudos que reciben directamente la precipitación (García-Chevesich, 2008)

No obstante, se puede reducir la energía cinética gracias a especies frondosas, de ramas horizontales y copas relativamente bajas o tipos de hojas como las ciculas de especies pináceas las cuales tienen la capacidad de desintegrar las gotas de lluvia. Asimismo, existen hojas que actúan como microcuencas formando gotas de mayor tamaño como son las hojas palmadas, lobuladas, etc (García-Chavesich, 2008). Además, cortezas lisas generan mayor escurrimiento, mientras que las rugosas retienen una mayor cantidad de agua de lluvia. En general, mientras más densa y homogénea sea la cubierta vegetal, mayor es su efectividad en la disminución de la erosión laminar.

La cubierta vegetal también reduce la velocidad del viento originando que el viento a ras del suelo no cuente con energía suficiente para desprender y transportar las partículas.

Las raíces de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas mantienen el suelo en su lugar. La presencia de raíces profundas ayuda a prevenir movimiento de masas en laderas, principalmente porque dichas masas se encuentran “ancladas” a la tierra gracias a las raíces de los árboles. Asimismo, las raíces superficiales finas ayudan a sujetar el suelo, formando un conglomerado firme y difícil de romper (Morgan, 2005)

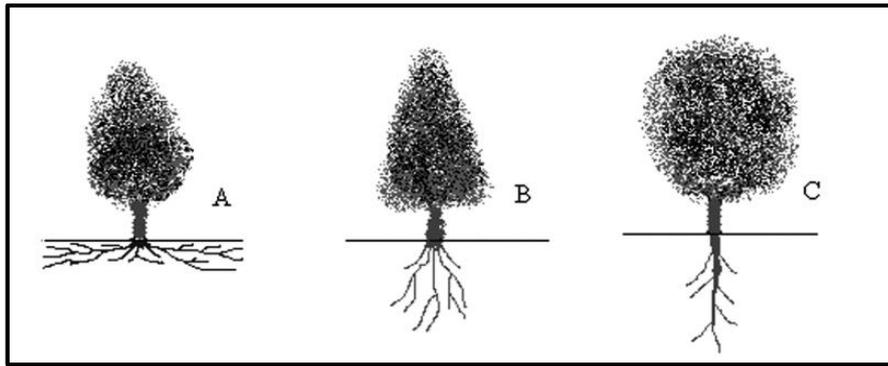


Figura 3. Tipos de raíces (García-Chevesich, 2008)

Las raíces superficiales (A) son las más propicias para controlar la erosión hídrica y eólica. Mientras que raíces más profundas (B y C) ayudan a prevenir movimientos de masas en pendientes.

También es preciso resaltar la importancia de las hojarasca, las cuales son capas que se depositan en la superficie de ambientes boscosos y están constituida por material vegetal no descompuesto, descompuesto parcialmente y totalmente descompuesto.

La hojarasca impide que las gotas de lluvia impacten directamente contra la superficie del suelo. Asimismo, aumenta la rugosidad de la superficie por lo que la velocidad del flujo se ve disminuida. Además, produce un suelo más nutritivo y húmedo que facilita el establecimiento de especies vegetales (García-Chevesich, 2005).

2.2.1.5. Uso de Tierra

Las distintas acciones que se realizan sobre el suelo originan cambios en las coberturas e influyen directamente en la erosión de la tierra.

Por una parte, se tienen actividades que afectan negativamente en el suelo, potenciando su erosión:

La tala rasa y la construcción de caminos implican remoción de la capa superficial del suelo, la formación de taludes, riles, entre otros, los mismos que estarán expuestos a lluvias por periodos suficientes para iniciar su erosión. Asimismo, representan una gran alteración en el ciclo hidrológico produciendo una disminución de la interceptación de copa y la capacidad de infiltración de los suelos, debido al uso de maquinaria pesada, lo que genera gran cantidad de erosión. Además de provocar cambios severos en la acidez del suelo afectando sus propiedades biológicas.

El sobrepastoreo disminuye la cubierta vegetal protectora, además de compactar el suelo produciendo más escurrimiento superficial.

La minería es otro factor de importancia sobre todo cuando se practica en zonas con climas lluviosos. Los relaves son el mayor problema pues producen elementos tóxicos que dificultan el establecimiento de vegetales.

Los incendios forestales y quemas controladas alteran fuertemente el ciclo hidrológico de las cuencas, disminuyendo la interceptación, exponiendo el suelo y creando, muchas veces,

una capa hidrofóbica, lo cual elimina la infiltración incrementando el escurrimiento superficial.

Por otra parte, existen actividades que favorecen el estado del suelo y equilibran los daños anteriormente mencionados denominadas prácticas de conservación, las cuales tienen por objetivo favorecer el crecimiento vegetal, estabilizar la tierra y mejorar la infiltración y los nutrientes del suelo disminuyendo la erosión. Entre estas actividades se encuentran las construcciones de terrazas, zanjales de infiltración, diques estabilizadores, entre otros.

Asimismo, existen numerosas investigaciones con el objetivo de mejorar y permitir un mejor desarrollo de la vegetación

Por ejemplo, la firma suiza GeoVerde ha desarrollado un producto bioactivador de suelos mykoVerde el cual incluye una mezcla de hongos micorrizicos, hongos solubilizadores de formas complejas de fósforo en el suelo y un concentrado orgánico de nutrientes de lenta liberación. Un ensayo realizado en el 2003 en la Región Huaraz a 4200 msnm sobre suelos alterados por la actividad de la mina Pierina de la Minera Barrick-Misquichilca, demostró la eficiencia del bioactivador señalado en comparación del uso de Cal (el cual es un conocido atenuador de la acidez del suelo). Por un lado, la experiencia con Cal originó que la mayoría de las especies sembradas germinen y persistan por más de un año. Por otro lado, las parcelas en las que se usó el bioactivador mostraron especies notoriamente más vigorosas, de mayor tamaño y mayor persistencia (Shmid, 2004).

Así también, existen mantos temporales los cuales son una técnica usada para el control de la erosión. La temporalidad de estos mantos varía de acuerdo con el tipo, los sintéticos dependen de la fotodegradabilidad del polímero utilizado y los de fibra naturales se biodegradan, además, están los que combinan material sintético y natural (Duque, 2004)

En general, los que más se usan son los mantos para control de erosión ECB (erosión control blanket) los cuales son textiles cosidos de fibra natural o sintéticos. Este tejido captura más humedad para el desarrollo de la vegetación y crea microclimas debajo de él, favoreciendo la germinación y crecimiento de la vegetación, y finalmente, al biodegradarse, se incorpora a la estructura del suelo orgánico.

Estos mantos pueden controlar la erosión en diversos lugares, siempre que se evite zonas con concentración temporal o permanente de flujo en los que la velocidad supere los 2.5m/s (estima como la máxima que resiste la vegetación bien establecida) y que su flujo no se prolongue por más de dos horas.

En el Perú, se han instalado más de 50 000 metros cuadrados de mantos de fique en alturas superiores a 4000 msnm. Lo que se busca es establecer un perfil orgánico capaz de sostener vida en el tiempo, idealmente sin mantenimiento alguno, para esto es absolutamente necesario que se disponga de un sustrato orgánico con nutrientes de una adecuada selección de especies vegetales, de agua y obviamente de un manto que controle los agentes erosivos y favorezca la implantación y crecimiento de la vegetación hasta que esta se sostenga por sí sola.

Otra técnica de gran utilidad es el de las mezclas ecológicas, las cuales tienen un material de desecho rico en celulosa con cualidades especiales entre las que se puede mencionar: alta adherencia, baja densidad, alta absorción, capacidad para buscar el equilibrio entre la superficie de contacto y la atmósfera, fragua rápida, flexibilidad y fácil construcción.

Estas mezclas pueden usarse en muchos tipos de suelos, rocas de clases variadas, y condiciones climáticas y topográficas diversas. Este tipo de mezclas se pueden usar para hacer mortero, pasta fértil, pilas secantes o drenes verticales. Las mezclas cubren las laderas a modo de membranas que las protegen de los principales agentes erosivos hasta el progreso de la vegetación sembrada o silvestre (Londoño, 2004).

2.2.2. Mecanismos de Transporte

El movimiento de las partículas se clasifica ya sea como de suspensión o de fondo, aunque el movimiento no está completamente definido (Vanoni, 2006). La carga de fondo puede incluir también partículas en suspensión y viceversa; sin embargo, el movimiento según cada clase tendrá un tipo predominante de transporte.

a. Suspensión

El transporte en suspensión lleva partículas con diámetros menores a 0.0625 mm que están sostenidas por la turbulencia del flujo y que se trasladan como una mezcla del caudal de agua. Así, este proceso está controlado por la turbulencia del agua y la velocidad de caída de cada grano individual (García & Maza, 1985). Entonces, a mayor tamaño de partícula, más turbulento deberá ser el flujo para mantenerla en suspensión. Por lo tanto, el material se asienta cuando la velocidad de la corriente disminuye, o cuando el lecho se hace más liso. Debido a que la turbulencia aumenta con la velocidad del flujo, en épocas de avenida es cuando hay mayor cantidad de material en movimiento.

b. Fondo

El transporte de fondo ocurre en una capa en la que las partículas van más despacio que el agua, absorbiendo parte de la tensión. Así, la tensión queda dividida entre el fluido y el movimiento de las partículas hasta que se llegue a una tensión crítica en la que el fluido ya no es capaz de mover a los sólidos (Vide, 2003)

Las partículas por transportar son aquellas con diámetros superiores a 0.0625 mm y se traslada mediante tres formas: rodando, deslizando y saltando (García y Maza, 1985). El rodamiento o deslizamiento ocurre cuando las partículas son excesivamente grandes y pesadas para ser levantadas por lo cual están en continuo contacto con el lecho. Mientras que existen otras partículas que pueden ser levantadas por la corriente de agua turbulenta y a continuación caer nuevamente en algún sitio del fondo a modo de saltos. De tal manera, las partículas en rodamiento ya no están en contacto continuo, sino que saltan con una intensidad que aumenta con los cambios de velocidad de la corriente.

2.2.3. Sedimentación

En la Figura 4 se muestra el Diagrama de Hjulstrom, el cual indica la velocidad mínima requerida para desprender, transportar o depositar partículas de suelo, según su diámetro, para flujos de agua. Se muestra que las partículas con mayor susceptibilidad a la erosión son las arenas cuyos diámetros estén entre 0.1 y 1 mm, mientras que las partículas de diámetros extremos (menores a 0.001 mm y mayores a 10 mm) son las más difíciles de

erosionar. Asimismo, el diagrama solo muestra tendencias de sedimentación para partículas a partir de 0.035 mm (limos), sin mostrarse el comportamiento de las partículas más finas. También se observa una tendencia lineal creciente de la velocidad promedio del flujo necesario para depositar las partículas gruesas.

Respecto al comportamiento de finos, con diámetros menores a los que muestra el Diagrama de Hjulstrom, se sabe que estos se mantienen en suspensión en mayor tiempo y que su sedimentación se produce después del material grueso. Cuando la velocidad de la corriente disminuye, esta empieza a depositar su carga. Primero se asientan los sólidos de fondo; después, a medida que la velocidad continúa disminuyendo, se van asentando materiales cada vez más finos.

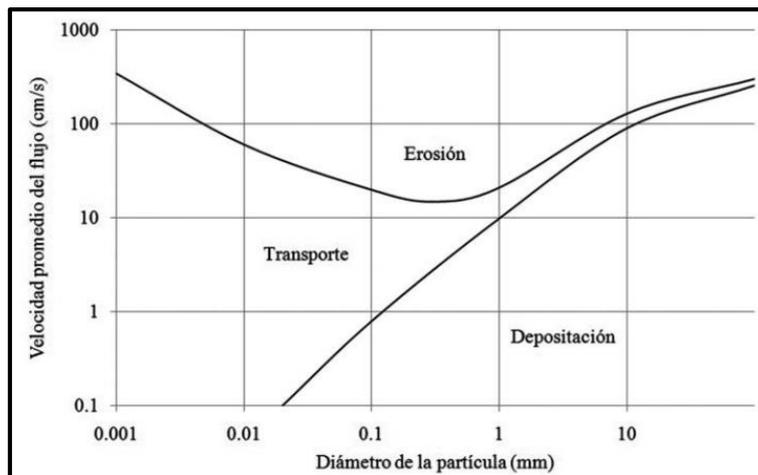


Figura 4. Diagrama de Hjulstrom (Adoptado de Hjulstrom, 1935)

2.3. Sedimentación de embalses

El fin de un embalse es almacenar agua durante temporadas de avenidas. En dichas épocas es donde el río trae mayor cantidad de sedimentos, un porcentaje de los cuales queda retenido en el embalse. En la Figura 5 se muestra el esquema de deposición de sedimentos en una presa. Al entrar la corriente al embalse el material grueso se depositará según la disminución de la velocidad del agua por el efecto de atenuación del cauce y el crecimiento del tirante formando un delta en la zona de cabecera del embalse. Mientras tanto, el sedimento más fino continuará hacia adentro como una corriente que al detenerse se depositará al fondo de la presa.

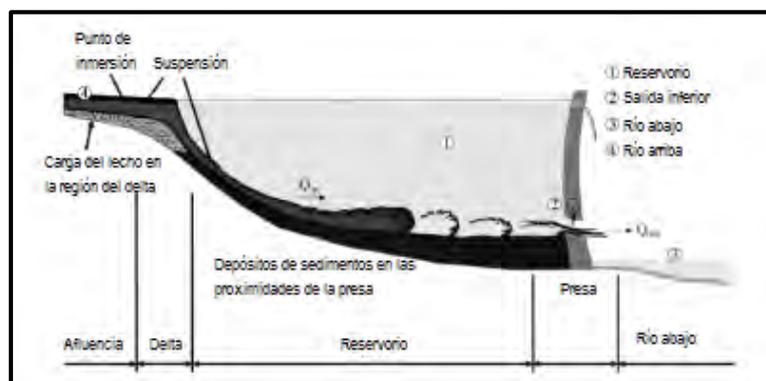


Figura 5. Esquema general de un embalse (De Cesare, 1998)

2.3.1. Tipos de embalses

a. Embalse Frontal

Son aquellos que al estar ubicados sobre el lecho fluvial reciben la totalidad del aporte sólido del río. En esta clasificación se encuentran embalses como el de Poechos sobre el río Chira, Gallito Ciego sobre el río Jequetepeque, Tablachaca sobre el río Mantaro. Entre este tipo de embalses existen aquellos en los que se puede realizar la eliminación de sólidos y en los que no.

Por un lado, los últimos consideran en su diseño un volumen adicional al útil, denominado Volumen Muerto para el depósito y acumulación de sedimentos a lo largo de la vida útil del embalse, lo cual implica un dique más alto. Esta vida útil está ligada a la naturaleza del proyecto y la existencia de un proyecto sustitutorio. Por otro lado, en el otro tipo de embalses se aprovechan las condiciones naturales para la purga de sólidos.

Para poder realizar una purga hidráulica es necesario que se cumplan determinadas condiciones geométricas del embalse, presencia de materiales básicamente no cohesivos, caudales disponibles para la purga, posibilidad de implementar compuertas adecuadas y disminuir o interrumpir el servicio (Rocha, 2006)

b. Embalse Lateral

Se denomina embalse lateral a aquellos que están ubicados fuera de la corriente principal. En esta clasificación se encuentran embalses como el de Tinajones o Palo Redondo, los cuales reciben solo una parte del aporte sólido fluvial, y pueden y deben protegerse con un desarenador de eficiencia adecuada. Para poder ser considerados embalses laterales, se debe cumplir que solo ingrese en él los caudales excedentes del sistema de aprovechamiento y que el embalse esté protegido por un desarenador (Rocha, 2006).

En este tipo de embalses también se considera un volumen muerto para depósito de sedimentos, pero de dimensión mucho menor a los embalses frontales. Esto debido a que el funcionamiento del embalse depende más del sistema bocatoma-desarenador. Por un lado, la bocatoma se diseña de modo tal que impida el ingreso de sólidos gruesos al sistema. Por otro lado, el desarenador ubicado aguas debajo de la bocatoma se encarga de disminuir la cantidad de partículas finas. Así, un embalse lateral implica la existencia de una obra de toma, desarenadores y estructuras complementarias como desripiadores, desgravadores y, una estructura de cierre (presa) y un aliviadero generalmente pequeño. En consecuencia, la vida útil de estos embalses suele ser más larga (Rocha, 2011)

A continuación, se describirá el funcionamiento de este tipo de embalses según tres casos de ubicación:

Caso A: Embalse lateral con respecto al río.

El sistema inicia con la captación de aguas del río por medio de una bocatoma (BTEL). Solo se capta la cantidad de aguas (Q_{emb}) necesaria para alimentar el embalse y que sea excedente con respecto a los requerimientos de aguas abajo ($Q_{requerido}$). Los caudales remanentes siguen de largo por el río y, en otra bocatoma (BTP) ubicada aguas abajo son captadas para el uso determinado del proyecto.

Aguas debajo de la bocatoma principal (BT.E.L) se ubica un desarenador y en consecuencia sólo ingresaría al embalse lateral la cantidad de partículas finas que no hayan podido ser eliminadas en el desarenador.

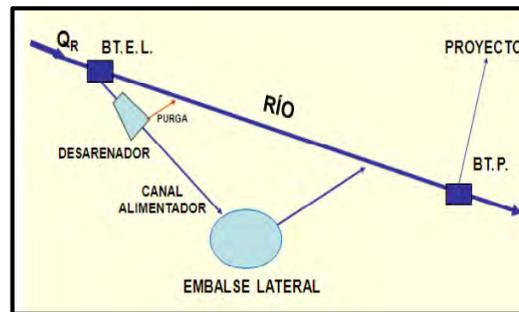


Figura 6. Embalse lateral con respecto al río (Rocha, 2011)

Caso B. Embalse lateral con respecto al río y al canal.

Mediante una bocatoma (B.T.P) se capta la cantidad de agua que se ha excedente con respecto a los requerimientos aguas abajo. Asimismo, luego de pasar por un desarenador ubicado en el canal de derivación, se instala aguas abajo de esta otra bocatoma (BT.E.L) con la cual se derivará los caudales requeridos para el embalse y la demanda del proyecto. Para llenar el embalse lateral se requiere que en el canal de derivación se implante una bocatoma adicional que derive los caudales requeridos para llenar el embalse lateral y que sean excedentes con respecto a la demanda del proyecto.

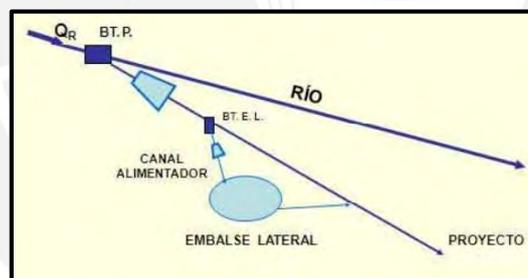


Figura 7. Embalse lateral con respecto al río y al canal (Rocha, 2011)

Caso C: Embalse lateral con respecto al río, pero frontal con respecto al canal.

Este tipo de embalse solo se debe usar cuando en el río haya muy poco transporte sólido pues bajo estas condiciones, el caudal total del proyecto ingresa al embalse lateral. Por tanto, también la totalidad de sedimentos que no hayan sido retenidos por el desarenador.

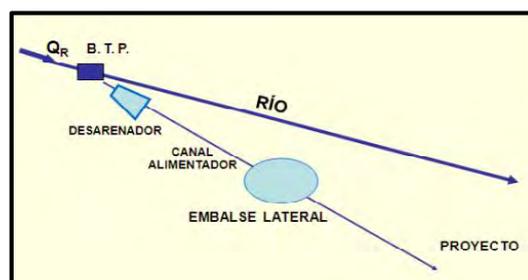


Figura 8. Embalse lateral con respecto al río y frontal respecto al canal (Rocha, 2011)

A modo de síntesis, se presenta la Tabla 4 en donde se muestran las principales diferencias entre los tipos de embalse:

Tabla 4. Comparación entre tipos de embalse

Embalses Frontales	Embalses Laterales
Ingresar la totalidad de caudales líquidos y de sólidos	Sólo ingresa una parte de los caudales líquidos y de sólidos del río
Mayor necesidad de volumen muerto por sedimentación. La vida útil del embalse dependerá de este volumen.	Menor volumen muerto por sedimentación. La vida útil del embalse dependerá de la eficiencia del sistema bocatoma-desarenador.
Interrumpen y alteran drásticamente el tránsito de la corriente y de las especies que alberga. En consecuencia, aguas arriba de la presa se produce agradación y aguas abajo degradación.	La presa derivadora que abastece a estos embalses tiene menor impacto en el escurrimiento fluvial y en el medio ambiente
Aliviaderos de mayor capacidad, pero de alto riesgo y costo	Aliviaderos con menor capacidad y complejidad.
Alta complejidad en aspectos constructivos pues está ubicada sobre el cauce de un río importante	Menor complejidad en aspectos constructivos de la presa pues esta generalmente se ubica sobre una quebrada.
Alto costo de obras de desvío y de su influencia en la construcción y el riesgo involucrado.	Obras de desvío sencillas.
Presas de gran altura que inundan áreas ribereñas.	Menor impacto por tamaño de presa

Fuente: Rocha, 2011. Modificada por la autora de la presente tesis.

2.3.2. Problemas ocasionados por la sedimentación de un embalse

2.3.2.1. Problemas en el funcionamiento de la estructura hidráulica

a. Como se ha mencionado anteriormente, los sedimentos se pueden depositar en diferentes áreas del embalse, pero en el transcurso de los años la deposición de sólidos en el volumen útil del embalse será inevitable. Si esta colmatación es acelerada, la consecuencia será una disminución de la vida útil definida para la presa. En este contexto, cabe mencionar el alarmante caso de la presa más grande del país: Poechos. Esta presa fue concebida como una presa frontal sin posibilidad de eliminar los sólidos provenientes de la cuenca Catamayo- Chira. Poechos se diseñó con una capacidad total de 885 MMC, de los cuales 94 MMC corresponderían al volumen muerto que debería permitir un adecuado funcionamiento en los 50 años de vida útil establecida. Sin embargo, la alta erosión de la cuenca sumada a los Meganiños de 1983 y 1998 (que aumentaron los sedimentos de 7 MMC a 75 MMC) han originado que a la actualidad la colmatación ascienda a 55% de la capacidad total a 41 años del inicio de sus operaciones (CHIRA, 2018)

b. En los sistemas de captación el exceso de sedimentos puede producir obstrucciones acrecentando los costos de operación y mantenimiento (Rocha, 1990). Es decir, los sedimentos pueden reducir la eficiencia de la bocatoma originando que se incorpore menos agua al canal de derivación. Además de ocurrir daños en las bocatomas, podría ingresar mayor cantidad de sólidos (y con diámetros mayores a los de diseño) a los sistemas ubicados aguas abajo tales como el desarenador. Asimismo, la deposición de sólidos origina también la obstrucción de estaciones de bombeo, desagües y demás elementos que puedan constituir la presa.

c. El menor volumen de agua que contenga el embalse reduce la capacidad de dilución de los contaminantes (Ríos, 2013). Esto implica una mayor necesidad de tratamiento del agua lo que deriva a un mayor costo que muchas veces no es asumido.

d. La concentración y las características de los sedimentos que entran con la corriente en las tomas influyen en la operación de las plantas de tratamiento, desgaste de conducciones, estructuras y abrasión de la maquinaria hidráulica (Chamoun et al., 2016). Por ejemplo, en las turbinas, la alta velocidad de flujo con sedimentos origina erosión, en especial cuando los sedimentos son de diámetros inferiores a 0.1 mm y con velocidades de caída del orden de $7 \frac{mm}{s}$. Es por ello por lo que se usan aleaciones especiales en la fabricación de turbinas con el objetivo retardar su destrucción (Rocha, 1990)

2.3.2.2. Problemas en las áreas de influencia del embalse

a. Se producen efectos negativos en las tierras, vías, puentes, viviendas y estructuras adyacentes producida por la modificación de la interacción natural que había entre la cuenca y sus zonas de influencia antes de la construcción de la presa.

b. Como consecuencia de la disminución de su capacidad de embalse, los fines para los cuales había sido diseñada la presa se verán afectados. En un proyecto de riego, por ejemplo, al disminuir la capacidad de embalse se deberá disminuir también el aprovechamiento de tierras de cultivo que dependían del buen funcionamiento de la presa. Tal es el caso de la Presa de Poechos, cuyos estudios de batimetría demuestran que a la actualidad los sedimentos acumulados representan 55% de la capacidad total de la presa, rebasando el volumen muerto de diseño en menor tiempo que el que había establecido su vida útil (CHIRA, 2018). Gracias al Proyecto Especial Chira Piura, los valles del Chira y Piura son prósperos productores agrícolas, por lo cual cabe resaltar lo perjudicial que sería la pérdida total de la Presa de Poechos y lo incongruente que es el tiempo de vida de 50 años (el cual termina siendo menor en ciertos casos) para un proyecto de regadío.

c. Como se había mencionado, la calidad de agua represada disminuye con la alta tasa de sedimentación por lo tanto los destinos a los que vaya a parar esta agua se verán afectados sobre todo si es para consumo humano. Represas como Aguada Blanca, en Arequipa, regulan y distribuyen agua entre otras cosas para consumo humano y al verse afectadas por la colmatación, como es el caso de esta represa, exponen a sus consumidores. El problema de esta represa fue el mal funcionamiento de sus compuertas originando que no se pueda realizar la respectiva purga desde el año 1989 y con ello que los sedimentos al año 2016 ocupen cerca del 50% de la capacidad de la presa (Condori, 2016). Así, los

sedimentos acumulados provocaron que el agua no cumpla con los parámetros a nivel organoléptico (color, olor, sabor y densidad) establecidos en el reglamento de calidad de agua para consumo humano (Andina, 2014). En este contexto, se han realizado varias protestas de arequipeños en reclamo de la alarmante situación de Aguada Blanca y los peligros a los que se ven expuestos por el consumo del agua que proviene de esta presa.

2.3.3. Casos representativos de interés

2.3.3.1. Represa de Poechos

a. Objetivo

Con el fin de regular el riego de los valles del Chira y del Piura se optó por construir entre 1972 y 1976 una gran presa sobre el cauce del río Chira, la cual se puso en operación en 1976. La finalidad del proyecto era irrigar un área estimada de 105,145 Ha; no obstante, del año 2000 al 2012, el promedio anual fue de 85,000 Ha, lo cual es más del 50% superior a las 56,233 Ha que se estima se habrían cosechado sin el Proyecto (Junes, 2013).

b. Cuenca

La cuenca binacional del Catamayo-Chira ocupa una superficie de 13,583 Km². La cuenca está sometida a la aparición del Fenómeno de El Niño, cuya intensidad es proporcional al incremento de las descargas fluviales y la erosión de los suelos. Rocha (2004) indica que en los primeros 24 años de operación de la Presa de Poechos, el 30% de la masa hídrica total descargada por el río corresponde a los periodos de enero-junio 1983 y enero-mayo 1998. Además, para el periodo antes mencionado se estimó una erosión específica media de $13 \frac{\text{Ton} \cdot \text{año}}{\text{ha}}$ (Rocha, 2004).

c. Características del embalse

La presa fue diseñada para una vida útil de 50 años, con una altura de 48 m con un nivel de coronamiento en la cota 108M y nivel máximo de operaciones en la cota 103m lo cual le permitía almacenar 885 MMC (Chira, 2018)

Poechos fue concebida como una presa frontal sin posibilidad de eliminar sólidos por lo que el embalse tiene un volumen adicional para el depósito de sedimentos originados de la cuenca Catamayo-Chira.

El diseño inicial de la presa se propuso un volumen útil de 791 MMC que se encontraría entre los niveles 78.5 y 103 m. Asimismo, un volumen muerto de 94 MMC para una cota relativa de derivación de 78.5 m. Por lo tanto, se esperaba que en los 50 años de vida útil del embalse el reservorio almacene en promedio 1.88MMC de sedimentos anuales.

No obstante, para el año 1981 ENERGOPROJECT volvió a calcular el volumen muerto en base a mediciones realizadas entre 1972-1976 que les permitió estimar el aporte de sedimentos a la presa y su distribución. Se estimó que el aporte de sólidos en 50 años sería de 834 MMC de los cuales el 37% se ubicaría dentro del volumen útil y el 10% dentro del volumen muerto por cota de derivación, todo lo demás quedaría fuera del embalse (PECHP, 1981). Por lo tanto, se estimó que en 50 años el volumen de azolves llegaría a 385 MMC. Es decir, se esperaba almacenar anualmente 7.7 MMC en promedio.

Asimismo, el reporte de batimetrías del periodo 1976-2016 (Chira, 2016) muestra que los sedimentos acumulados al año 2016 fueron de 488.03MMC (55% del volumen total), es decir, 11.9 MMC anuales. Si no se consideran los dos Meganiños de 1983 y 1988, los cuales trajeron un promedio 75.7MMC al año, la media anual de sedimentos acumulados sería de 8.6 MMC, lo cual sigue siendo superior a cualquiera de las estimaciones realizadas al inicio del Proyecto.

En la Figura 9 se muestra la curva de capacidad del reservorio de Poechos al inicio de sus operaciones y la curva de capacidad al año 2016 evidenciándose la poca capacidad de almacenamiento que tiene Poechos en comparación de su diseño, realizada en base a las batimetrías del PECHP. Esta situación, derivada no solo de la ocurrencia de Fenómenos extraordinarios como el de 1983 o el de 1988, sino también, a la alta eficiencia de retención de la presa la cual se estima superior al 90% (Junes, 2013).

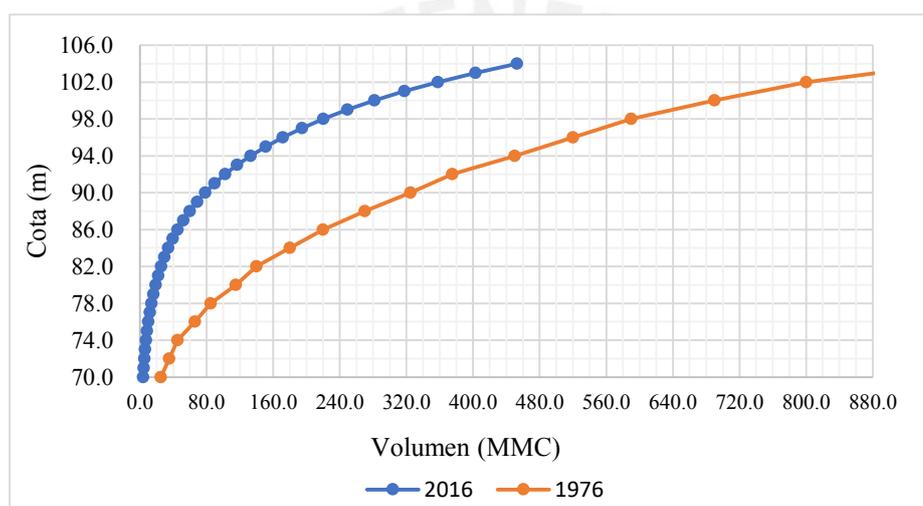


Figura 9. Curva de capacidad de Poechos

d. Estado del Arte

Con objetivo de afianzar el reservorio de Poechos se están desarrollando dos propuestas que fueron consideradas las más viables.

La primera plantea la descolmatación progresiva del reservorio Poechos, propuesta que ha sido estudiada desde el 2016 por parte de El Instituto de Hidráulica, Hidrología e ingeniería de la UDEP. Dicha propuesta fue presentada en abril del 2018 y presenta una metodología que permitiría la limpieza de los sedimentos a un bajo costo sin afectar la demanda hídrica modificando las reglas de operación del embalse y asumiendo condiciones hidrológicas favorables. Además, se espera naturalizar el río de tal modo que se recupere el cauce que tenía antes de la presa para que los sedimentos que vayan a la cuenca baja sean arrastrados hacia el mar (UDEP, 2018).

La segunda consiste en ampliar en 200 MMC la capacidad de la presa elevando la altura del vaso regulador desde la cota 103 a 106m. A principios del 2018 se iniciaron los trabajos que contemplan la propuesta de ampliación (PECHP, 2018), la cual incluye,

además, la reconstrucción del aliviadero para la salida controlada de agua con el fin de reducir riesgo de inundaciones por avenidas extraordinarias.

2.3.3.2. Represa de Gallito Ciego

a. Objetivo

La represa de Gallito Ciego se construyó entre 1977 y 1987 como parte de la Primera Etapa del Proyecto Jequetepeque- Zaña, entrando en operación en abril del 88, con el objetivo de almacenar las aguas del río Jequetepeque (PEJEZA, 2018). Se estima que el reservorio contribuye a la irrigación de 42,760 Ha, de las cuales se han mejorado 36,00 ha y se han incorporado 6,700 Ha para agricultura de caña de azúcar, maíz y como cultivo emblema, arroz. Asimismo, se genera energía por medio de una central hidroeléctrica a pie de presa, 40 Mw (Ortiz,2015). Además, las aguas de este embalse también se usan para la acuicultura, lo cual permite, además, que el agua destinada a la irrigación tenga propiedades fertilizantes (ANA, 2015).

b. Cuenca

La cuenca del río Jequetepeque está ubicada en la costa norte del Perú, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, ocupando un área total de 498,200 hectáreas que abarcan los departamentos de La Libertad y Cajamarca (ANA,2015).

La cuenca llega hasta altitudes de 4,100 msnm, presentando pendientes más fuertes a mayores altitudes y con rangos de precipitación de 0 a 1,100 mm anuales (ANA,2105).

La red de drenaje del río Jequetepeque se conforma por dos vertientes principales; la izquierda hacia la cuenca del río Chicama, y la derecha hacia el Atlántico, siendo la última la de mayor aporte hídrico, y la primera la de mayor aporte de sedimentos (Ortiz, 2015).

c. Descripción del embalse

El embalse de Gallito ciego, ubicado en el departamento de Cajamarca a 320 msnm, se forma por el represamiento de un dique de tierra con núcleo central y pantalla de concreto, de 105 m de altura diseñado para una vida útil de 50 años (PEJEZA, 2018).

Para el diseño del embalse se realizaron dos estudios de evaluación de la sedimentación. Uno, de Factibilidad el año 1973, en el cual se recomienda un volumen muerto entre 80 y 100 MMC dada una tasa de sedimentos de 1.75MMC al año entre los cuales se esperaba que el 71% sea de suspensión y el 29% de arrastre. El otro, a Nivel de Licitación en el año 1975, que estima una tasa anual de 1.7MMC de los cuales el 71% corresponderían a sólidos en suspensión y el 29% a sólidos de arrastre (PEJEZA,2013). Con dichos estudios se estableció que de la capacidad total del embalse de 571 MMC, 86MMC corresponderían al volumen muerto, 85 MMC al volumen de retención de crecidas y 400 MMC como la capacidad útil (Ortiz, 2015).

No obstante, en el año 1993 se realizó un levantamiento batimétrico en el reservorio obteniendo que se habían sedimentado 17.22 MMC. Entonces en promedio ingresaron 3.44 MMC anualmente, duplicando así la tasa de sedimentos esperada en el diseño. Dicha situación empeoró considerablemente tras el Mega Niño de 1997-98, el cual aportó 30.26 MMC de sedimentos (PEJEZA,2013).

El último levantamiento realizado por el Proyecto fue en el año 2013 en el que se obtuvo un volumen de 104.56 MMC de sedimentos acumulados en el embalse, de los cuales 60.2 MMC están acumulados en el volumen útil y 44.11 MMC en el volumen inactivo (PEJEZA, 2018). Es decir, la tasa de sedimentación promedio es de 4.18 *MMC/año* considerando los primeros 25 años de funcionamiento y 3.10 *MMC/año* sin considerar el Niño del 98. En ambos escenarios la tasa de sedimentos supera a la tasa esperada.

d. Estado del Arte

Por una parte, tras la brusca sedimentación ocurrida en el año 1998, se realizaron diversas pruebas con el fin de evacuar los sólidos depositados en el embalse de Gallito Ciego. La primera, utilizó minas submarinas con carga controlada con el fin de remover el sedimento acumulado tras una explosión; no obstante, se obtuvieron resultados desfavorables sin conseguir evacuar los lodos. La segunda, utilizó una perforadora vertical junto a una bomba de succión para remover y evacuar el sedimento; sin embargo, resultó ser una opción demasiado costosa para los resultados. La tercera, comprendía el uso de dragas eléctricas para remover el sedimento de la zona en la cola del embalse y trasladarlo a una cantera. Esta última alternativa resultó ser la más viable, pero no se ha ahondado más en el estudio de factibilidad (PEJEZA, 2018).

Por otra parte, en el año 2003 se realizó un estudio de Pre Factibilidad que contemplaba el análisis de 3 alternativas frente a la situación de “No hacer nada”. La primera alternativa comprendía medidas de conservación de suelos en la cuenca media alta y medidas de retención y control de zonas críticas. La segunda, la construcción de un canal de desvío para impedir que la descarga excedente del río llegue al reservorio. La tercera, la construcción de una presa para retención de materiales de acarreo y decantación de sólidos en suspensión. La alternativa de “no hacer nada” implicaba que los efectos sobre las campañas de cultivo no se sentirían hasta el año 2019 y 2053, sea la segunda campaña y la primera, respectivamente; por lo cual, las obras de control de la colmatación no se consideraron urgentes. Asimismo, todas las alternativas resultaron muy costosas a comparación del costo de la pérdida financiera de “no hacer nada”; además, mitigaban muy poco la sedimentación (PEJEZA, 2018).

Por lo tanto, a la actualidad solo se realizan mediciones periódicas con el fin de plantear nuevas alternativas en caso la situación del reservorio empeore. Las medidas de control implican estudios batimétricos cada 5 años por lo que se tiene proyectado otra batimetría para el 2018.

3. Descripción general del sistema hidráulico en estudio

Como ya ha sido señalado, esta investigación tiene como objetivo evaluar el riesgo de sedimentación del embalse Palo Redondo del sistema hidráulico Chavimochic, ubicado en la región La Libertad del norte del Perú (Figura 10), proponiendo alternativas para reducir sus impactos. La Figura 10 muestra la ubicación de la infraestructura hidráulica del Proyecto Chavimochic (Bocatoma, Desarenador, Presa); así como las estaciones de control que alimentarán la presa donde podemos estimar la cantidad de sedimento que se acumulará en el Embalse de Palo Redondo.

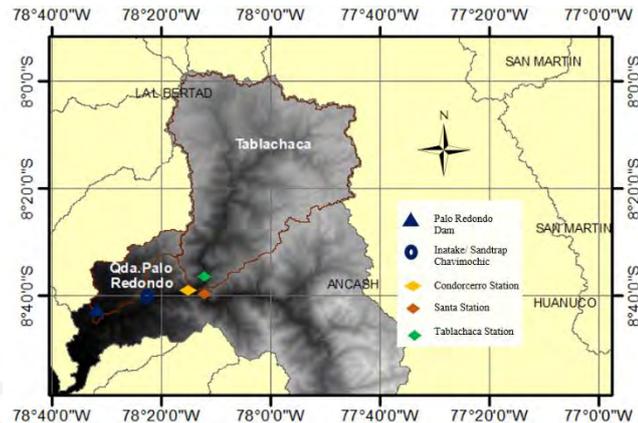


Figura 10. Localización del área de estudio

3.1 Cuenca del Río Santa

La construcción de la Presa Palo Redondo beneficiará a las áreas de las cuencas de los Ríos Chao, Virú, Moche y Chicama. No obstante, desde el punto de vista del presente estudio, la cuenca a analizar es la que alimentará al sistema de captación: la cuenca del Río Santa.

La red hidrográfica principal de la cuenca Santa está constituida por un río principal: el Santa, y por 4 afluentes importantes: Quitaracsa, Tablachaca, Palo Redondo y Manta.

En la cuenca del Santa se pueden identificar tres zonas: la cuenca baja entre el nivel del mar a los 900 msnm, la cual comprende la franja costera y zonas de bajo relieve; la cuenca media entre los 900 a 3300 msnm, correspondiente al Valle Callejón de Huaylas; la cuenca alta sobre niveles superiores a 3300 msnm, abarcando la cabecera de la cuenca y los glaciares (Villanueva, 2011)

En la parte alta de la cuenca se ubican nevados, glaciares y lagunas como las de Conococha, Aguascocha, Rajucolta, Parón y Cullicocha que permiten descargas continuas en el río Santa. En total existen 358 lagunas naturales en el ámbito de la cuenca, 548 glaciares y 368 manantiales (ANA, 2015)

Geomorfológicamente, la parte media y alta de la cuenca, donde se produce la erosión comprende a valles y quebradas, que nacen en las divisorias de agua de las cuencas y conforman en sus trayectorias valles en forma de “V” cuyos flancos presentan signos de inestabilidad, que se acentúan en zonas donde ha intervenido el hombre como es el caso del Callejón de Huaylas. En tanto, la parte baja de la cuenca es una gran planicie de sedimentación, en donde se encuentran unidades litológicas de fases tanto marinas como

continentales. Las rocas predominantes son sedimentarias representadas por calizas, lutitas, areniscas y conglomerados (INADE, 2002)

El Santa tiene una cuenca húmeda de aproximadamente 10,405 Km², situada por encima de los 2000 msnm. El escurrimiento superficial se origina en la cuenca alta y, en los deshielos de la cordillera Blanca con cargas considerables en todo el año.

Tabla 5. Características de la cuenca del Santa

Características	Descripción
Nombre de la cuenca	Santa
Vertiente hidrográfica	Pacífico
Demarcación Geográfica	Latitud Sur 10°08' y 8°04'
	Longitud Oeste 78°38' y 77°12'
Limites hidrográficos	Norte: cuencas de los ríos Chao, Virú, Moche, Crisnejs y Alto Marañón
	Sur: cuenca de los ríos Pativilca y Fortaleza
	Oeste: cuencas de los ríos Lacrama, Nepeña, Casma, Huarney y el Océano Pacífico
	Este: cuenca del río Alto Marañón
Jurisdicción	Autoridad Administrativa del Agua
	Huarney- Chicama
	Autoridad Local del Agua
	Santa-Lacramarca-Nepeña, Huaraz y Santiago de Chuco
Superficie (Km ²)	11 661,53
Río Principal	Santa
Longitud del río principal	316 km
Altitud máxima	6768 msnm (nevado Huascarán)
Población	366 600 habitantes

Fuente: ANA, 2015

3.1.1 Climatología

La última evaluación de Recursos hídricos en la cuenca del Santa realizada por el ANA con registros desde 1965, determinó las siguientes características hidrometeorológicas:

La temperatura promedio es de 8°C, estableciéndose un gradiente térmico medio de -0.6°C y -0.25°C cada 100 m para altitudes mayores y menores a 2500 msnm respectivamente.

La humedad relativa promedio es de 70%, con máximos de humedad en los meses de marzo- abril y mínimos en los meses de julio-agosto.

Los mínimos de evaporación media se producen en los meses de junio y julio; mientras que los máximos, en los meses de noviembre a enero.

La evapotranspiración potencial promedio multianual se ha situado en $1243 \frac{mm}{año}$, teniendo una variación anual diferente entre las estaciones de elevada altitud y las de zonas bajas.

La precipitación total promedio es de 758 mm, con concentraciones más elevadas en los meses de diciembre a marzo y más reducidos en los meses de junio a agosto. Asimismo, se presentan mayores valores de precipitación en las cuencas de La Balsa y la Cordillera Blanca.

La cuenca del Santa tiene 12 estaciones de aforo, de las que cabe resaltar la importancia de la estación de Condorcerro y de la ubicada al final de la subcuenca Alto Santa por recoger la mayor parte de aportación de la cuenca húmeda. Sin embargo, el número de estaciones de registro hidrométrico y pluviométrico a lo largo de la cuenca resulta insuficientes, sobre todo en la cuenca media y baja resultando una deficiencia en la caracterización de estas zonas de la cuenca. Asimismo, en toda la zona de la Cordillera Blanca no hay ninguna estación de registro hidrométrico por lo que no hay un control de los caudales provenientes de los glaciales y nevados.

Con todos los registros hidrometeorológicos, se determinó la aportación total anual del río Santa como 4800 Hm^3 aproximadamente. A lo largo de la cuenca, un 65% de la escorrentía se presenta en el tramo alto de la cuenca entre sus nacientes sobre los 4000 msnm y la localidad de Caraz (165 km), siendo esta parte el mayor productor de sólidos ocasionados por precipitaciones, fenómenos como huaicos, derrumbes, aludes y otros. La zona intermedia de la cuenca de 70 Km de longitud contribuye con el 35% de la escorrentía; en esta zona el río Santa recibe las aguas del río Tablachaca cuyo aporte de sedimentos en suspensión es muy alto debido a los relaves mineros.

Figura 11 permite diferenciar los años más secos (debajo de la línea roja que representa el promedio anual de 4800 Hm^3) y húmedos (por encima del promedio). En tanto, en la Figura 12 se puede apreciar la aportación promedio mensual en Hm^3 denotando que los meses de avenida son de enero a abril, con un mayor aporte en el mes de marzo.

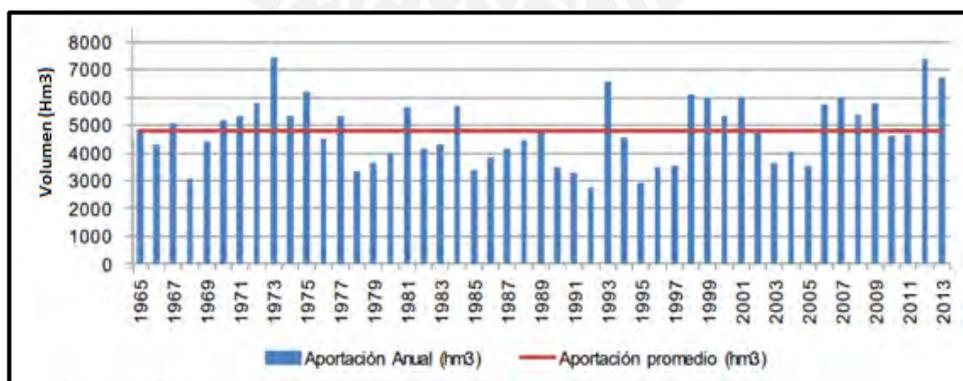


Figura 11. Aportación anual del río Santa (ANA, 2015)

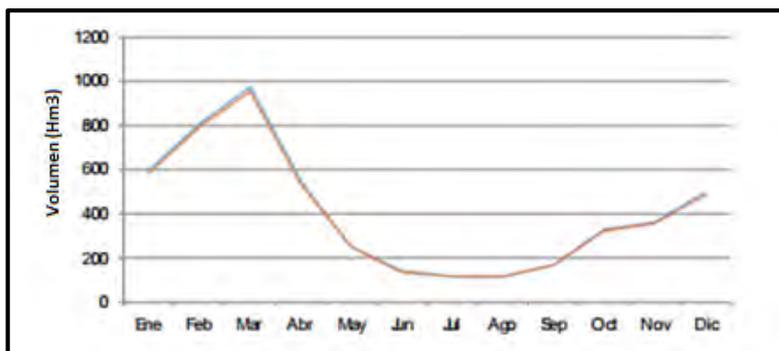


Figura 12. Aportación mensual promedio (hm3) del periodo 1965-2013 (ANA, 2015)

3.1.2. Suelos

En la Figura 13 se aprecian los tipos de suelos en la cuenca del Santa según la clasificación taxonómica de la FAO.

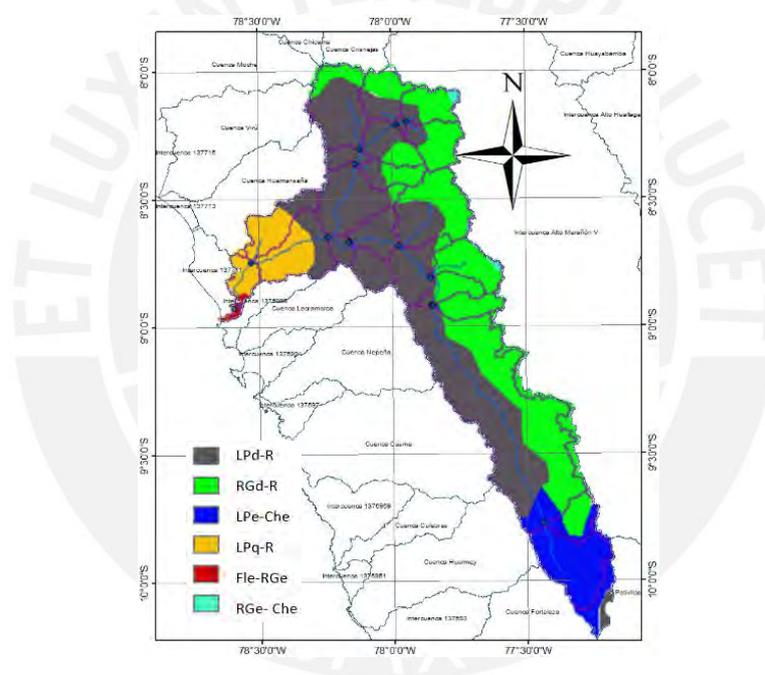


Figura 13. Tipos de suelo de la cuenca del Santa

Para cada tipo de suelo se tienen las características presentes en la Tabla 6, obtenidas de la base de datos de la FAO. En general, los suelos del Santa tienen texturas con alto porcentaje de arenas y limos lo cual permite que sean suelos con una alta capacidad de infiltración. No obstante, la cuenca del Santa es una de las más erosionables del País por lo que el problema radicaría principalmente en el uso de suelo.

Tabla 6. Tipos de suelo en la cuenca del Santa

Símbolo	Nombre	Capacidad de drenaje	Textura	Grupo Hidrológico
LPd-R	Leptosol districo-Afloramiento Litico	Imperfecto	sandy loam	A
RGd-R	Regosol districo-Afloramiento Litico	Moderadamente Bueno	sandy loam	A
LPe-Che	Leptosol eutrico-Cambisol eutrico	Imperfecto	Loam	B-A
LPq-R	Leptosol lítico-Afloramiento Litico	Imperfecto	sandy loam	A
Fle-RGe	Fluvisol eutrico-Regosol eutrico	Moderadamente Bueno	Loam	B-A
RGe-Che	Regosol eutrico-Cambisol eutrico	Excesiva	sandy loam	A

Fuente: FAO, 2016

3.1.3. Topografía

El relieve de la cuenca varía de muy escarpado, con pendientes superiores al 70% en ecosistemas de Nivel tropical y tundra; a llano en la zona costera en ecosistemas desértico con pendientes menores a 15%.

Asimismo, se puede diferenciar Pampas Costaneras, constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos, dunas y mantos de arena; el Flanco Occidental de los Andes, de fuertes pendientes disectadas por valles profundos; y el Altiplano, de topografía suave y más o menos ondulada (Ingemmet, 1989)

En general, la mayor parte del territorio de la cuenca (cerca de 70%) consiste en vertientes montañosas y colinas empinadas a escarpadas. Las ultimas abarcan el 27% del territorio total y las primeras el 42.5% (ANA, 2015). A partir de las cartas nacionales del Ingemmet, desarrolladas entre el 2014 y 2016, se pudo realizar un modelo de elevación digital en ArcGis y posteriormente elaborar el mapa de pendientes de la cuenca del Santa que se puede observar en la Figura 14. Se definió el mapa mediante siete rangos de pendientes obteniendo que el 6.6% de la cuenca es de topografía plana, el 3.4 % varía entre un relieve ligeramente plano a ligeramente ondulado, el 5.4% varía entre relieves ondulados a inclinados, el 19.7% varía entre relieves fuertemente ondulados a fuertemente inclinados, el 34.5% representan pendientes fuertemente quebradas, el 20.8% tiene relieves escarpados y el 9.8% relieves muy escarpados (según Tabla 3).

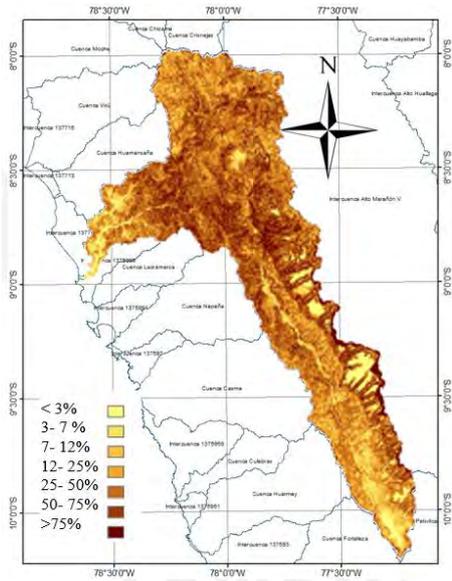


Figura 14. Mapa de pendientes de la cuenca del Santa

3.1.4. Vegetación y uso de suelo

Con el Software Arcgis, se delimitó la cuenca del Santa y la subcuenca de Tablachaca (delimitada en rojo) y sobre ella las áreas de cobertura vegetal en función al mapa de cobertura vegetal del Perú, como se muestra en la Figura 15. En la Tabla 7 se observa los porcentajes de cada tipo de cobertura en la cuenca del Santa, destacando que el 32.64% corresponde al pajonal andino, el 25.66% al Matorral arbustivo, el 16.47% a agricultura costera y andina y el 10.08% a áreas altoandinas con escasa y sin vegetación. Asimismo, si se observa el área correspondiente a Tablachaca se puede notar que se mantiene la importancia del tipo de vegetación de toda la cuenca.

Estudios realizados por la CAN, el SERNANP y UICN indican que los bosques infiltran el 85%, el pajonal alto el 75%, el pajonal corto el 54% y el suelo desnudo el 25%. Considerando las grandes extensiones de pajonal pobre en la cuenca del Santa, se puede relacionar la baja capacidad de infiltración de la cuenca y su alta erosividad.

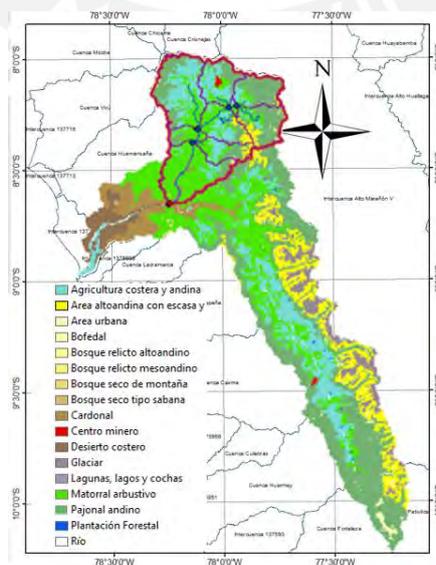


Figura 15. Cobertura vegetal de la cuenca del Santa (Fuente: MINAM, 2015)

Tabla 7. Cobertura vegetal de la cuenca del Santa

Clasificación	Ha	Km²	%
Agricultura costera y andina	192,112.8	1,921.13	16.47%
Bofedal	9,703.4	97.03	0.83%
Bosque relicto altoandino	4,684.0	46.84	0.40%
Bosque relicto mesoandino	2.8	0.03	0.00%
Bosque seco de montaña	1,414.2	14.14	0.12%
Bosque seco tipo sabana	416.8	4.17	0.04%
Cardonal	63,344.4	633.44	5.43%
Desierto costero	36,282.0	362.82	3.11%
Area altoandina con escasa y sin vegetación	117,575.9	1,175.76	10.08%
Glaciar	48,509.0	485.09	4.16%
Lagunas, lagos y cochas	3,839.3	38.39	0.33%
Matorral arbustivo	299,217.6	2,992.18	25.66%
Centro minero	1,886.1	18.86	0.16%
Plantación Forestal	2,270.1	22.70	0.19%
Pajonal andino	380,652.4	3,806.52	32.64%
Río	3,708.5	37.08	0.32%
Área urbana	534.1	5.34	0.05%
Total	1,166,153.4	11,661.53	100.00%

Fuente: Propia basada en el Mapa de Cobertura del Perú 2015

3.1.5. Tasa de erosión

El último mapa de Erosión de suelos del Perú, publicado por INRENA en 1996, muestra para la cuenca del Santa 454,346 Ha de suelos en erosión moderada, y 387 191 Ha de suelos con erosión severa.

La mayor parte de la superficie de la cuenca (66.7%) se considera de baja calidad agronómica. El 20.5% se clasifica como suelo de protección de producción forestal de baja calidad agronómica, clasificándose el resto en cultivos permanentes, pastos temporales. El cultivo de calidad agrologica alta y media solo representa el 0.5% del total de área de la cuenca (ANA, 2015).

Según la metodología de la USLE, se obtiene un resultado de pérdidas potenciales de suelo

medias de $282 \frac{\text{Ton}}{\text{Ha año}}$, además de un coeficiente de entrega de sedimentos de 6.91%,

obteniéndose por lo tanto una degradación específica de unas $20 \frac{\text{Ton}}{\text{Ha año}}$ (ANA, 2015). Se

debe resaltar que para 1999, los estudios del Dr. Rocha en base a la información existente

concluyeron pérdidas potenciales de $256.5 \frac{\text{Ton}}{\text{Ha año}}$. Esta diferencia se puede deber a la

diferencia de metodologías empleadas o puede manifestar que la situación de la cuenca ha empeorado. De cualquier modo, ambos resultados indican que la erosión específica de la cuenca continúa situándola como una de las más erosivas del País debido a una inadecuada gestión.

3.2. Infraestructura de captación Chavimochic

En el estudio de alternativas de captación del Proyecto Chavimochic se consideró inicialmente que el embalse Palo Redondo partiría del canal de derivación (véase Figura 7). Posteriormente, se modificó la concepción del embalse para recibir íntegramente las aguas del canal de derivación (véase Figura 8). Como se había mencionado anteriormente, el sistema más eficiente es en el que el embalse es lateral con respecto al río y al canal (como se había considerado inicialmente). En la Figura 16 se muestran las estructuras de captación que intervendrán hasta la llegada del flujo a la Presa Palo Redondo. El caudal del río Santa es captado por la Bocatoma, la cual deja pasar sedimentos de diámetros menores a 20 mm. En el desripiador, ubicado en la progresiva 0+500 del canal, serán eliminadas las partículas de entre 7-20 mm. Adicionalmente, al inicio del desarenador, el canal de pre-purga elimina las partículas de diámetro entre 7-2mm con lo cual ingresará al desarenador partículas con diámetro inferior a 2mm. En el desarenador la purga eliminaría partículas entre 0.15-2mm. Así, llegaría a la Presa Palo Redondo el flujo con partículas de diámetros menores a 0.15 mm.

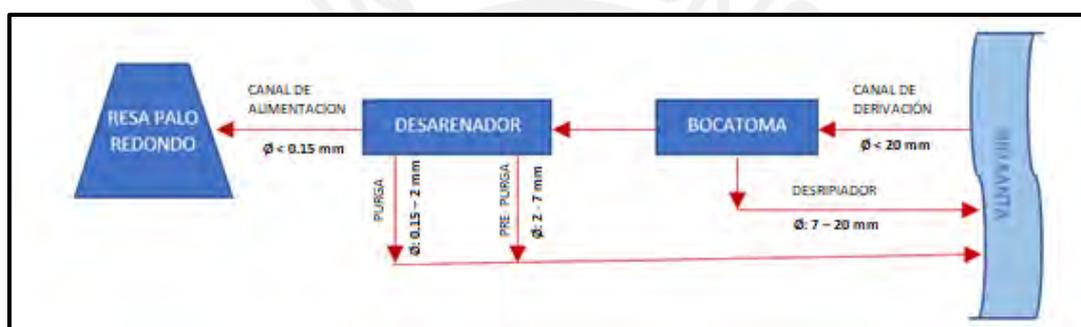


Figura 16. Estructura de captación Chavimochic (PECH, 2013)

3.2.1. Bocatoma

La bocatoma, que entró en servicio a partir de 1994, es una estructura de barraje mixto, captación directa, doble rebose y con colchones disipadores de energía, ubicada en el margen derecho del río Santa (Chuquicara), aproximadamente en las coordenadas 8°39'28.20" S 78°17'40.81"O, y tiene una capacidad de captación de 105 m³/s. Esta estructura cuenta con un ancho de 70 m, de los cuales el 50% es ocupado por el aliviadero fijo y el otro 50% por el aliviadero de compuertas. El caudal de diseño de avenidas de la bocatoma es de 3,000 m³/s, los cuales deben ser evacuados por los aliviaderos o (si los aliviaderos están totalmente cubiertos) ser distribuidos en 1,400 m³/s por el barraje fijo y 1,600 m³/s por el barraje móvil.

a. Barraje fijo

Esta estructura es un cimacio de perfil lamina vertiente ubicado a la mitad izquierda del cauce, con 34 de ancho limitado por los muros de la margen izquierda (cota 424.5 msnm) y un muro central (cota 420 msnm). Aguas abajo se encuentra una poza disipadora de energía de 50 m de longitud y el mismo ancho (cota 409.5msnm) para disipar la energía producida en grandes avenidas y su entrega en flujo lento hacia el cauce.

Su función es la de mantener un nivel normal de operación en la cota 424.5 en la situación de estiaje y en avenidas inferiores a los 750 $\frac{m^3}{s}$.

b. Barraje móvil o aliviadero de compuertas

Este barraje se ubica en la zona derecha del cauce y está compuesta por 3 compuertas radiales. Así, se distinguen dos zonas separadas entre sí por un muro. La primera zona está formada por el canal de aproximación a la compuerta de limpia N°3. La segunda, está constituida por el canal de aproximación a las compuertas de limpia N°1 y N°2. Ambos canales de aproximación tienen una pendiente de fondo de 3%, son de concreto armado y están revestido con roca canteada.

La ventana de captación recibe los aportes de caudal de la zona controlada por la compuerta de Limpia N°3, ya que el flujo debe ser tranquilo a fin de disminuir el ingreso de material sólido, dicha compuerta opera normalmente cerrada o parcialmente abierta. En tanto, en las compuertas de Limpia N°1 y N°2 se evacua el caudal excedente y la mayor parte de los sólidos de arrastre de fondo.

El aliviadero posee un canal de limpia aguas arriba, y aguas abajo se encuentra el colchón dissipador de 60 m de longitud y 33.5m de ancho.

c. Captación

La captación se ubica al lado derecho de la bocatoma y está diseñada para un caudal de $95 \frac{m^3}{s}$, siendo el caudal máximo de captación de $105 \frac{m^3}{s}$. Consta de 04 naves controladas por compuertas radiales de 4x1.5 m. En el ingreso se tiene un vertedero en la cota 420.9 msnm con rejillas gruesas de separación neta entre barras de 0.1m

d. Canal desripador

Con una pendiente superior al 2% al inicio de este canal, se encuentra una rampa de fuerte caída y al final del mismo una transición hacia la compuerta del canal desripador que tiene 5m de ancho por 6.7 m de altura. Aguas debajo de la compuerta continua el canal hasta su entrega en curva hacia el colchón dissipador del aliviadero de compuertas. El primer rebose está compuesto por 4 ventanas de 6m de ancho cada una por 3.6 m de altura en donde se ubica una rejilla gruesa inclinado en 6° para facilitar la limpieza, la cual evita el ingreso de material grueso.

e. Captación temporal

Se ubica a unos 140m aguas arriba del eje de compuertas de la bocatoma y permite la captación de un caudal de aproximadamente $15 \frac{m^3}{s}$. Esta captación consta de 04 tuberías de 1.2m de diámetro y 20m de longitud con cota rasante de 421.5 msnm, que empalma en su parte final con una estructura de concreto armado con cota de piso en 417.56 msnm. Esta estructura tiene un orificio de 3x2m que empalma con el túnel de desvío, controlándose el caudal de ingreso al túnel de desvío por medio de una ataguía de 3x2 suspendida con tecele. A 120m aguas abajo el túnel de desvío empalma con el túnel aductor.

3.2.2. Desarenador

El desarenador está ubicado en las coordenadas 8°39'54" S, 78°19'53" O en el km 4+180 aguas debajo de la bocatoma. Esta estructura ha sido diseñada para caudales máximos de $92 \frac{m^3}{s}$ y $82 \frac{m^3}{s}$ de ingreso y salida, respectivamente; tiene una longitud de 115m (145m si se le adicionan las transiciones), y está conformado por 7 naves de 9m de ancho cada una. Cada nave posee guías de fondo, constituidas por muros de altura variable que permiten un mejor proceso de lavado de los sedimentos del fondo durante la purga. Cada

nave dispone de una estructura de cierre con ataguías del metal operados a través de un sistema de monorriel a fin de interrumpir el flujo para el proceso de purga.

La velocidad media del desarenador es de 0.25 m/s . El caudal previsto para la purga es de $8 \text{ m}^3/\text{s}$. La concentración media considerada de 5.6 Kg/m^3 y la máxima de 20 Kg/m^3 . La operación del desarenador se ha fijado en $85 \text{ m}^3/\text{sy}$ el caudal mínimo de operación en $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (purga) a fin de mantener la velocidad media que impida la deposición de partículas en el canal aguas arriba. Se diseñó para un diámetro de 0.15 mm por lo cual tiene una longitud de 115m . El desarenador diseñado para evacuar 2.27 Millones de Ton/año de sedimentos.

A continuación, se describirán los elementos que conforman el sedimentador para la fase de pre-purga y purga:

a. Purga de Gruesos

La pre-purga está conformada por un canal colector y un conducto de evacuación separados por un orificio.

_ El canal colector está ubicado en el extremo de aguas debajo de la transición de entrada del Desarenador, dispuesto transversalmente y en dirección perpendicular al eje del mismo. Su longitud es de 22.75m y tiene un caudal creciente. El caudal requerido para la limpia de sedimentos que se deposita en la transición de entrada, será de $15 \text{ m}^3/\text{sde}$ manera que el colector tendrá una capacidad creciente, siendo el incremento de caudal de $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ por metro lineal.

_ El orificio de salida tiene una sección cuadrada de $2 \times 2\text{m}$, en este punto el tirante de agua corresponde a un caudal de $15 \text{ m}^3/\text{s}$ es de 1.79m .

_ El Conducto de evacuación se inicia a la salida del orificio de la compuerta, es un conducto cubierto por encontrarse a unos 8m por debajo de la superficie del terreno. La longitud de este conducto es de 194m , totalmente en régimen supercrítico, tratándose una rápida.

b. Purga de Finos

La purga de finos se efectuará por un sistema de orificios colocados al final de las naves y de una cámara de purga que colecta el caudal utilizado durante el lavado.

_ Los orificios de evacuación de corrientes densas tienen un diámetro de $8''$ y se ubican 6 en cada nave, permitiendo evacuar $8 \text{ m}^3/\text{s}$ por los 42 orificios en total.

_ La cámara de purga tiene 3.5m de ancho y se le ha dado una pendiente supercrítica que permita el lavado de los sedimentos.

_ El conducto de purga de finos está diseñado para servir como botadero del canal de derivación.

Todas las características anteriormente descritas del desarenador buscan obtener una estructura hidráulica cuya eficiencia sea máxima en relación con su factibilidad técnico-económica. El diseño del desarenador se determinó por el Método de Camp. Para la aplicación de dicho método, el estudio de Factibilidad utilizó la curva granulométrica que se tenía para el río Santa en el año 1982, obteniendo una eficiencia de 50% (PECH, 1990). Sin embargo, el cálculo alternativo realizado por Rocha obtuvo una eficiencia de 31.7% debido a que utilizó una curva teórica según Camp en consideración a la escasa información disponible (Rocha,1999). En el Anexo 2 se muestra las curvas

granulométricas en mención, así como un resumen de los respectivos cálculos de la eficiencia del desarenador.

No obstante, con el fin de maximizar la eficiencia los usuarios de riego presurizado, en coordinación con el P.E. CHAVIMOCHIC han establecido un programa de aplicación de polímero aniónico en el desarenador. El costo anual de este programa asciende a S/270,447.1, que representa un costo por m³ de agua de S/0.007/ m³ que debe adicionarse a la tarifa de agua. La reducción de sedimentos por aplicación de polímero es del orden de 50%, lo cual resulta aún insuficiente en épocas de avenida en que los usuarios deben instalar sedimentadores auxiliares en cada lateral antes de utilizar el agua en los sistemas de riego a presión.

La cantidad de sedimentos que ingresan al sistema varía de 128.19 miles de *Ton/año* a 200.25 miles de *Ton/año*, con y sin aplicación de polímeros respectivamente. En la Figura 17, se muestra la variación mensual de la eficiencia del desarenador con y sin polímero. De esta figura, se destaca que el rendimiento del desarenador sin el uso de polímero se tiene entre 62.7%- 60.6% (de noviembre a mayo), pero en estiaje (junio a octubre) los rendimientos se encuentran entre 58%-59.5%. Lo señalado se produce debido a que en estiaje hay mayor presencia de finos, mientras que, en avenidas hay mayor cantidad de gruesos. Asimismo, se destaca un incremento aprox. de 5% mensual al usar polímeros.

La aplicación de polímeros será realizada hasta que se construya la presa Palo Redondo y (en caso de aprobarse) el decantado de Pampa Blanca, donde se debe retener hasta el 80% de la concentración de sólidos en suspensión.

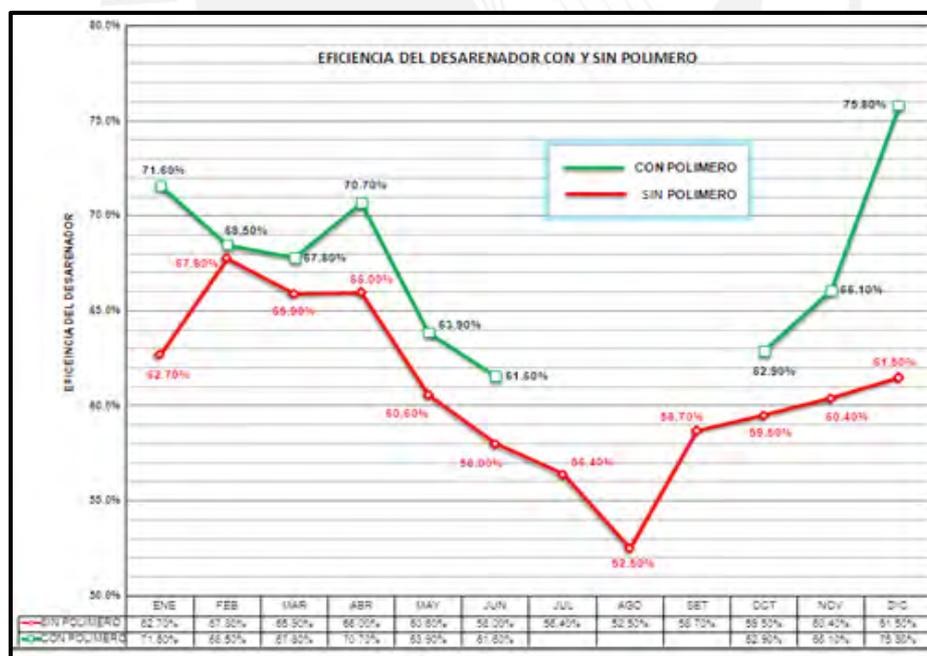


Figura 17. Eficiencia del desarenador con y sin polímero en el periodo 2004-2006 (PECH, 2013).

Cabe resaltar que los cálculos de eficiencia, indicados en la Figura 17, son para caudales promedios anuales entrantes y de salida del desarenador de 28.09 m³/s y 14.61m³/s, respectivamente. En tanto, el caudal de ingreso que se espera a la

culminación de la Fase III es de $82 \text{ m}^3/\text{s}$ de salida por lo que la eficiencia en el desarenador será mucho menor al promedio actual. Ya que el 80% de las partículas en suspensión del río Santa son inferiores a 0.15mm (INADE, 2002) y el diámetro de diseño del desarenador es de 0.15mm , esta estructura solo actúa plenamente sobre el 20% del material ingresante.

Asimismo, cabe mencionar los caudales de derivación planteadas para cada fase: Para la Fase I se planteó el caudal en $8 \text{ m}^3/\text{s}$, para la Fase II, en $20 \text{ m}^3/\text{s}$; y se espera que para el término de la Fase III, se logre derivar un caudal máximo de $82 \text{ m}^3/\text{s}$. No obstante, lo caudales de ingreso para cada fase tienden a ser distintos de los planteados. Así, para la Fase I se tenían caudales de aproximadamente $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ y para la Fase II caudales de aproximadamente $14.61 \text{ m}^3/\text{s}$ (PECH, 2010).

3.2.3. Presa Palo Redondo

El Proyecto Especial Chavimochic consiste en la derivación de las aguas del Río Santa hacia los valles del Chao, Virú, Moche y Chicama. Actualmente las obras de las etapas I y II han permitido llevar las aguas del valle Chao, Virú y Moche a lo largo de 155 km de canal. La construcción de la tercera etapa de este proyecto mejoraría la irrigación en un área de $47,800$ hectáreas, entre los valles Chao, Viru, Moche y Chicama, incorporaría al riego a otras nuevas $63,500$ hectáreas de cultivo, en las áreas de La Libertad señaladas en la Figura 18, aseguraría el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Trujillo y permitiría el aprovechamiento de proyectos hidroeléctricos (PECH, 2018).

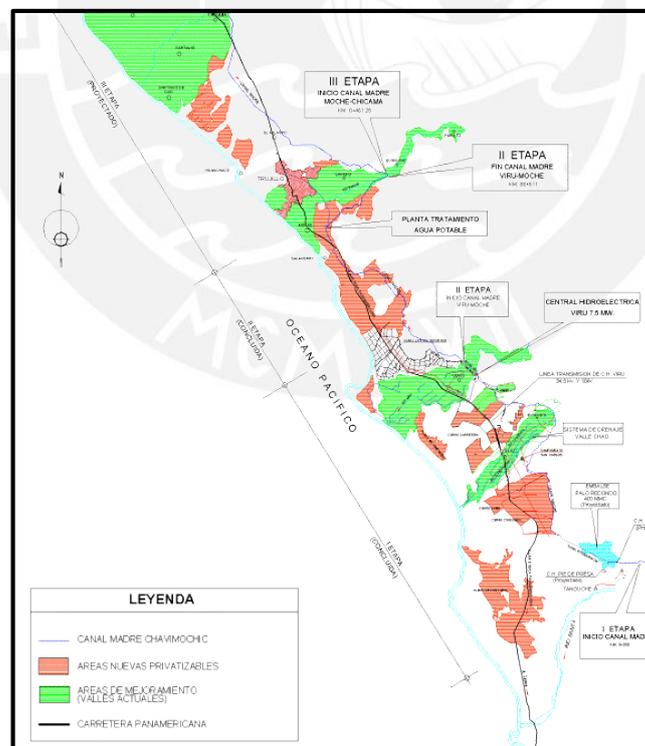


Figura 18. Áreas de irrigación al final de la III Etapa del Proyecto Chavimochic (PECH, 2016)

Una de las obras de esta tercera etapa es la presa de Palo Redondo, la cual tiene como objetivo crear un embalse que incremente el caudal disponible para el sistema Chavimochic utilizando el volumen útil en épocas de estiaje.

La presa de Palo Redondo está ubicada en el distrito de Chao, provincia Virú, región La Libertad. La construcción de la presa se inició en junio del 2015 teniendo como plazo 54 meses por lo cual debería estar concluida para finales del año 2019. Sin embargo, diversos problemas contraídos por la concesionaria generaron la paralización del proyecto desde diciembre del 2016 hasta la actualidad.

Según el último estudio de factibilidad de la presa Palo Redondo (PECH, 2013):

La presa será de 97 metros de altura (cota de coronamiento 347 m.s.n.m.), del tipo material granular grueso con pantalla impermeable de concreto, donde el cuerpo es el soporte de las cargas a las que estará sometida la estructura, y la pantalla es la que otorga la impermeabilidad. Asimismo, se espera un volumen útil de 366 MMC de un total de 400 MMC de capacidad.

El cuerpo de la presa se conformará con material existente en la quebrada de Palo Redondo, que consiste en un depósito aluvial cuyos elementos conformantes son predominantemente gruesos, aglutinado en un conjunto compacto granular con partículas de tamaño variado desde finas hasta bolones de piedra.

Una vez que se haya terminado de conformar el cuerpo del dique y comprobado que se hayan producido los asentamientos esperados en el relleno, se construirá la pantalla impermeable desde el Plinto hasta el coronamiento. Esta pantalla será de concreto armado, construido con agregados que se explotarán de la misma quebrada. El aglomerante será cemento Portland tipo I y el refuerzo, acero de nominación $f_y=4200 \frac{Kg}{cm^2}$ de resistencia a la fluencia. El espesor de la pantalla de concreto variaría de 0.6m contando desde la base del plinto hasta 0.3 m en el coronamiento de la presa. La cuantía de armado se estima en $85 \frac{Kg}{m^3}$.

En la Figura 19 se muestra el esquema de la presa pudiéndose reconocer lo componentes principales que se describen líneas abajo.

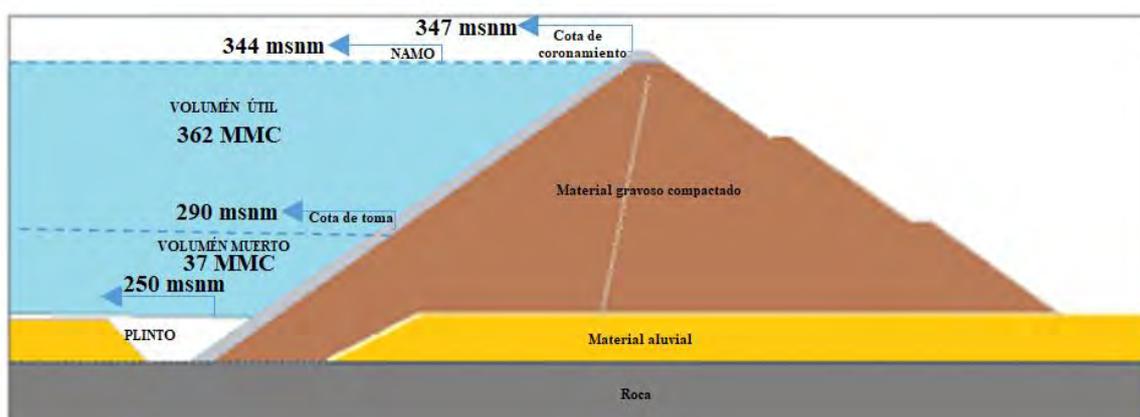


Figura 19. Esquema de la Presa Palo Redondo

a) Cuerpo de Presa

El cuerpo de la presa se planeó para construirse en dos fases de tal manera que al término de la Fase I se pueda poner en servicio a la presa almacenando en el vaso un volumen bruto de 160 MMC correspondiente a la cota 318 msnm (ver figura 20) y con una cota de coronamiento de 322 msnm. Posteriormente, se concluiría la presa con la segunda Fase la cual comprende la terminación del tratamiento de la cortina impermeable, colocación de materiales conformantes del cuerpo y terminación de la pantalla de concreto.

El nivel NAMO (Nivel de Agua Máximo en Operación) del embalse, en concordancia con los requerimientos de demanda para fines del agro, agua potable y explotación hidroeléctrica se ha fijado en la cota 344 msnm, con lo cual se tendrá una capacidad de 401 MMC de almacenamiento.

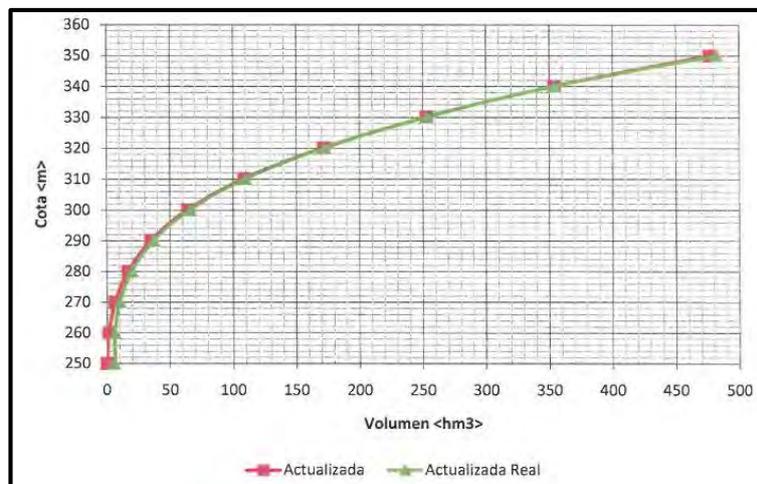


Figura 20. Curva de embalse real que procede de la actualizada (CHAVIMOCHIC, 2013)

El nivel de coronamiento fue establecido en la cota 347msnm, evaluándose la sobrelevación durante avenida, oleaje por sismo o viento y el asiento post constructivo de la presa por el primer llenado del embalse.

Asimismo, el ancho de la corona en la cresta de la estructura (cota 347 msnm) será de 12m y a nivel de NAMO el ancho será de 13.35m.

b) Toma de servicio y toma de fondo

La toma de servicio tiene el fin de entregar el agua embalsada al servicio; mientras que, la toma de fondo sirve para efectuar purgas periódicas, eliminar sedimentos depositados en el fondo del vaso y vaciar las aguas del embalse en caso de emergencia.

Ambas tomas utilizaran el mismo túnel, el cual está ubicado en la ladera del cerro, en inmediaciones del estribo derecho. Este túnel tiene forma de baúl de 4.5m de ancho por 4.5m de altura.

La toma de servicio conectará con la casa de máquinas y con la toma de entrada al túnel de restitución. Se ha previsto una bifurcación desde la alineación principal para la casa de máquinas, terminada con una brida ciega. Así mismo, se ha previsto una trifurcación al

final de la toma con el objetivo de servir independientemente como desagüe de fondo (alineación central) y toma de servicio propiamente dicha.

Para poder posicionar la cota de la toma de servicio, es necesario considerar la cota a la que llegaran a depositarse los sedimento en el embalse durante su vida útil. Según los estudios de Hidrología y Sedimentos del PECH, los sedimentos alcanzarían un volumen de 37 MMC en sus 50 años de vida útil lo cual estaría ubicada en la cota 290 msnm (ver figura 20) por lo que dicha cota será la cota de entrada al túnel que une la toma de servicio y de fondo.

Al considerar la cota de toma en 290 msnm se asume que todos los sedimentos que entraran en el embalse se depositaran entre el cuerpo de presa y la obra de toma.

c) Aliviadero de excedentes

Con el objetivo de evacuar la masa adicional en el embalse, se construirá, al costado izquierdo de la presa, en el talud constituido por roca del tipo andesita de buena calidad, un aliviadero del tipo labio libre de 75 metros de longitud, con su respectivo canal de descarga.

Vertedero tipo solera rápida en túnel con un caudal de diseño de $1265 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de verificación de $2800 \text{ m}^3/\text{s}$.

4. Metodología

4.1. Evaluación de la producción de sedimentos en la subcuenca Palo Redondo

4.1.1. Caracterización de la subcuenca Palo Redondo

La subcuenca de Palo Redondo es un afluente del río Santa que desembocada en la localidad de Tanguche. En la Tabla 8 se muestran algunas características de la subcuenca de Palo Redondo, las cuales fueron obtenidas con apoyo del modelo de Elevación Digital.

Tabla 8. Características morfológicas de la subcuenca de Palo Redondo

Descripción	Und.	Valor	Observación
Párametros físicos			
Area o magnitud de la cuenca (Ac)	km ²	408.7	Mediante SIG
Perímetro (P)	Km	159.4	Mediante SIG
Cotas de la cuenca			
Cota máxima	Msnm	4092	Mediante SIG
Cota mínima	Msnm	160	Mediante SIG
Centroide de la cuenca			
Longitud	°	-72.43	WGS84
Latitud	°	-8.59	WGS84
X Cenroide	M	782908.4	UTM ZONE 17S

Descripción	Und.	Valor	Observación
Y Centroide	M	9048615.6	UTM ZONE 17S
Altitudes de la cuenca			
Altitud promedio	Msnm	1329.2	Mediante SIG
Altitud de frecuencia media	Msnm	1298.0	Mediante curva hipsométrica (50% A acum) *Ver Figura 21.
Pendiente de la cuenca	%	19.25	Método de J. W. Alvord
Longitud del Río principal	Km	37.3	Proyectado
Pendiente del Río principal	%	6.00	Estudio de Factibilidad PR
Orden de la Red Hídrica	Und.	3	-
Longitud de la Red Hídrica	Km	78.98	-
Pendiente Promedio de Red Hídrica	%	6.00	-

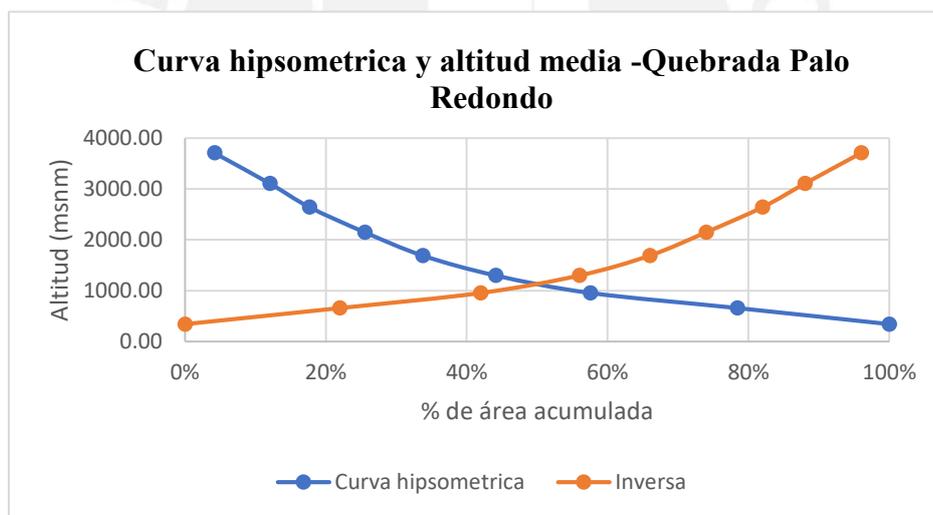


Figura 21. Curva hipsométrica de la Qda Palo Redondo

El punto más alto de la cuenca se ubica en la cota 4,092 msnm y el sitio de presa en los 250 msnm. Esta subcuenca es de relieve llano, con pendientes que varían desde casi 13% en las zonas altas (moderadamente inclinadas) y cerca de 2% (casi planas) para la zona de presa y en casi toda la extensión de la cuenca (PECH,1990).

La subcuenca de Palo Redondo tiene una extensión total de 392 Km² de los cuales se estima que 122 Km² pertenecen a la cuenca húmeda. El clima de la cuenca es árido a semiseco, con escasa o nula precipitación, temperatura templada y humedad media (PECH, 1990).

En la zona del embalse la temperatura media mensual es de 19°C. En verano se han registrado máximas de 38°C y en invierno mínimas de 14°. Asimismo, se tiene una humedad relativa media de 75%.

La quebrada Palo Redondo es considerada “seca” debido a que descarga caudales eventualmente sólo en años húmedos y por algunas horas.

La precipitación milenaria fue estimada por el PECH en 55 mm, la cual mediante el método hidrograma unitario, considerando una abstracción inicial de 0.25, un número de curva de 82 y un perfil de lluvia tipo II, produce un caudal pico de 68 m³/s (PECH,1990).

La casi nula precipitación origina que la mayoría del área de la cuenca sea desértica o con pastura pobre, como se podrá apreciar más adelante en el presente capítulo. En vista de las condiciones descritas en el presente ítem se consideró que el análisis de producción de sedimentos para la Quebrada Palo Redondo debía realizarse evaluando posibles tormentas extraordinarias.

4.1.2 Evaluación de Potenciales tormentas en la zona de estudio

4.1.2.1 Estimación de la Avenida máxima probable

La avenida máxima probable (AMP) es el estimado del hidrograma más severo que podría producirse en caso se presentaran simultáneamente en la cuenca todos los factores que favorezcan al escurrimiento.

La cuenca de Palo Redondo, caracterizada por la ausencia de nevados y lagunas, tiene como único factor de escurrimiento a la precipitación.

El evento de mayor influencia en la precipitación para la zona de estudio es el Fenómeno El Niño, se considera, entonces, que la AMP se podría producir con la presencia de un Mega Niño con características similares al del 83 y 98.

Debido a la carencia de registros pluviales, en el estudio de hidrología de la Presa Palo Redondo (PECH,1990), se usó el método propuesto por Herschfield (1970) el cual está dominado por la Ecuación 2.1, considerándose las cinco estaciones presentes la Tabla 9, debido a su proximidad con el área de interés.

Tabla 9. Estaciones usadas para cálculo de la PMP

Estación	Altitud	Años de registro	Pm	CV
Quiruvilca	3400	22	19.9	0.61
Otuzco	2620	14	19.1	0.33
Salpo	3395	24	27.3	0.44
Capachique	2880	24	31.8	0.35
Cospan	2450	24	35.8	0.37
Promedio	2949	21.6	26.78	0.42

Fuente: PECH,1990

$$PMP = Pm(1 + K * CV) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Así, reemplazando los datos de la Tabla 9 en la ecuación 4.1 se obtiene:

$$PMP = 26.78(1 + 8 * 0.42) = 116.8 \text{ mm}$$

Sea PMP la precipitación máxima probable, Pm la precipitación media, CV el coeficiente de variación y K un factor de frecuencia, que fue estimado, por el PECH, en 8 según la envolvente de datos regionales que incluyeron las estaciones en la Tabla 9.

Además, se consideró que la precipitación calculada era demasiado rigurosa así que siguiendo las condiciones del Anexo1, se obtuvo que la precipitación por aplicar sería solo el 93% de la calculada. Entonces: $PMP = 116.8 * 0.93 = 109 \text{ mm}$.

4.1.2.2. Hietograma de Precipitación

Ante la carencia de datos reales para estimar la distribución de la lluvia, es común el uso de las curvas tipo de la SCS, así como el método de bloques alternos.

a) Método de Bloques Alternos

Este método consiste en obtener incrementos de precipitación que son reorganizados de tal manera que el mayor incremento vaya en el centro de la duración total y el resto se ordene desde el centro de manera descendente alternando de derecha a izquierda.

Ya que se tenía la PMP de 109 mm se utilizó la metodología de Dick Peschke que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas, según la siguiente expresión:

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad \text{Ec.4.2}$$

Donde Pd es la precipitación total (mm), d es la duración (min), y P_{24h} es la precipitación máxima en 24 horas (mm).

b) Curvas tipo SCS

La SCS desarrolló curvas tipo para cuatro regiones diferentes en los Estados Unidos. Si se conoce una profundidad de precipitación, la curva tipo se escala para obtener la distribución de la tormenta en el tiempo. Existen cuatro tormentas de 24 horas de duración, llamadas Tipo I, IA, II y III, respectivamente.

Los tipos I y IA corresponden al clima marítimo del Pacífico con inviernos húmedos y veranos secos. El tipo III corresponde al golfo de México y las áreas costeras del Atlántico, donde las tormentas tropicales producen lluvias de 24 horas muy grades. El tipo II corresponde al resto de Estados Unidos.

En Perú, para las áreas en las que no se cuenta con información pluviométrica se suelen utilizar las distribuciones de lluvia Tipo I y Tipo II señaladas en el párrafo anterior. Por lo tanto, se multiplicó los 109 mm correspondientes a la PMP a los porcentajes de masa de las curvas Tipo I y Tipo II. Finalmente, se obtuvo los hietogramas de la Figura 22.

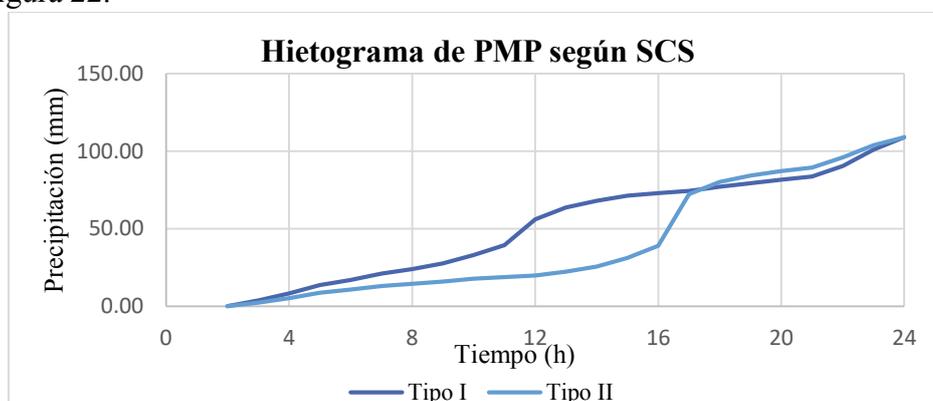


Figura 22. Hietogramas Tipo I y II de la SCS

4.1.2.3. Frecuencia de tormenta

Dada la frecuencia del Fenómeno de El Niño extraordinario en el Perú (ver tabla 10), en este estudio se asume que la magnitud de precipitación máxima probable puede ocurrir ante estos eventos.

Respecto a este fenómeno se debe distinguir El Niño global, de El Niño Costero. El primero es producto del calentamiento del mar por ondas kelvin que desplazan agua caliente de la parte occidental del Pacífico (Australia) hacia la parte oriental (Sudamérica) y se registra en un periodo de tiempo prolongado de aproximadamente 10 meses, que inician en diciembre, generando lluvias fuertes pero interrumpidas. El segundo es producto del calentamiento del mar por ingreso de aguas cálidas del norte, aguas ecuatoriales, que generan ondas Kelvin frente a la costa peruana produciendo lluvias constantes en un periodo corto de entre 2 a 3 meses.

Cuando el Fenómeno de El Niño se presenta de manera severa se le denomina Mega Niño, el cual origina lluvias de tal intensidad, cantidad y duración que no solo erosionan partes de la cuenca en donde usualmente llueve y por tanto se han tomado medidas preventivas, sino también en las áreas desprotegidas.

Hasta 1983, se consideraba que el periodo de retorno del Meganiño ocurrido en tal fecha por la magnitud de sus impactos sería de 400 a 500 años. Sin embargo, para el año 1998 se repitió el Fenómeno. Así, surgió la necesidad de un estudio más riguroso. En consecuencia, un estudio realizado por Rocha determinó que para el intervalo entre 1531–2012 en la Costa Norperuana se presentaron once Meganiños con un intervalo promedio de 42 años (Rocha, 2013).

En la Tabla 10, se muestra una breve descripción de los Meganiños estudiados por el Rocha, así como de El Niño Costero del 2017. Se puede apreciar que desde el primer Mega Niño estudiado científicamente en el Perú (El Niño de 1891) hasta la actualidad, se han producido seis de estos eventos con un intervalo promedio de 25.2 años. Por otro lado, si consideramos solo los últimos 50 años, los fenómenos El Niño más severos que se han presentado son los de 1983, 1998 y el Niño Costero del 2017, en un intervalo medio de 17 años.

Tabla 10. Registro de Meganiños

Año	Características
1578	Fuertes lluvias en Lambayeque. Destrucción de canales, grandes daños a la agricultura, epidemias, plagas. Pocos datos
1720	Lluvias en Trujillo, Piura, Paita. Desborde de ríos, destrucción de Zaña, enormes daños económicos a la agricultura, especialmente en Lambayeque. Pocos datos
1728	Lluvias en Piura, Paita, Zaña, Chocope, Trujillo. Desborde de ríos. Ruina económica de la agricultura en Lambayeque. Pocos datos
1791	Impacto mundial. Fuertes lluvia en Piura Paita, Lambayeque, Chiclayo y en toda la costa norte. Daños a la agricultura en Lambayeque. Fuertes lluvias entre Chíncha y Pativilca. Pocos datos.

Año	Características
1828	Fuertes lluvias entre Trujillo y Piura. Tempestades, desbordes de ríos, inundación de Lambayeque y ruina de la agricultura de dicho departamento. Pocos datos
1878	Impacto mundial. Periodo húmedo de dos años seguidos. Fuertes lluvias en la costa norte. Grandes daños en Lambayeque: ruina total de la agricultura.
1891	El primero en estudiarse científicamente en el Perú, caracterizado por torrenciales lluvias en toda la costa norte. En Piura, Trujillo y Chiclayo llovió dos meses. Se produjeron 2000 muertos, 50 000 damnificados. Desbordes del río Rímac
1925	Fortísimas lluvias en todo el norte. En Tumbes, 1524 mm. En la cuenca baja del río Chancay Lambayeque, 1000 mm. El Rímac alcanzo los 600 m ³ /s. Desborde de ríos, aumento de temperatura del mar y del ambiente. Plagas, epidemias y enfermedades.
1926	Fortísimas lluvias en todo el norte durante tres meses. En tumbes, 1265 mm. Plagas, epidemias y enfermedades.
1983	Gran impacto mundial. Fuertes precipitaciones en toda la costa norte: seis meses en Piura. En tumbes 5466 mm. Produjo aprox. 1100 muertos, 1'267,720 damnificados, 17,345 viviendas afectadas, 55 puentes dañados.
1998	Enorme impacto mundial. Afectó 23 regiones del Perú, dejó 374 muertos, 412 heridos, 591,615 damnificados, 109,902 viviendas afectadas y 148 puentes dañados.
2017	Afectó 11 regiones del Perú, dejando 90 muertos, 347 heridos, 120,899 damnificados, 164,386 viviendas afectadas y 159 puentes dañados.

Fuente: Elaboración Propia basado en el Estudio de Rocha, 2013

Se estima por lo tanto que durante los 50 años de vida útil de la Presa Palo Redondo se podrían producir dos tormentas que originen la avenida máxima probable.

Las tormentas originadas podrían ocasionar flujos de tres tipos, los cuales son definidos por Costa (1988) según las características presentes en la Tabla 11:

Tabla 11. Tipos de Flujos superconcentrados

Flujo	Densidad (g/cm³)	Flujo Dominante	Tipos de fluido
Flujo Torrencial	1.01-1.33	Turbulento	Newtoniano
Flujo Superconcentrado	1-33-1.80	Turbulento a laminar	No-Newtoniano
Huayco	1.80-2.30	Laminar	Viscoplastico

Fuente: Costa, 1988

Antes de modelar el flujo y su afectación en la Presa Palo Redondo, se debe analizar la erosión de la Quebrada y estimar el hidrograma necesario para una posterior simulación del evento.

Con el propósito mencionado, se analizó los modelos de erosión de cuencas orientado a eventos más utilizados en la actualidad. En la Tabla 12 se puede observar que los modelos que brindan mayor cantidad de resultados son KINEROS 2 y Shetran. Considerando el nivel de adaptación a los objetivos y las limitaciones existente sobre la disponibilidad de datos y libre uso, se concluyó que el modelo más adecuado sería KINEROS 2.

Tabla 12. Modelos de erosión de cuenca orientado a eventos

Modelo	Resultados
KINEROS2	Escorrentía, pico máximo, erosión, producción de sedimentos
Erosión 3D	Escorrentía, erosión, sedimentación
LISEM	Escorrentía, sedimentos
USPED	Escorrentía, deposición
SHETRAN	Escorrentía pico máximo, sedimentos, producción de sedimentos
STREAM	Escorrentía, erosión

Fuente: Merritt et al, 2003

4.1.3. Análisis de la erosión y transporte de sedimentos utilizando el modelo KINEROS

4.1.3.1. Descripción del modelo

KINEROS es un modelo cinemático de escorrentía y erosión orientado a eventos y basado en principios físicos que describen los procesos de interceptación, infiltración, escorrentía y erosión de cuencas hidrográficas. Este modelo no tiene componentes que describan la evapotranspiración, ni el movimiento del agua del suelo entre tormentas y, por lo tanto, no puede mantener el equilibrio del ciclo hidrológico. Dada las condiciones iniciales de humedad del suelo, calcula la escorrentía superficial y erosión para un solo evento (USDA,1990).

El modelo divide la cuenca en varias subcuencas con características de precipitación, infiltración y rugosidad particulares. Luego, KINEROS calcula la tasa de lluvia e infiltración para cada subcuenca. La escorrentía se enruta por cada subcuenca a través de los canales (y reservorios, que se estén presentes) hasta la salida de la cuenca; de igual modo se enrutan los sedimentos a través del sistema.

KINEROS considera por separado la erosión causada por la gota de agua y la erosión causada por el flujo de agua, y continúa la simulación a través del canal y los elementos del estanque (USDA,1990). La ecuación general que usa el modelo para describir la dinámica del sedimento en cualquier punto a lo largo de una trayectoria de flujo superficial es una ecuación de balance de masa similar a la del flujo de agua cinemático (Bennett, 1974):

$$\frac{\partial(A*Cs)}{\partial t} + \frac{\partial(Q*Cs)}{\partial x} - e(x, t) = q(x, t) \quad \text{Ec.4.3}$$

Dónde: Cs es la concentración de sedimentos, Q caudal, A área de flujo transversal, e tasa de erosión de la capa de suelo y qs es tasa de entrada de sedimentos por canal.

La tasa de erosión neta es la suma de la erosión por salpicadura (e_s) y la tasa de erosión hidráulica (e_h).

Por una parte, la erosión por salpicadura, es estimada por el modelo basándose en datos experimentales y aproximaciones, obteniendo las expresiones:

$$e_s = c_f * k(h) * r^2; \quad q > 0 \quad (\text{Ec.4.4})$$

$$e_s = 0 \quad ; \quad q < 0 \quad (\text{Ec.4.5})$$

Dónde: c_f es una constante relacionada a las propiedades del suelo y $k(h)$ es un factor de reducción que representa la reducción en la erosión por salpicadura causada por el aumento de la profundidad del agua.

Por otra parte, la erosión hidráulica se debe a la interacción entre la fuerza de corte del agua en el lecho del suelo suelto y la tendencia de las partículas del suelo a asentarse bajo la fuerza de la gravedad, pudiendo ser positiva (aumento de la concentración en el agua) o negativa (deposición). La erosión/deposición hidráulica se modela como un proceso de transferencia cinética representada por la ecuación 4.6:

$$e_h = c_g(C_m - C_s) * A \quad (\text{Ec.4.6})$$

Dónde: C_m es la concentración de equilibrio, C_s es la concentración local del sedimento para un tiempo "t", y c_g es un coeficiente de velocidad de transferencia. Conceptualmente, cuando se produce deposición, c_g es igual a la velocidad de sedimentación de partículas dividida por la profundidad hidráulica; en tanto, cuando se produce erosión en suelos cohesivos, el valor de c_g se reduce hasta el límite vs/h .

4.1.3.2. Configuración

El modelo KINEROS fue desarrollado desde la interfaz AGWA, la cual requiere de la introducción de capas que permitan caracterizar a la cuenca y datos hidrológicos para la simulación de la tormenta.

a) Modelo de Elevación Digital

Un modelo de elevación digital (DEM) es un conjunto de celdas con valor numérico que representan la elevación de una determinada región.

El DEM para el área de estudio se obtuvo del geoservidor del MINAM, el cual tiene una resolución espacial de 30 metros y fue proyectado en la zona 17S. Con dicho DEM se delimitó la cuenca hidrográfica y sus subcuencas a través de las opciones “Delineate New watershed” y “Watershed Discretation”, resultando los mapas de las Figuras 23 y 24 respectivamente:

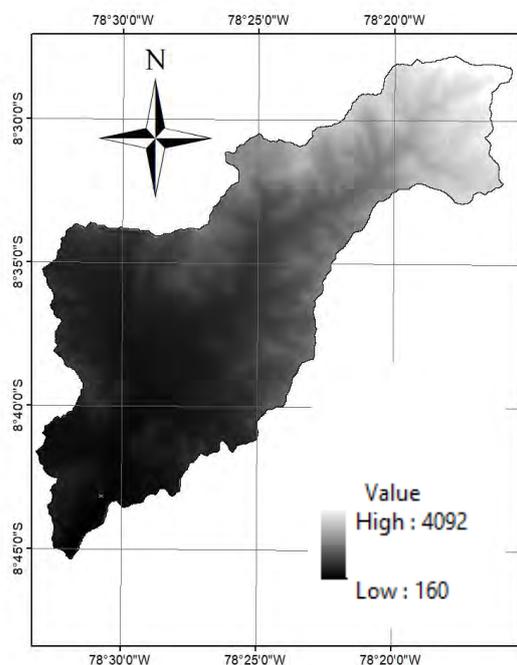


Figura 24. Modelo de Elevación Digital de la subcuenca Palo Redondo

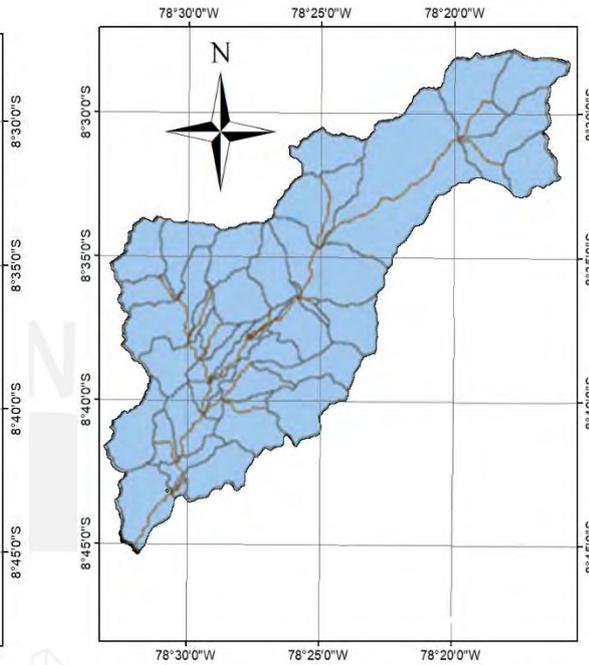


Figura 23. Discretización de la subcuenca Palo Redondo

b) Parametrización

En la parametrización de la cuenca se le asignan características propias de su topografía, tipo y uso de suelo.

Para ello, se debe añadir previamente al espacio de trabajo el GRID de uso de suelo y la capa de tipo de suelo. Estos últimos deben estar clasificados en algunas de las categorías con las que trabaja AGWA.

El uso de suelo se puede clasificar según la categoría NALC, MRLC o SWGAP. En tanto, el tipo de suelo se puede clasificar según STATSGO, SURGO o FAO. Para el presente proyecto se optó por las categorías NALC y FAO, para uso y tipo de suelo respectivamente por ser las de uso común en países como Perú.

b.1) Uso de Suelo

El mapa tipo GRID de uso y cobertura de suelo fue descargado de la página del MINAM. Este mapa fue desarrollado en base a imágenes satelitales de Landsat 5 del año 2011 y se complementó con imágenes del 2012 de Google Earth. Dicho GRID fue reclasificado según la categoría NALC, como se mencionó previamente.

A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de cobertura considerados por la ONERN basadas en la Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) y su respectiva clasificación para NALC:

i.) Agricultura costera y andina

Esta cobertura corresponde a todas las áreas donde se realiza actividad agropecuaria. Está conformado por cultivos bajo riego y en secano, además de vegetación natural ribereña.

v.) Bosque seco de montaña

Este bosque se ubica como una amplia franja normalmente sobre las laderas montañosas. La vegetación es característicamente caducifolia, es decir, elimina su follaje durante el periodo seco; por lo tanto, se la clasificó como “Bosque Caducifolio”.

vii.) Área altoandina con ecasa y sin vegetación

Esta unidad corresponde área en condiciones de aridez

ix) Pajonal Andino

Esta unidad es subdividida en pajonal (hierbas de hasta 80 cm de alto), césped (hierbas de porte de hasta 15 cm) y tólar (arbustos de hasta 1.2 m de alto). El pajonal andino constituye una fuente importante para actividades ganaderas; no obstante, se encuentra en proceso de degradación por el sobrepastoreo y la quema periódica. En el modelo NALC, esta especie se definió como “Pastura”.

Las áreas correspondientes a estas unidades son identificadas en NALC con el código SWRN que describe las zonas característicamente áridas y sin producción vegetal en EE. UU.

En la Tabla 13 se muestra la reclasificación de los tipos de uso y cobertura.

Tabla 13. Reclasificación de la cobertura de suelo según NALC

MINAM (2013)	NALC	Descripción	%Área
Agricultura Costera y Andina	AGRL	Agricultura general	1.2%
Área altoandina con escasa y sin vegetación	SWRN	Área desértica	55.8%
Bosque seco de montaña	FRSD	Bosque caducifolio	4.3%
Pajonal Andino	PAST	Pastura	38.7%

Una vez reclasificado el mapa obtenido del MINAM, se obtuvo el GRID presente en la Figura 25, el cual fue introducido en la parametrización asignándose la base de datos mrlc2001, por ser la más completa entre las opciones que ofrece AGWA.

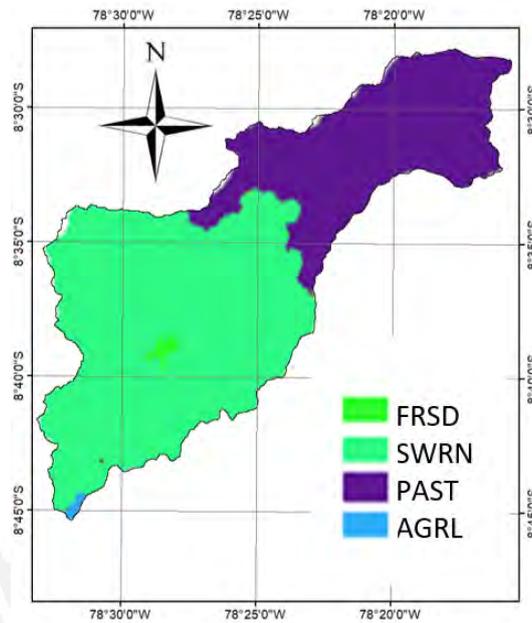


Figura 25. Cobertura de suelo en la subcuenca Palo Redondo

b.2) Capa de tipo de Suelo

El mapa de tipo de suelo fue obtenido de la FAO (ver Figura 26) por lo que no fue necesario reclasificarlo. Una vez que se introduce dicha capa en la parametrización, AGWA le asigna automáticamente las bases de datos correspondientes a la clasificación FAO.

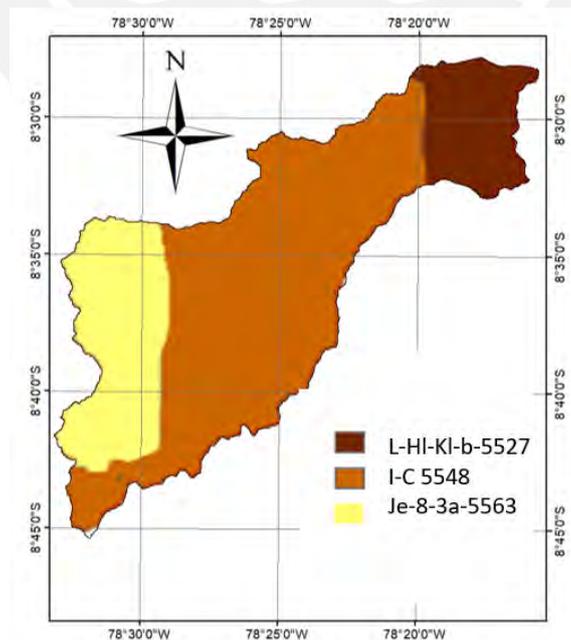


Figura 26. Tipos de suelo en la subcuenca de Palo Redondo

c) Precipitación

AGWA tiene tres opciones disponibles para generar archivos de precipitación KINEROS: Mapa de precipitación-frecuencia NOA, Tormenta definida por la base de datos AGWA y Precipitaciones definidas por el usuario. Todos estos se escriben en la carpeta de discretización apropiada en la geodatabase. Las dos primeras son óptimas solo para regiones dentro de EE. UU, por lo que, en Perú, el archivo de precipitaciones debe ser generado por el usuario. Asimismo, hay dos formas de introducir dicho archivo. Por un lado, se puede introducir un hietograma de precipitación ya definido. Por otro lado, se puede dejar que el programa genere el hietograma introduciendo la precipitación, el número de intervalos, la duración de la lluvia y el tipo de distribución. Este último puede ser SCS-tipo II o distribución uniforme.

Se definieron tres precipitaciones, todas considerando una abstracción inicial de 0.2 teniendo en consideración que el suelo estará casi saturado por las precipitaciones antecedentes a la PMP.

Se definió el hietograma tipo II de la SCS por lo que solo fue necesario introducir la cantidad total la PMP de 109 mm y elegir la opción correspondiente para que KINEROS la genere.

Además, se definieron los hietogramas tipo I de la SCS y el estimado con el método de Bloques Alternos. Para estos se introdujeron al programa la cantidad de lluvia acumulada por cada incremento de tiempo.

4.1.3.3. Simulación

Se generaron tres simulaciones correspondientes a cada una de las precipitaciones definidas. En cada simulación, se observó el hidrograma producido en la zona de la presa, lo cual permitió descartar el hietograma de Bloques alternos por originar un caudal pico demasiado alto. Asimismo, se optó por el hietograma SCS Tipo 2 por ser más conservador que el Tipo 1 y más adecuado a zonas áridas como la Quebrada Palo Redondo. En el próximo capítulo se presentarán los resultados consecuentes de la simulación elegida. Cabe mencionar que, si bien Kineros permite calibrar el modelo definido, esto no se pudo realizar por no contar con estaciones de ningún tipo en la Quebrada Palo Redondo.

4.2. Evaluación de la producción de sedimentos en zonas críticas de la cuenca del Río Santa

Si bien la cuenca del Santa tiene una extensión de cerca de 12,000 KM², para facilitar el procesamiento de la información es preferible trabajar por subcuencas y en especial, si se espera desarrollar medidas de conservación de suelos.

Un estudio realizado por Morera en el 2010 en apoyo del PECH, con rango de datos del 2002 al 2009, concluye que el 57.74% de los sólidos que llegan a la estación Condorcero provienen de Tablachaca. En la Tabla 14, se muestra el total de los sólidos que llegan a la estación Condorcero (los cuales son captados por el sistema Chavimochic) producto del aporte proveniente de la subcuenca de Tablachaca (controlado desde la estación Tablachaca) y de la cuenca media-alta del río Santa (controlados desde la estación Santa).

Tabla 14. Aporte de sólidos de las estaciones Tablachaca y Santa

Periodo	Cond.(Ton)	Santa (Ton)	Tab. (Ton)	Santa (%)	Tab. (%)
2002-2003	9,585,550.70	3,975,971.80	6,882,096.10	36.62%	63.38%
2003-2004	2,809,602.40	1364498.8	1,587,882.40	46.22%	53.78%
2004-2005	8,160,575.70	3,286,383.70	6,560,914.00	33.37%	66.63%
2005-2006	21,507,246.60	11,112,577.40	10,761,395.90	50.80%	49.20%
2006-2007	11,988,366.90	5,289,617.60	5,544,373.00	48.82%	51.18%
2007-2008	9,144,524.10	3,280,767.90	5,972,322.80	35.46%	64.54%
2008-2009	19,769,164.50	8,833,249.80	11,006,132.70	44.52%	55.48%
Promedio	11,852,147.27	5,306,152.43	6,902,159.56	42.26%	57.74%

Fuente: Morera, 2010

En la Figura 27, se puede observar las 9 subcuencas en las que está dividida el Santa. En el desarrollo del presente proyecto se decidió trabajar, además de la subcuenca 4 correspondiente a la Quebrada Palo Redondo donde se ubica la presa del mismo nombre, con la cuenca 1 (Tablachaca) debido a ser la mayor productora de sedimentos.

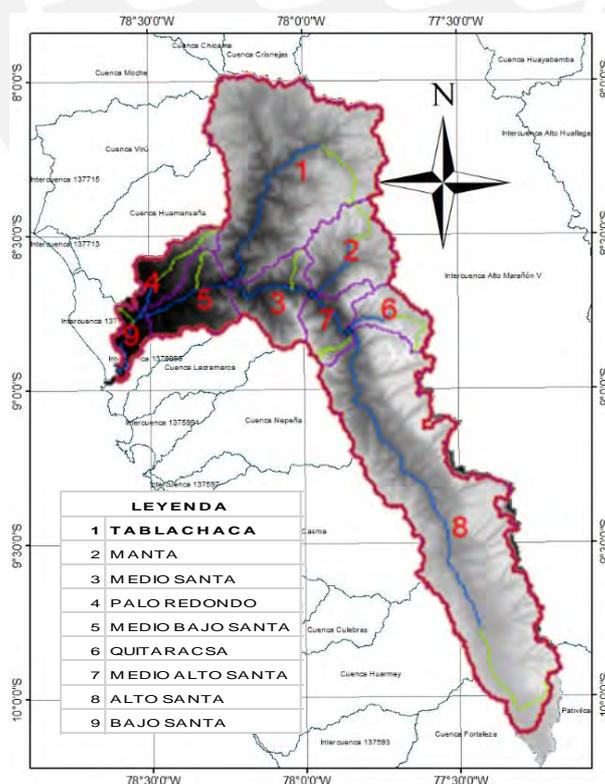


Figura 27. Subcuencas del Santa

4.2.1. Caracterización de la subcuenca Tablachaca

La subcuenca Tablachaca está ubicada en la parte Noroeste de la cuenca del río Santa, entre los 500 y 4,956 msnm, con una altitud media de 3,246 msnm. Cabe mencionar que el río Tablachaca es el afluente principal del Río Santa (PEHC, 2013) y tiene una longitud máxima de recorrido de 93,4 km.

El cauce principal de la Subcuenca Tablachaca se desarrolla desde sus nacientes en dirección Noreste a Suroeste. La pendiente media del cauce es de 3.9%, variando de 2.2% en el tramo entre 500 y 1,500 msnm, a 3.4% entre 1,500 y 2,400 msnm y, finalmente a 7.9% entre los 2,400 y 4,200 msnm (PECH, 2013). Las descargas medias mensuales determinadas en base a la información de la estación Chuquicara (Tablachaca) varían de $8.22 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de agosto a $73.90 \text{ m}^3/\text{sen}$ el mes de marzo, con un promedio anual de $27.60 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que en masas líquidas representa 898.776 MMC (PECH,2013).

Asimismo, el río Tablachaca aporta más del 50% del total de los sedimentos del río Santa. Esto se debe a que los suelos de la primera son suelos más sueltos, de alta pendiente (85%) y de escasa vegetación. Esto ocurre también con el cauce de este río que tiene pendiente más alta que el río Santa propiamente dicho, lo que permite que se erosione más el cauce contribuyendo a la alta producción de sólidos en suspensión. La actividad minera también contribuye a la producción de sólidos, especialmente las minas de carbón que, como en la microcuenca Ancos, contribuyen a la alta concentración en la sub-cuenca Tablachaca. Además, los análisis de composición mineralógica de los sedimentos del río Tablachaca determinaron que cerca del 30% de los sedimentos están compuesto por arcillas (PECH,2013).

En la Tabla 15 se muestra una síntesis de las principales características de la subcuenca de Tablachaca,

Tabla 15. Características morfológicas de la Subcuenca de Tablachaca

Descripción	Und.	Valor	Observación
Área o magnitud de la cuenca (Ac)	km ²	3049.0	Mediante SIG
Perímetro (P)	Km	378.7	Mediante SIG
Cotas de la cuenca			
Cota máxima	Msnm	4956	Mediante SIG
Cota mínima	Msnm	506	Mediante SIG
Centroide de la cuenca			
Longitud	°	-8.27	WGS84
Latitud	°	-84.05	WGS84
X Cenroide	M	163847.3	UTM ZONE 17S
Y Centroide	M	9083986.7	UTM ZONE 17S
Altitud promedio	Msnm	3246.1	Mediante SIG
Altitud de frecuencia media	Msnm	3720.0	Mediante curva hipsométrica (50% A acum) *Ver Fig.28
Pendiente de la cuenca	%	52.00	Mediante SIG
Longitud del Río	Km	93.4	Mediante SIG

principal			
Pendiente del Río principal	%	3.90	Mediante SIG
Orden de la Red Hídrica	Und.	3	Mediante SIG
Longitud de la Red Hídrica	Km	261.7	Mediante SIG

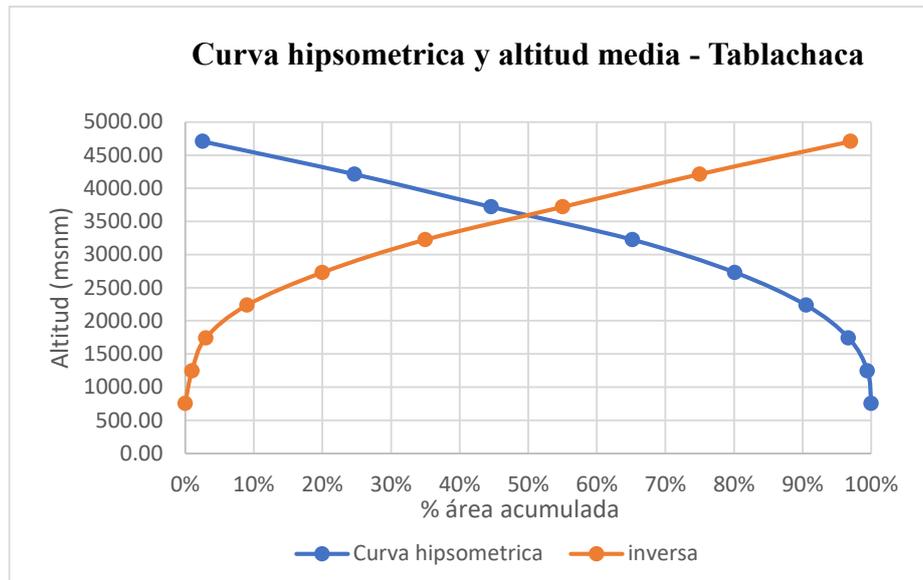


Figura 28. Curva hipsométrica de la subcuenca Tablachaca

La escorrentía superficial de la cuenca proviene de la precipitación pluvial la cual varía entre 200 a 1,200 mm anuales, contribuyendo con el 20.5% a la escorrentía del río Santa (PECH,2013). Asimismo, esta cuenca presenta disponibilidad de recursos hídricos superficiales durante todo el año, aún en época de estiaje (ANA, 2000). Además, el 97% del total de 3,211.6 km de superficie es considerada cuenca húmeda (PECH,2013). Bajo dichas condiciones se consideró importante el desarrollo y conservación de la cobertura vegetal en la cuenca de Tablachaca, motivo por el cual se desarrolló un modelo SWAT que permita analizar el impacto de la cobertura en la producción de sedimentos.

4.2.2. Análisis y tratamiento de información pluviométrica

En toda la extensión de la subcuenca Tablachaca solo existen 6 estaciones pluviométricas, todas estas con datos de precipitación escasa tal y como se muestra en la Tabla 16. Por lo tanto, para poder desarrollar un análisis más amplio, se requirió de la información PISCO ("Peruvian Interpolate data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations" por sus siglas en ingles) el cual combina datos observados de las estaciones climatológicas y datos de sensoramiento remoto, y tiene registros sintéticos de precipitación a partir del año 1981.

Para poder analizar la validez de los datos PISCO, se halló el coeficiente de relación lineal de 5 de las estaciones climáticas existentes en Tablachaca, descartándose Conchucos por no contar con registros en el rango de años que proporciona PISCO.

Tabla 16. Estaciones de precipitación en la subcuenca de Tablachaca

Estación	Rango de datos ANA	Número de años de interés
Cabana	2004-2007	4
Conchucos	1980	0
Santiago de Chuco	1980-1982,1985-1987	5
Cachicadan	1998-2007	9
Mollepata	1998-2007	9
Huacamaranga	1998-2007	9

Se encontró que las estaciones de Santiago de Chuco, Cabana y Mollepata proporcionadas por el ANA tenían registros incompletos como se muestra en las tablas 17,18 y 19. Ante esto se descartaron los años con porcentaje de datos faltantes mayores a 8%.

Tabla 17. Análisis de datos faltantes en la Estación Santiago de Chuco

Año	Núm. Registros	Núm días	% datos faltantes	¿Año útil?
1981	349	365	4%	Sí
1982	194	365	47%	No
1985	167	365	54%	No
1986	347	365	5%	Sí

Tabla 18. Análisis de datos faltantes en la Estación Cabana

Año	Núm. Registros	Núm días	% datos faltantes	¿Año útil?
2004	336	366	8%	Sí

Tabla 19. Análisis de datos faltantes en la Estación Mollepata

Año	Núm. Registros	Núm días	% datos faltantes	¿Año útil?
2001	364	365	0.27%	Sí

Una vez descartados los años con altos porcentajes de datos faltantes, se analizó la correspondencia lineal entre los registros proporcionados por el ANA y los datos PISCO, con lo cual se obtuvo los siguientes coeficientes de correlación lineal:

Tabla 20. Correlación lineal entre datos ANA y PISCO

Estación	R²
Cabana	0.96
Santiago de Chuco	0.07
Cachicadan	0.82
Mollepata	0.76
Huacamaranga	0.78

Se descartó la estación Santiago de Chuco por tener un coeficiente de relación muy pequeño (cercano a 0) y se validó el resto de estaciones por tener coeficientes aceptables (más cercanos a la unidad).

En la Figura 29 se muestra la precipitación media mensual multianual de las estaciones utilizadas en el rango de estudio (1981-2016). Se observa que, si bien las cuatro estaciones tienen la misma tendencia para periodos secos y húmedos, existe una gran diferencia entre las magnitudes de cada estación.

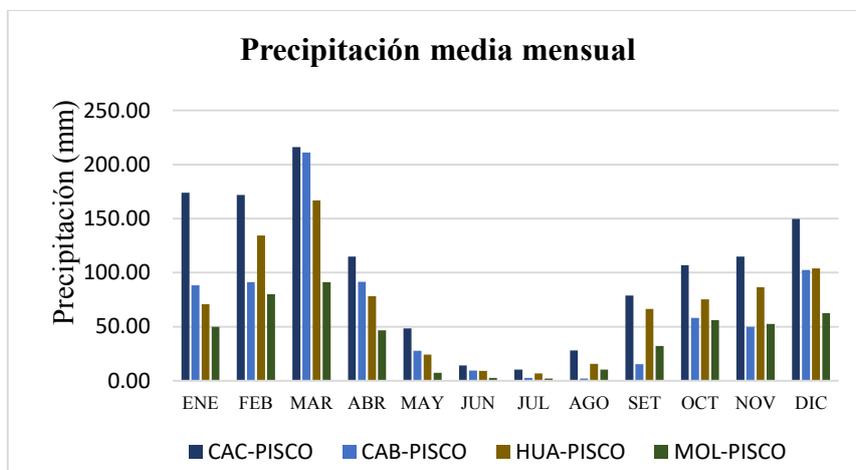


Figura 29. Precipitación mensual media multianual de 1981 al 2016 para las estaciones de estudio

4.2.3. Análisis de erosión y transporte de sedimentos utilizando el modelo SWAT

4.2.3.1. Descripción del modelo

SWAT es una herramienta de evaluación de suelos y agua que trabaja a nivel de cuenca hidrográfica para predecir el impacto del manejo del suelo en la generación de agua, sedimentos y producción de sustancias agrícolas químicas en cuencas con diferentes condiciones. Cada cuenca hidrográfica se divide primero en subcuencas y luego en unidades de respuesta hidrológica (HRU) basadas en el uso de la tierra y distribuciones de suelo (Uribe, 2010).

SWAT sigue un ciclo hidrológico basado en la ecuación de balance hidrológico:

$$SWt = SWo + Rday - Qsuf - Ea - Wseep - Qqw \quad (\text{Ec. 4.7})$$

Donde:

Sw_t es el contenido final de agua en el suelo (mm)

Sw_o es el contenido inicial de agua en un día *i* (mm)

R_{day} es la cantidad de precipitación en un día *i* (mm)

Q_{suf} es la cantidad de esorrentía en la superficie en un día *i* (mm)

E_a es la cantidad de evapotranspiración en un día *i* (mm)

W_{seep} es la cantidad de agua que percola en el suelo en un día *i* (mm)

Q_{gw} es la cantidad de flujo de retorno en un día *i* (mm)

a) La esorrentía es el flujo que ocurre a lo largo de una superficie inclinada. SWAT calcula estos volúmenes de flujo utilizando el método de curva numérica del SCS (Servicio de Conservación del Suelo, 1972), dominada por las siguientes ecuaciones:

$$Q_{suf} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)} \quad (\text{Ec.4.8})$$

$$S = 25.4 * \left(\frac{100}{CN} - 10 \right) \quad (\text{Ec.4.9})$$

$$I_a \approx 0.2S \quad (\text{Ec.4.10})$$

Donde I_a (mm) es la abstracción inicial, S (mm) un parámetro de retención y CN el número de curva que está en función de la permeabilidad del suelo, uso de la tierra y condiciones antecedentes del agua en el suelo.

Así, el SCS define tres condiciones antecedentes de humedad: I-seco; II-húmedo promedio; III- humedad. Los números de curva para las condiciones I y III, son calculados con ecuaciones que dependen del número de curva de la condición II (CN_2), el cual se puede estimar a partir de tablas que dependen del tipo de suelo y el tipo de cobertura.

b) La evapotranspiración se refiere a todos los procesos en el que el agua en fase líquida o sólida, se convierte en vapor atmosférico. El modelo estima, por una parte, la evaporación del agua en el suelo usando funciones exponenciales de profundidad del suelo y contenido de agua. Por otra parte, la transpiración de las plantas es simulada como una función lineal de la evapotranspiración potencial (Uribe, 2010).

c) La cantidad de agua percolada es aquella agua subterránea que se mueve hacia las capas más profundas.

d) El flujo de retorno o flujo base es el volumen de agua subterránea originado en el manto freático, el cual es dividido por SWAT en dos sistemas acuíferos. Uno, de tipo superficial y libre que contribuye al flujo de retorno a las corrientes dentro de la cuenca. Otro, de tipo limitado y profundo, que contribuye al flujo de regreso a las corrientes fuera de la cuenca (Uribe,2010).

El ciclo hidrológico que SWAT simula tiene como una de sus consecuencias, la producción de erosión y sedimento, la cual se estima para cada HRU con la ecuación modificada de pérdida universal de suelo (MUSLE). Esta última, a diferencia de la USLE, no hace una estimación promediada a largo plazo, sino que calcula el aporte de sedimento para un evento singular. La ecuación 4.11 muestra la ecuación que sigue SWAT para la estimación de sedimentos

$$Sed = 11.8 * (Q_{suf} * q_{peak} * A_{HRU})^{0.56} * K_{USLE} * C_{USLE} * P_{USLE} * L_{SUSLE} * C_{FRG} \quad (\text{Ec.4.11})$$

Sed: producción de sedimentos en Toneladas

Q_{suf} : Volumen de superficie de escorrentía (m^3)

q_{peak} : escorrentía máxima ($\frac{m^3}{s}$)

A_{HRU} : área de HRU

K_{USLE} : factor de erodabilidad del suelo ($Ton * m^2 * \frac{h}{Ha} * J * cm$)

C_{USLE} : factor de cobertura y gestión de USLE (adimensional)

P_{USLE} : factor de prácticas de conservación de USLE (adimensional)

LS_{USLE} : factor topográfico (adimensional)

CFRG: factor fragmento macro

4.2.3.2. Configuración del Escenario 1

Para que SWAT pueda simular el ciclo hidrológico y obtener, en consecuencia, la cantidad de sedimentos producidos, se debe ingresar los siguientes datos que permiten caracterizar a la cuenca:

a) Modelo de elevación digital

El DEM para el área de estudio se obtuvo del geoservidor del MINAM, el cual tiene una resolución espacial de 30 metros y fue proyectado en la zona 18S.

Este fue introducido en la pestaña “Watershet delinator” para calcular la red de distribución del flujo y definir las subcuencas deseadas. Finalmente, se obtuvo la subcuenca del río Tablachaca dividida en 29 microcuencas, tal como se muestran en la Figura 30. Cabe resaltar que, si bien el ANA (2009) divide la subcuenca de Tablachaca en 9 microcuencas, se prefirió dividir la subcuenca en un número más alto con la finalidad de mejorar la precisión con la que trabaja SWAT.

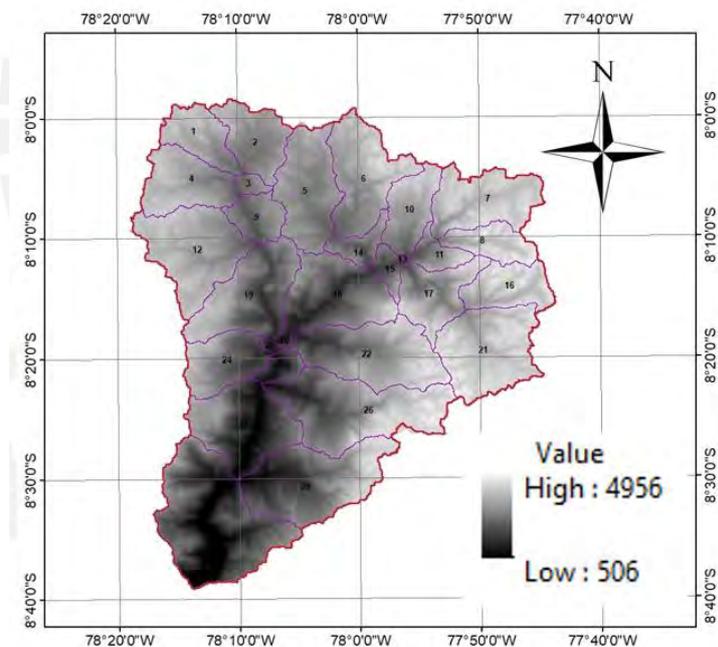


Figura 30. Subcuencas de Tablachaca

b) Mapa de uso y cobertura de suelo

El mapa tipo GRID de uso y cobertura de suelo fue descargado de la página del MINAM y reclasificado según las categorías aceptadas por SWAT.

A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de cobertura en la subcuenca de Tablachaca basadas en la Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM,2015) y su respectiva clasificación para SWAT.

i.) Agricultura costera y andina

Esta cobertura corresponde a todas las áreas donde se realiza actividad agropecuaria. Está conformado por cultivos bajo riego y en secano, además de vegetación natural ribereña.

ii.) Bofedales

Estos humedales se alimentan del agua proveniente del deshielo de los glaciares, del afloramiento de agua subterránea, y de la precipitación pluvial. La poca disponibilidad de oxígeno debido al escaso drenaje propio de esta cobertura, favorece la acumulación de un grueso colchón orgánico proveniente de las raíces muertas de las plantas lo que provoca un escaso drenaje de este. La importancia de los bofedales se encuentra en su capacidad de almacenar agua naturalmente. En la categoría SWAT los bofedales son considerados como “Humedales herbáceos”.

iii.) Bosque relictico altoandino

Este bosque crece sobre terrenos montañosos con pendientes desde empinadas hasta escarpadas. Asimismo, es considerado relictico por su baja representatividad, alta fragmentación y poca accesibilidad. Está representado por el género *Polylepis*, el cual tiene follaje de hojas perennes, pequeñas y densas. Por lo tanto, en la categoría SWAT ha sido considerado como “Bosque de hoja perenne”

iv.) Bosque relictico mesoandino

Este bosque se caracteriza por árboles dispersos de alturas máximas entre 3 y 9 metros que crecen en laderas montañosas. En la cuenca del Santa, esta especie tiene muy poca representatividad por lo que la clasificación SWAT que se le asigne no alterara significativamente el modelo. Así pues, fue clasificado como “Bosque de hoja perenne”

v.) Bosque seco de montaña

Este bosque se ubica como una amplia franja normalmente sobre las laderas montañosas. La vegetación es característicamente caducifolia, es decir, elimina su follaje durante el periodo seco; por lo tanto, se la clasificó como “Bosque Caducifolio”.

vi.) Bosque seco tipo sabana

Este tipo de bosque se encuentra en planicies cubiertas por depósitos aluviales y terrazas marinas. Está conformado por árboles de hoja perenne de porte bajo, dispersos tipos sabana sobre el terreno. Las especies más características en la zona de estudio son el algarrobo, el sapote y las acacias. Debido a ser de hojas perennes su categoría SWAT es “Bosque de hojas perennes”.

vii.) Cardonal

Esta unidad vegetal es influenciada por condiciones de aridez en las cuales las especies crecen de manera dispersa sobre las laderas. También se incluyen en esta unidad especies arbustales o subarbustos.

viii.) Matorral arbustivo

Este tipo de vegetación se ubica en tierras forestales y de protección por lo que tiene un gran potencial para fines de conservación de cuenca. Estas especies se distinguen en subtipos acorde a las condiciones climáticas en que crecen. Las denominadas matorral semiárido son especies mayoritariamente arbustivas. Asimismo, en el matorral subhúmedo (3000-3600 msnm) predominan especies arbustivas entre caducifolias y perennifolias, además de algunas especies suculentas. En el estrado inferior de ambos subtipos se desarrolla una capa herbácea predominantemente de gramíneas. Por otra parte, en el matorral húmedo (entre los 3600-3800 msnm) crecen especies arbustivas de hojas perennes. Para la modelación en SWAT, el Matorral arbustivo fue definido como “Pastizales/Herbáceos”.

ix) Pajonal Andino

Esta unidad es subdividida en pajonal (hierbas de hasta 80 cm de alto), césped (hierbas de porte de hasta 15 cm) y tólar (arbustos de hasta 1.2 m de alto). El pajonal andino constituye una fuente importante para actividades ganaderas; no obstante, se encuentra en proceso de degradación por el sobrepastoreo y la quema periódica. En el modelo SWAT, esta especie se definió como “Pastura”.

x) Plantación forestal

La plantación forestal se desarrolla muy bien en climas desde subhúmedo hasta húmedo (arriba de 500 mm/año) y son establecidas con propósitos definidos como plantación productiva, protección agrícola, regulación de escorrentía y erosión, entre otros. Una de las especies más representativas en La Libertad y Ancash es el Eucaliptus globulus, el cual es un árbol de hojas característicamente perennes. No obstante, en vista que la plantación forestal puede ser de cualquier tipo, para la modelación en SWAT se considerará como Bosque mezclado.

xi) Río, Glaciar, Lagunas, lagos y cochas, Glaciar

Todas las áreas correspondientes a cuerpos de agua entraron en la definición de “Cuerpo de Agua” de SWAT.

xii) Área urbana

Las regiones correspondientes a área urbana entraron en la definición, según SWAT, de Área urbana de densidad media, dado a que, en la cuenca del Santa, estas áreas se encuentran en zonas alejadas de la ciudad.

xiii) Centro Minero, Área altoandina con escasa y sin vegetación, Desierto Costero.

Las áreas correspondientes a estas unidades son identificadas en SWAT con el código SWRN que describe las zonas característicamente áridas y sin producción vegetal en EE. UU.

En la Tabla 21 se muestra la reclasificación de los tipos de uso y cobertura, las cuales permitieron la generación del mapa presentado en la Figura 31.

Tabla 21. Reclasificación de la cobertura de suelo según SWAT

MINAM (2013)	SWAT	Descripción	%Área
Agricultura Costera y Andina	AGRL	Agricultura general	24.500%
Área altoandina con escasa y sin vegetación	SWRN	Área desértica	3.000%
Área urbana	URML	Área urbana	0.013%
Bofedal	WETN	Humedales herbáceos	0.510%
Bosque relictico altoandino	FRSE	Bosque de hoja perenne	0.003%
		Bosque de hoja perenne	0.002%
Bosque relictico mesoandino	FRSE	perenne	
Bosque seco de montaña	FRSD	Bosque caducifolio	0.031%
		Bosque de hoja perenne	0.001%
Bosque seco tipo sabana	FRSE	perenne	
Cardonal	SWRN	Área desértica	0.500%
Centro minero	SWRN	Área desértica	1.800%
Desierto Costero	SWRN	Área desértica	0.500%
Glaciar	WATR	Cuerpo de agua	0.190%
Lagunas, Lagos y Cochas	WATR	Cuerpo de agua	0.100%
Matorral Arbustivo	RNGE	Pastizales herbáceos	36.491%
Pajonal Andino	PAST	Pastura	31.924%
Plantación Forestal	FRST	Bosque mezclado	0.337%
Rio	WATR	Cuerpo de agua	0.050%

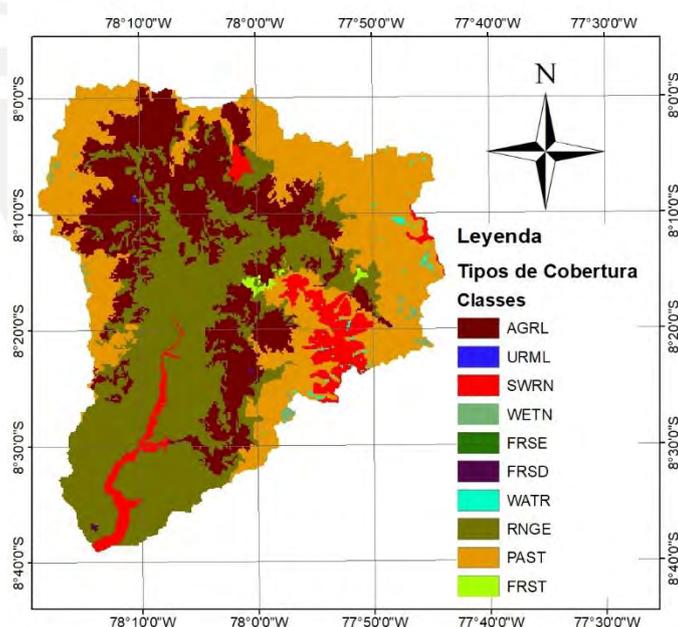


Figura 31. Mapa de cobertura de la subcuenca Tablachaca

Además, se consideró que las coberturas correspondientes al Matorral Arbustivo (RNGE) y Pajonal Andino (PAST) tenían una condición hidrológica pobre como lo indica un estudio de UICN en el 2011. Mientras que, para el resto de coberturas, de menos incidencia en Tablachaca, se consideró una condición hidrológica media.

c) Mapa de tipo de suelo

El programa requiere un mapa tipo GRID con los tipos de suelo de la región que se trabajará. Este mapa debe contener una clasificación que esté asociada a la base de datos de suelo con la que trabaja SWAT. No obstante, la interface solo incluye la base de datos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) por lo que para regiones fuera de EE. UU, se requiere introducir al programa una base de datos personalizada.

El mapa GRID de tipo de suelos, así como la base de datos respectiva, se obtuvieron de la página de la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) el cual controla la clasificación taxonómica de los suelos a nivel mundial.

Para poder trabajar con la base de datos personalizada, previamente se eliminó la base de datos de la USDA y se reemplazó por la base de datos de interés con el nombre “usersoil”

El GRID se introdujo en la opción Soil Data y se activó la opción “usersoil” para que se haga uso de la base de datos personalizada previamente agregada a SWAT. Finalmente, se obtuvo el mapa presente en la Figura 32.

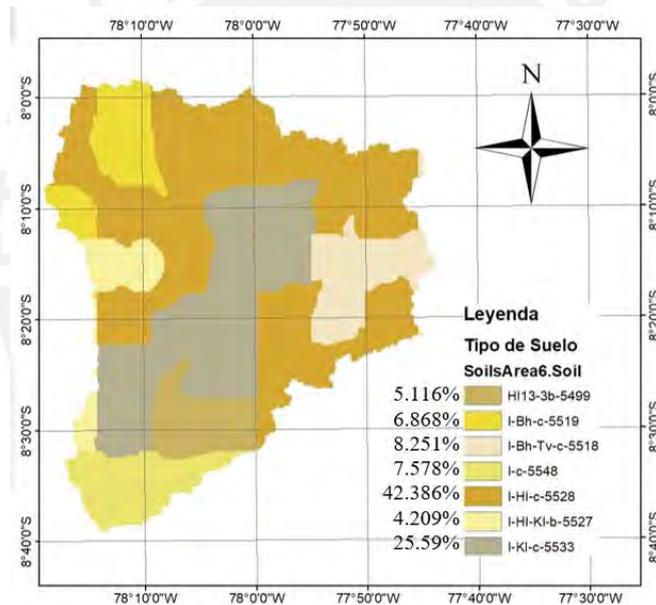


Figura 32. Mapa de tipos de suelos de la subcuenca Tablachaca. (Fuente: Elaboración propia basada en FAO, 2015)

d) Mapa de pendientes

El ultimo mapa necesario para analizar los HRU es el de pendientes. Este último puede ser generado por el DEM introducido previamente y seguir una clasificación personalizada de las pendientes. Para el modelo, se crearon 5 rangos de pendientes como se puede ver en la Figura 33.

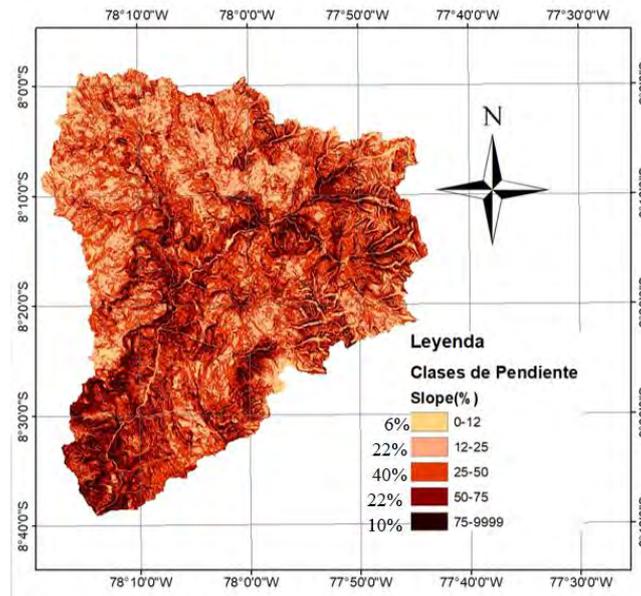


Figura 33. Mapa de pendientes de la subcuenca Tablachaca

En la figura se puede rescatar, además, el porcentaje de cada tipo de pendiente. Se distingue que el 6% de la cuenca es de topografía entre plana a moderadamente ondulada, el 22% es fuertemente ondulada a fuertemente inclinada, el 40% es ligeramente empinada, el 22% es escarpada, y el 10% es de topografía muy escarpada (ver Tabla 3).

e) Datos climáticos

El programa requiere de los datos históricos diarios, para el rango de años que se desea, de precipitación (mm), temperatura máxima y mínima ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (fracción), velocidad del viento (m/s) y radiación solar ($(MJ/m^2)/día$). Cada uno de estos registros se introduce en formato de texto (txt.) y debe contener, también en formato de texto, un archivo de ubicación en el que se indique el nombre y las coordenadas geográficas de las estaciones que contienen el registro. De no contarse con los datos necesarios, el programa puede simular el clima con el motor climático que elija el usuario.

Las estaciones usadas deben ser seleccionadas de tal manera que dentro del área de estudio contengan datos con un rango de años completo, continuo, y que abarque algún fenómeno importante como son, para el caso, los Niños del 83 y 98.

En el Sistema de adquisición de datos hídricos del ANA, las estaciones de interés contaban con datos históricos diarios con un rango de años muy escaso para el modelo. En consecuencia, se trabajó con los datos diarios de 1981 al 2016 de PISCO, los cuales fueron analizados y aceptados previamente.

En la Figura 34 se muestran que las estaciones Huacamarcanga, Cachicadan, Mollepatá y Cabana se concentran en la zona alta de la subcuenca, dejando el resto de la subcuenca sin la posibilidad de caracterización pluviométrica. Ya que la mayoría de estaciones existentes guardaban una adecuada relación con los datos PISCO, se optó por añadir puntos de control de precipitación basado en los datos PISCO en coordenadas representativas a las microcuencas de Tablachaca que no cuenten con estaciones físicas. Así, se obtuvo un total de 33 estaciones distribuidas según se muestra:

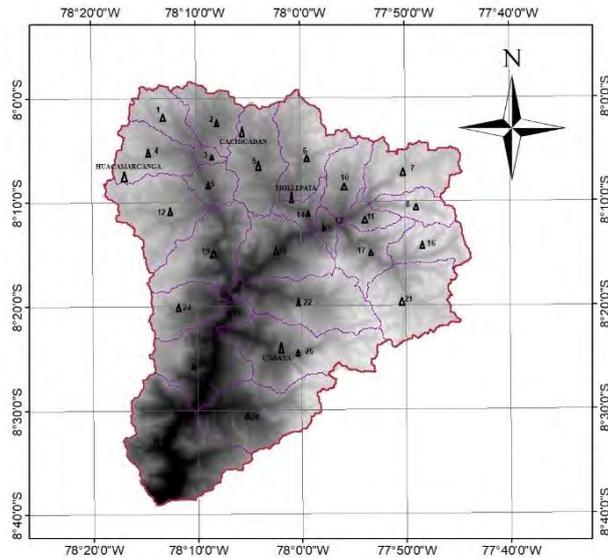


Figura 34. Distribución de estaciones de precipitación en la Subcuenca de Tablachaca

Por otra parte, no se encontraron estaciones ni dentro ni cercanas que sirvan de apoyo para obtener información de las demás variables climáticas necesarias con un rango de años útiles para el modelo realizado. Por lo tanto, todo el resto de variables necesarias fueron generados por el motor climático mundial que proporciona SWAT.

Para que el motor climático pueda trabajar, se introdujeron valores estadísticos mensuales para cada estación. Los valores estadísticos solicitados de precipitación se basaron en el registro histórico del ANA para las estaciones del año 1998 al 2006. Los de temperatura se basaron en el registro de la estación Cachicadan de los años 1998, 1999, 2000, 2006 y 2007 (años de registros completos) obtenidos del ANA. El resto valores estadísticos estuvieron basados en un estudio hidrológico de la cuenca de Tablachaca realizado el año 2000, el cual estudia los registros del año 1964 a 1970 para las estaciones Santiago de Chuco y Conchucos. En el Anexo 3 se puede observar dichos valores para cada estación.

4.2.3.3. Simulación y calibración del modelo

La calibración del modelo implica una evaluación cuantitativa y cualitativa de la respuesta hidrológica de la subcuenca (Ingol & Mckinney,2013). Así, una vez realizada la primera simulación, se calibró el modelo de tal modo que los resultados obtenidos de la simulación sean los más cercanos a la realidad. Para dicho propósito, se requiere de datos reales de caudales o sedimentos.

SWAT permite calibrar los caudales, sedimentos y nutrientes del modelo a través del ajuste de ciertos parámetros, cada uno de los cuales se puede escalar, sumárseles un valor o ser reemplazados por un nuevo valor dentro del rango establecido.

a) Calibración de caudales:

Para la zona de estudio, se trabajó con la estación de Condorcerro, ubicada en la interceptación del río Tablachaca y Santa, para la comparación de caudales generados y observados.

No obstante, la estación de Condorcerro recibe los caudales tanto del río Tablachaca como del río Santa por lo que se debe diferenciar que solo un porcentaje del caudal registrado en Condorcerro representa el aporte de Tablachaca.

Considerando que se tiene el registro histórico 1981 al 2016 de caudales en la Estación Condorcerro (obtenidos del ANA, 2016), así como las concentraciones mensuales del 2003 al 2008 en los puntos de control Tablachaca, Santa y Condorcerro, se buscó expresiones que permitan estimar el aporte hídrico de Tablachaca.

Así se utilizó la Ecuación 4.13 que se basa en la conservación de la masa (Ec. 4.12) y que, además, despreja las pérdidas existentes entre las estaciones debido a la cercanía entre estas:

$$\frac{Q_s}{Q_c} + \frac{Q_t}{Q_c} = 1 \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$C_c = \frac{Q_t}{Q_c} * C_t + \left(1 - \frac{Q_t}{Q_c}\right) * C_s \quad (\text{Ec. 4.13})$$

Donde:

Qs: caudal en la estación Santa

Qt: caudal en la estación Tablachaca

Qc: caudal en la estación Condorcerro

Cs: concentración en la estación Santa

Ct: concentración en la estación Tablachaca

Cc: concentración en la estación Condorcerro.

Finalmente, se pudo estimar el aporte hídrico mensual de Tablachaca para los años entre el 2003 y el 2010, así como un porcentaje promedio mensual, como figura en la Tabla 22. Con dichos promedios mensuales se estimaron los años para los cuales no se tenía registro de la estación Tablachaca (Estación Observada).

Tabla 22. Porcentaje de aporte hídrico de la estación Tablachaca al río Santa

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
%												
Qc	28%	22%	20%	24%	28%	30%	29%	24%	17%	28%	19%	22%

La primera simulación generó caudales con picos muy altos en los periodos húmedos, y subestimó los periodos secos. Ante ello se calibró el modelo ajustándose los parámetros presentes en la Tabla 23:

Tabla 23. Parámetros de calibración de caudales en un modelo SWAT

Factor	Descripción	Rango	Valor calibrado
Cn2	Número de curva de escorrentía de la SCS para la condición de humedad II.	0-100	Según cobertura y escenario
Alpha-Bf	La constante de recesión del flujo base es un índice directo de la respuesta del flujo de agua subterránea al cambio en la recarga	0.1-0.3: Terrenos con respuesta lenta 0.9-1: Terrenos con respuesta rápida	0.15
CH-K	Conductividad Hidráulica del canal. Si el usuario no introduce valor alguno, el programa le asigna el valor de 0.	0-2.5 ($\frac{mm}{h}$): Tasa de pérdida insignificante	51
		6-25 ($\frac{mm}{h}$): Tasa de pérdida moderada	
		25-76 ($\frac{mm}{h}$): Tasa de pérdida moderadamente alta	
ESCO	Factor de compensación de evaporación del suelo. Para valores menores (más cercanos a cero) el modelo extrae más de la demanda de evaporación de los niveles inferiores. Por defecto, SWAT utiliza un valor de ESCO=0.95 que puede ser ajustado por el usuario.	51-127 ($\frac{mm}{h}$): Alta tasa de pérdida	0.8
		>127 ($\frac{mm}{h}$): Muy alta tasa de pérdida	
		0.01-1	

Fuente: Elaborado en base a SWAT User Manual, 2000

En la Figura 35 se puede visualizar el resultado de la calibración del modelo y su semejanza con el registro de caudales mensuales de la estación observada.

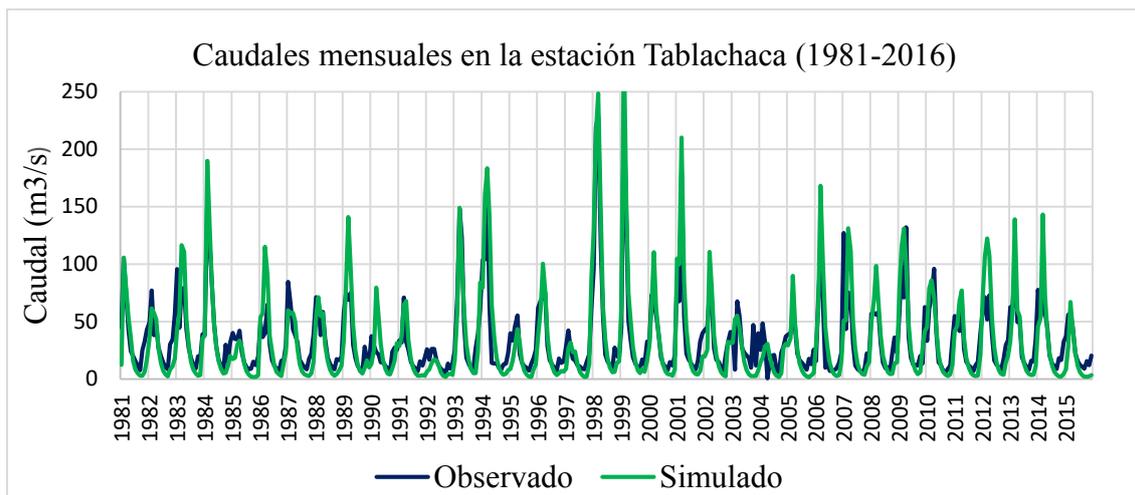


Figura 35. Comparación de los caudales mensuales observados y simulados

Con el objetivo de determinar la bondad del modelo SWAT, se usaron los siguientes criterios estadísticos:

i) Criterio de Nash- Sutcliffe

Este criterio indica cuánto de la variabilidad de las observaciones es explicada por las simulaciones.

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum(Y_{obs} - Y_{sim})^2}{\sum(Y_{obs} - \bar{Y}_{obs})^2} \right] \quad (\text{Ec.4.14})$$

ii) Medida del sesgo porcentual

Este porcentaje mide la tendencia promedio de los datos simulados en contraste con de los datos observados

$$PBIAS = \left[\frac{\sum(Y_{obs} - Y_{sim}) * 100}{\sum Y_{obs}} \right] \quad (\text{Ec.4.15})$$

iii) RSR

El factor RSR es una relación que incluye el error cuadrático medio y la desviación estándar. Sigue la siguiente ecuación:

$$RSR = \frac{RMSE}{STD_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum(y_{obs} - y_{sim})^2}}{\sqrt{\sum(y_{obs} - \bar{y}_{obs})^2}} \quad (\text{Ec.4.16})$$

Cada uno de los índices hallados debe encontrarse entre los rangos de aceptación mostrados en la Tabla 24:

Tabla 24. Calificación de los indicadores de ajuste

Rango	NSE	PBIAS	RSR
Muy bueno	0.75 – 1	< ± 10	0 – 0.5
Bueno	0.65 - 0.75	± 10 - ± 15	0.5 – 0.6
Satisfactorio	0.5 - 0.65	±15 - ± 25	0.6 – 0.7
Insatisfactorio	≤ 0.5	≥ ± 25	> 0.7

Fuente: Moriasi D.N. et al, 2007

Finalmente, para analizar la bondad del modelo se aplicaron las ecuaciones 4.14, 4.15 y 4.16, obteniéndose los índices estadísticos de la Tabla 25 en la que se muestra que todos los índices son adecuados.

Tabla 25. Índices estadísticos de la simulación de caudales

Índice	Resultado	Comentario
PBIAS	1.15	Muy Bueno
RSR	0.57	Bueno
NASH	0.67	Bueno

b) Calibración de sedimentos

Debido a que no se cuentan con registros reales de la producción de sedimentos en la estación de Tablachaca, se trabajó con el registro de concentraciones mensuales de los años 2003-2004 y 2006-2018 proporcionados por el PECH.

Estos registros fueron comparados con los resultados del modelo obteniéndose valores muy alejados de la realidad por lo que fue necesario ajustar algunos de los parámetros de mayor influencia en la rutina de producción de sedimentos de SWAT.

La cantidad máxima de sedimento que se puede transportar se calcula mediante la ecuación 4.17:

$$conc_{sed,ch,mx} = c_{sp} * v_{ch*pk}^{spexp} \text{ (Ec.4.17)}$$

Por ello, los parámetros calibrados fueron $spcon$ y $spexp$, como lo muestra la Tabla 26. Cabe resaltar, que el ajuste de dichos parámetros solo afecta la producción de sedimentos, más no los caudales.

Tabla 26. Parámetros de calibración de sedimentos en un modelo SWAT

Factor	Descripción	Rango	Valor calibrado
SPCON	Es un coeficiente lineal definido por el usuario que varía entre 0.0001 y 0.01. El modelo le asigna el valor de 0.0001 por defecto.	0.0001-0.01	0.003
SPEXP	Es un exponente definido por el usuario que varía entre 1 y 2. Si dicho parámetro no es introducido, el modelo lo asigna como 1.	1-2	2

Fuente: Elaborado en base a SWAT User Manual, 2000

Finalmente, al evaluarse la bondad del modelo calibrado, con las ecuaciones 4.14, 4.15 y 4.16, para la concentración de sedimentos en suspensión, se obtuvo los resultados de la Tabla 27:

Tabla 27. Índices estadísticos de la simulación de concentraciones

Índice	Resultado	Comentario
PBIAS	-14.84	Bueno
RSR	0.56	Bueno
NASH	0.68	Bueno

4.2.4. Escenarios alternativos de cobertura vegetal en la subcuenca de Tablachaca

El modelo SWAT desarrollado permite obtener diferentes estimaciones de sólidos y caudales producidos en Tablachaca, cambiando los escenarios de cobertura vegetal. Entonces, se mantuvo la configuración y calibración descrita, cambiando únicamente las que correspondían al uso de suelo para generar distintos escenarios y evaluar en cuánto podría variar la erosión en Tablachaca y su afectación en el Proyecto Chavimochic. A continuación, se describirán los escenarios alternativos a la cobertura vegetal actual de la subcuenca.

4.2.4.1. Escenario 1

El primer escenario corresponde a la primera simulación la cual fue descrita en los ítems anteriores del presente capítulo y tuvo por objetivo la representación de la situación actual de la subcuenca de Tablachaca.

4.2.4.2. Escenario 2

Como se había señalado anteriormente, el primer escenario era caracterizado por un alto porcentaje de pajonal andino (31.9%) y matorral arbustivo (36.5%), ambos en situación ecológica pobre, por lo que el primer cambio fue mejorar esta condición. Se cambió el número de curva de ambas coberturas y se simuló usando fertilizantes, de manera que representen una condición ecológica alta, se aumente la infiltración y se reduzca la erosión de la cuenca.

Así, el número de curva de las coberturas reconocidas como PAST y RNGE (véase Tabla 12), fueron cambiados a los presentes en la Tabla 28 que representa una condición hidrológica alta.

Tabla 28. Número de curva para condición hidrológica media

Grupo Hidrológico.	A	B	C	D
CN	39	61	74	80

Se aumentó el número de manning de 0.15 correspondiente a clase “grass corto” que representaba al primer escenario, a 0.24 correspondiente a la clase “grass denso” y se simuló considerando uso permanente de abono natural.

Para la formulación de los siguientes escenarios se tuvo en cuenta el mapa de la Figura 36 que muestra las zonas más susceptibles a la erosión en función al tipo de pendientes y su cercanía con el río. Asimismo, se planteó una nueva distribución de coberturas que consideran solo las clases más predominantes en Tablachaca.

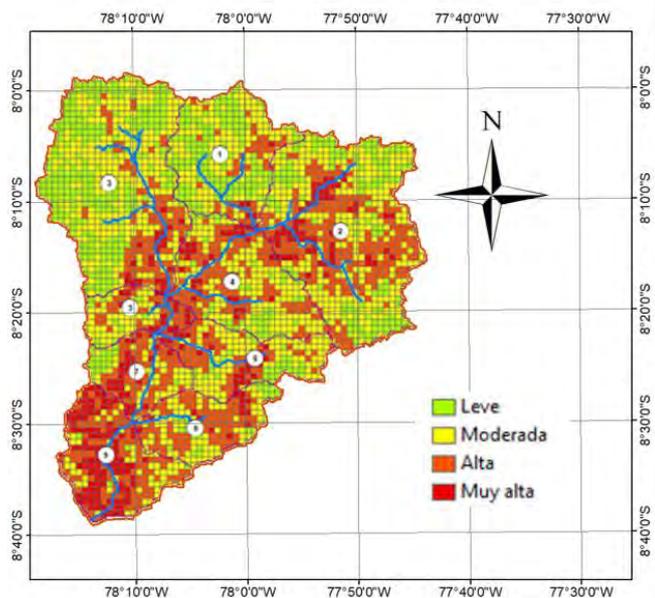


Figura 36. Mapa de intensidad de erosión de la cuenca de Tablachaca

4.2.4.3. Escenario 3

A partir de la Figura 36, se optó por agregar áreas forestales en la zona más susceptible a la erosión que es la parte baja de la subcuenca, para lo cual se tuvo que disminuir el porcentaje de matorral arbustivo. La nueva distribución de coberturas, presente en la Figura 37, plantea que el pajonal ocuparía el 35.8% del área total, el matorral arbustivo el 23.2%, la agricultura el 27.1% y el área forestal el 13.9%.

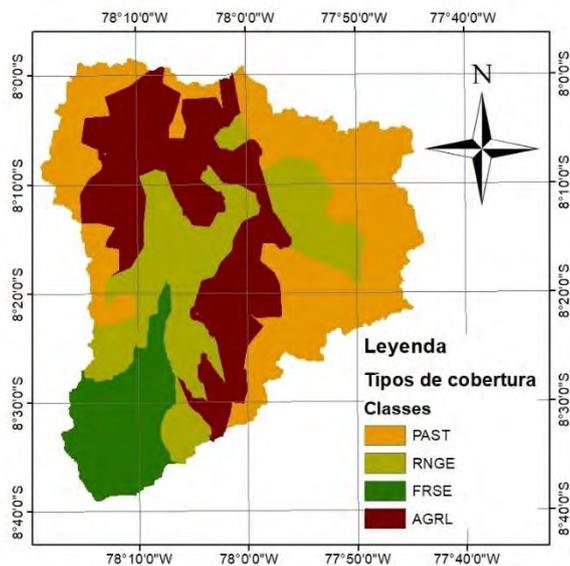


Figura 37. Cobertura del Escenario 3

4.2.4.4. Escenario 4

El cuarto escenario supuso un aumento del área forestal respecto al anterior escenario, de tal forma que dicha cobertura ocupase el 26.5% del total de Tablachaca, mientras que el Pajonal andino, el bofedal arbustivo y la agricultura ocuparían el 23.2%, 23.2% y el 27.1% respectivamente como se puede ver en la Figura 38.

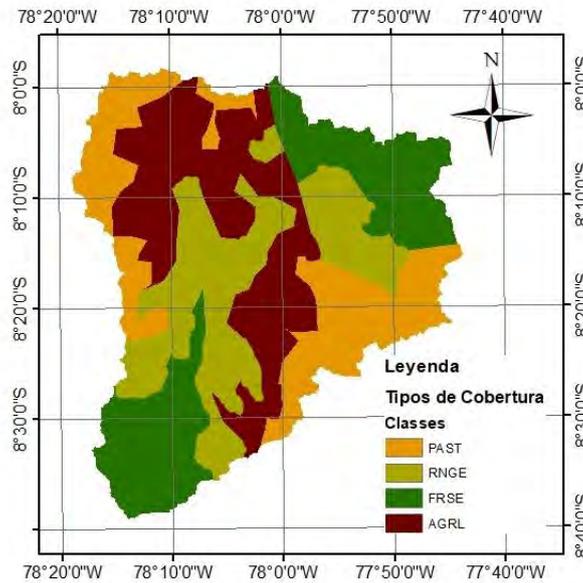


Figura 38. Cobertura del Escenario 4

4.2.4.5. Escenario 5

El quinto escenario, presente en la Figura 39, supuso que el área forestal se podría incrementar hasta ocupar el 38% de Tablachaca, dado que ocupe la mayor parte de las áreas con alta y muy alta susceptibilidad a la erosión. Así, el pajonal andino ocuparía solo el 18.9%, el matorral arbustivo el 16% y la agricultura el 27.1%.

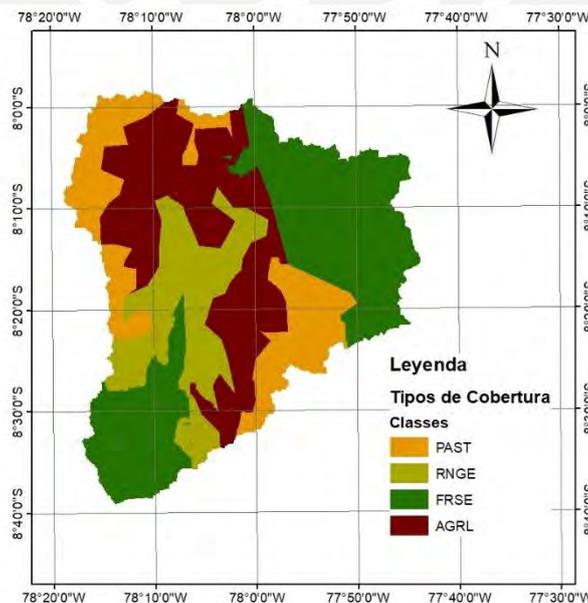


Figura 39. Cobertura del Escenario 5

4.3. Análisis y generación de registros de caudales utilizando el modelo estocástico SAMS 2007

Los escenarios simulados en SWAT consideraron precipitaciones históricas de un total de 36 años. No obstante, el análisis desarrollado en la presente Tesis incluye 50 años de vida útil de la Presa. Por lo tanto, se requirió de una herramienta adicional que proporcione un registro sintético de caudales para los 50 años requeridos considerando las tendencias históricas.

4.3.1. Descripción del modelo

SAMS es una herramienta que permite realizar un modelado y simulación de series hidrológicas temporales a través de un análisis estocástico.

La primera aplicación de SAMS es el análisis de datos, que consta del trazado, comprobación de la normalidad y transformación de datos permitiendo mostrar las características estadísticas de los mismos. Con ello, el usuario puede detectar tendencias, desplazamientos, valores atípicos o errores en los datos. Además, se incluyen gráficos que permiten las respectivas verificaciones y visualización de las tendencias.

La segunda aplicación incluye la estimación de parámetros y el modelo. Se tienen modelos estocásticos univariados, alternativos y desagregados. Entre los univariados se tienen los modelos ARMA, GAR, PARMA (periódico univariante), y SM (media de desplazamiento univariado). Entre los modelos multivariados se tiene el Modelo MAR autorregresivo multivariado, modelo multivariado contemporáneo (CARMA), modelo multivariado periódico MPAR, modelo multivariado CSM-CARMA. Entre los desagregados se cuenta con el Modelo de desagregación estacional univariada, Modelo de desagregación multivariable anual (espacial), y el Modelo de desagregación temporal multivariada. Así también la estimación se realiza mediante dos esquemas disponibles: el método de momentos (MOM) y el método de cuadrados mínimo (LS); este último está restringido a modelos univariados. La selección del tipo de modelo se basa en el tipo de tendencias y datos que se requieren seguir (estacionales o anuales) y en la cantidad de estaciones que se vayan a introducir para generar la serie.

La tercera aplicación de SAMS permite generar datos sintéticos basado en modelos, enfoques y esquemas definidos en la anterior aplicación del programa. Estos datos sintéticos pueden ser comparados con los datos originales a través de gráficos y tablas generadas por el programa.

4.3.2. Configuración

Con el fin de estimar las caudales mensuales que se tendrían en los 50 años de vida útil establecida para la Presa Palo Redondo y por consiguiente calcular el volumen muerto al finalizar dicho periodo, se optó por generar datos sintéticos a través de SAMS. A continuación, se mostrará la configuración de la serie de caudales generados para la estación Santa, procedimiento que se mantuvo para las otras series de datos necesitados.

a) Análisis de datos

Se importó los datos mensuales de la estación Santa, los cuales fueron ordenados previamente en un archivo de texto compatible (.dat) en el que se especifica el número total de estaciones, de años, y de meses, la identificación de cada estación y el rango de los datos. En la Figura 40 se observa el registro mensual de la serie de 36 años, en el que

no se muestra una tendencia marcada respecto a los picos, demostrando un régimen hidrológico muy variable a través de los años. De la figura se puede notar 6 picos, de los cuales 3 se produjeron en los últimos 10 años, y los 3 primeros en los primeros 15 años, siendo estos los más fuertes. Asimismo, se muestran 5 años debajo de la media, ninguno de ellos en los últimos 10 años.

Asimismo, se puede observar en la Tabla 29 los datos estadísticos mensuales proporcionados por SAMS. De esta se nota la gran diferencia entre los extremos en cada mes lo cual se ve reflejado también en la desviación estándar.

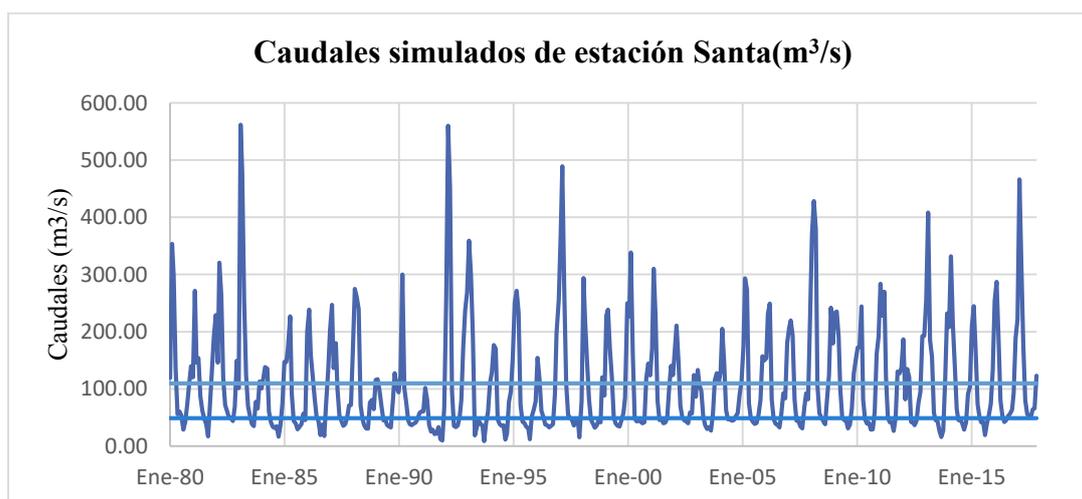


Figura 40. Caudales mensuales de la estación Santa ($\frac{m^3}{s}$)

Tabla 29. Estadísticas en la estación Santa

Mes	Mean	StDev	CV	Skewness	Min	Max
Ene	147.3	56.88	0.3862	0.5011	60.33	268.8
Feb	221.9	95.56	0.4307	1.2754	60.55	561.8
Mar	250.7	115	0.459	0.7927	81.64	560.4
Abr	192.6	80.07	0.4158	0.9716	61.68	451
May	83.16	30.08	0.3617	0.2696	18.85	156.1
Jun	48.16	9.704	0.2015	0.3688	25.4	71.73
Jul	42.29	6.53	0.1544	0.3006	28.47	60.82
Ago	37.15	6.613	0.178	-0.63	19.3	49.49
Set	34.26	8.349	0.2437	-0.5036	11.49	51.53
Oct	47.29	20.65	0.4368	-0.0074	8.32	82.86
Nov	77.09	34.64	0.4493	0.6052	11.96	173.1
Dic	113.9	54.06	0.4746	0.4407	9.72	242.1

b) Modelado

Para cada generación de datos se utilizó únicamente una estación y se requirió una relación estacional (mensual) por lo que se tenían las siguientes opciones de modelos:

PARMA univariado

MPAR multivariado

Modelo desagregado espacial-estacional

Se optó el modelo PARMA (1,0), dominada por la ecuación 3.18, por considerarse el más sencillo y por haber sido utilizado anteriormente para generar datos sintéticos en SAMS para el río Santa por Díaz (2017). Cabe mencionar que Díaz desarrolla un análisis más riguroso y con mayores estaciones y data y por lo tanto más confiable. Asimismo, la simulación en SAMS no es el objetivo de la presente tesis, más solo se usó como una herramienta adicional para realizar cálculos que conllevaban a los objetivos (determinar el volumen muerto de la presa para los 50 años de vida útil establecidos).

$$Y_{v,t} = \sum_{i=1}^p \varphi_{i,t} * Y_{v,t-i} + \varepsilon_{v,t} \quad (\text{Ec.4.18})$$

Donde $Y_{v,t}$ representa el proceso de flujo para el año v y la temporada t . En cada estación, t , este proceso se distribuye normalmente con media cero y varianza $\sigma_t^2(Y)$. $\varepsilon_{v,t}$ es el termino de ruido no correlacionado que para cada estación normalmente se distribuye con media cero y varianza $\sigma_t^2(\varepsilon)$. $\varphi_{i,t}$ son parámetros periódicos autoregresivos.

c) Generación de series

Después de realizado los anteriores ítems, recién se puede generar una serie. Para esto, SAMS solicita el tamaño de la serie sintética, el número de series que se requiere generar, y ajustes generales respecto a los mínimos y máximos. Para el caso, se generó 100 modelos de 50 años y se ajustó los mínimos a mayores a cero, y los máximos como la media más dos veces la media de los máximos (ajustes sugeridos por el programa). De las 100 series generadas se optó por la que se ajustaba más a los valores estadísticos mensuales de la serie de 36 años (ver Tabla 29 y 30). Finalmente, se obtuvo el registro de caudales mostrados en la Figura 41.

Tabla 30. Valores estadísticos para la serie estocástica de caudales en la Estación Santa

Mes	Mean	StDev	CV	Skewness	Min	Max
Ene	147.392	46.008	0.312	0.300	58.081	267.800
Feb	221.564	82.659	0.373	1.399	86.103	561.200
Mar	253.173	97.522	0.385	0.832	92.850	560.400
Abr	192.220	87.679	0.456	0.833	43.176	445.500
May	83.821	31.793	0.379	0.472	29.077	156.100
Jun	48.046	10.041	0.209	0.162	26.907	71.730
Jul	41.401	6.844	0.165	0.120	27.973	60.720
Ago	36.018	5.667	0.157	0.013	20.250	49.692
Set	33.598	9.049	0.269	-0.445	11.490	51.530
Oct	47.979	17.093	0.356	-0.081	8.320	82.800
Nov	77.740	34.524	0.444	0.402	18.343	173.100
Dic	113.393	41.852	0.369	0.728	42.444	240.100

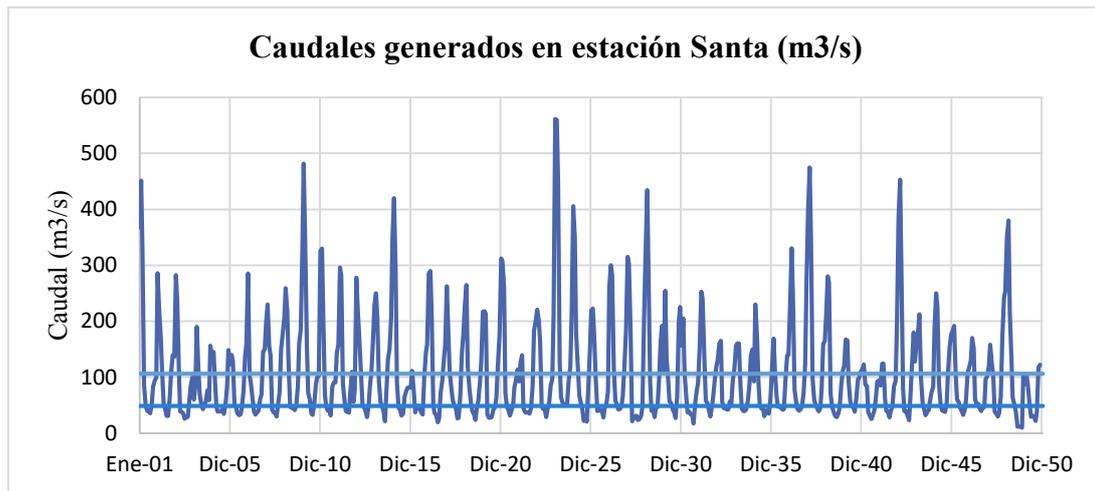


Figura 41. Registro sintético generado en SAMS para la estación Santa

4.4. Metodología de estimación de volumen muerto de la Presa Palo Redondo

4.4.1. Estimación de sedimentos en la Estación Condorcero

Chavimochic capta las aguas provenientes de la estación Condorcero y a esta llegan los caudales no solo de Tablachaca, sino también de la estación Santa (correspondiente a la cuenca alta). Ya que solo se contaba con registros de concentraciones históricas de Condorcero para los años del 2000 al 2010, se seleccionó el mismo rango de años del modelo desarrollado para Tablachaca y se empleó las relaciones 4.12 y 4.13. En consecuencia, se obtuvo la Figura 42, en el que se muestra una relación potencial aceptable entre los caudales y concentraciones en la estación Santa que se rige mediante la ecuación 4.19:

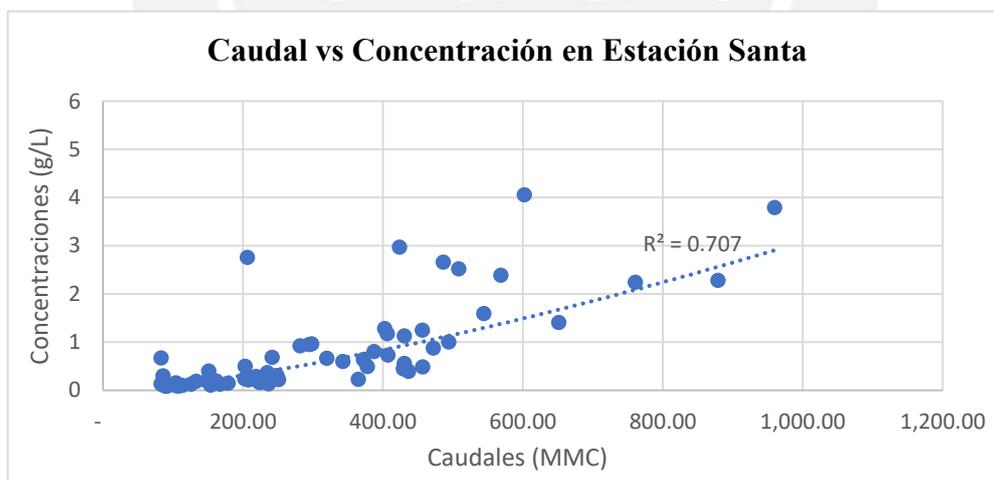


Figura 42. Caudales vs Concentraciones en la estación Santa

$$C_{sant} = 21 * 10^{-4} * Q_{santa}^{1.44} \quad \text{Ec.4.19}$$

Para obtener los caudales de Condorcero se sumó el aporte de la estación Santa y el de cada escenario simulado para Tablachaca. Ya que cada escenario solo genera cambios en la subcuenca de Tablachaca, se asumió que los caudales y concentraciones que llegarán

a Condorcero por parte de la estación Santa no cambiarán, y serán representados por la Figura 41 y la ecuación 4.19, respectivamente.

4.4.2. Sedimentos que ingresan al sistema Chavimochic

Por una parte, los caudales a ingresar al sistema Chavimochic están restringidos por las capacidades de diseño de las principales infraestructuras involucradas. Como se había señalado anteriormente, la Bocatoma Chavimochic está diseñada para caudales máximos de $105 \text{ m}^3/\text{s}$, devolviendo el caudal excedente por el barraje fijo y móvil. Asimismo, el Desarenador está diseñado para un caudal de ingreso de $92 \text{ m}^3/\text{s}$, $8 \text{ m}^3/\text{s}$ para la purga y un caudal de salida máximo de $82 \text{ m}^3/\text{s}$. Además, se espera que en la tercera fase se capte un caudal medio anual de $51.09 \text{ m}^3/\text{s}$ para satisfacer la demanda hídrica, lo cual representa el 36.8% del caudal medio anual en la estación Condorcero.

Por otro lado, las concentraciones que ingresaran al sistema fueron estimados siguiendo las relaciones existentes entre los registros de concentraciones del año 2000 al 2010, proporcionados por el PECH. En la Tabla 31 se observan las concentraciones medias mensuales de los puntos de control Condorcero, Bocatoma, Entrada y Salida del Desarenador. Se aprecia que las concentraciones en la bocatoma representan en promedio un 85% de las de Condorcero. Mientras que, el promedio de las concentraciones a la entrada del desarenador se mantiene casi constante con el de la Bocatoma y varían con mayor significancia a la salida del desarenador. No obstante, la relación de concentraciones a la entrada y salida del desarenador no se puede considerar representativa para la tercera fase del Proyecto.

Tabla 31. Concentraciones promedio del 2000-2010

Mes	Cond ($\frac{g}{l}$)	Boc ($\frac{g}{l}$)	Ent.Des ($\frac{g}{l}$)	Sal Des ($\frac{g}{l}$)
Ene	1.88	1.55	1.55	1.01
Feb	2.86	2.48	2.48	1.60
Mar	5.25	4.31	4.19	2.44
Abr	3.00	2.56	2.58	1.24
May	0.58	0.52	0.52	0.31
Jun	0.26	0.23	0.23	0.19
Jul	0.22	0.19	0.18	0.14
Ago	0.21	0.20	0.19	0.17
Set	0.24	0.21	0.24	0.17
Oct	0.57	0.54	0.52	0.33
Nov	1.12	0.82	0.79	0.46
Dic	1.21	1.14	1.10	0.59
Prom	1.45	1.23	1.21	0.72

Fuente: PECH, 2013

Con apoyo de la tabla anterior se tiene que la relación entre las concentraciones a la entrada del desarenador y las de la bocatoma es de 0.98.

Asimismo, se estableció una relación entre las concentraciones a la entrada y salida del desarenador que involucra la cual varía significativamente según la eficiencia considerada.

Se tienen las siguientes expresiones:

$$S_{ent} = Q_{ent} * C_{ent} \quad (\text{Ec.4.20})$$

$$S_{Sal} = (1 - E\%) * S_{ent} \quad (\text{Ec.4.21})$$

$$C_{Sal} = \frac{S_{sal}}{Q_{sal}} \quad (\text{Ec.4.22})$$

Donde

S_{ent}: sedimentos en la entrada del desarenador (Ton)

Q_{ent}: caudal a la entrada del desarenador ($\frac{m^3}{s}$)

C_{ent}: Concentración de sedimentos a la entrada del desarenador (Ton/m³)

S_{sal}: Sedimentos que salen del desarenador (Ton)

Q_{sal}: Caudal a la salida del desarenador ($\frac{m^3}{s}$)

C_{sal}: Concentración de sedimentos a la salida del desarenador (Ton/m³)

E%: Eficiencia del desarenador

Reemplazando (4.20) en (4.21) y (4.21) en la Expresión (4.22), se tiene:

$$C_{Sal} = (1 - E\%) * \left(\frac{Q_{ent} * C_{ent}}{Q_{sal}} \right) \quad (\text{Ec. 4.23})$$

4.4.3. Eficiencia de atrape de la presa

La eficiencia de atrape de Palo Redondo fue considerada como 75% en concordancia con lo estimado por el PECH. Dicha estimación se basó en el promedio las recomendaciones de Rocha y Huber Vergara, quienes propusieron eficiencias de 66.6% y 80% respectivamente (PECH,2013). Cabe mencionar que, si se usará ecuaciones tradicionales como las de Brune, Brown o Churcill, la eficiencia sería mayor a 85% lo cual se considera muy alto debido a que la presa es lateral respecto al río. Para una mayor certeza respecto al cálculo de la eficiencia de atrape sería recomendable modelar la presa, lo cual no fue posible por no tener acceso a los planos y dimensiones respectivas.

4.4.4. Peso específico aparente de los sólidos

Para el cálculo de la compactación de los sedimentos, se usa comúnmente el método de Miller, el cual estima el peso específico de los sedimentos en el transcurso del tiempo, como según la ecuación 4.24:

$$WT = W_0 + 0.4343 * K * \left(\frac{T}{T-1} * \ln T - 1 \right) \quad (\text{Ec.4.24})$$

Dónde: W₀ es el peso específico inicial del sólido, K es factor según tipo de operación del embalse, y T es el tiempo de vida a analizar

Para el uso de la expresión 4.24, primero se debe clasificar el embalse según su tipo de operación como lo indica la Tabla 32.

Tabla 32. Tipo de reservorio según operación

Tipo de reservorio	Operación del reservorio
1	Sedimento siempre sumergido
2	Embalse moderadamente vacío
3	Embalse considerablemente vacío
4	Embalse normalmente vacío

Fuente: Manual de Ingeniería de ríos, 1985

Clasificando el tipo de reservorio, se calcula el valor del peso específico inicial del sólido, así como, el del factor K, con las Tablas 33 y 34, respectivamente. La presa de Palo Redondo operará con los sedimentos siempre sumergidos, es decir, es un reservorio tipo I:

Tabla 33. Peso específico inicial según tipo de reservorio

Tipo de reservorio	Warcilla	Wlimo	Warena
1	416	1120	1550
2	561	1140	1550
3	641	1150	1550
4	961	1170	1550

Fuente: Manual de Ingeniería de Ríos, 1985

Tabla 34. Factor K según tipo de reservorio

Tipo de reservorio	Karcilla	Klimo	Karena
1	256	91	0
2	135	29	0
3	0	0	0

Fuente: Manual de Ingeniería de Ríos, 1985

Para la presa Palo Redondo, el PECH realizó pruebas granulométricas durante todo el año 2006 con lo cual se pueden obtener los valores promedios presentados en la Tabla 35. Los valores de dicha tabla fueron reemplazados en la ecuación 4.24, obteniéndose la Ec. 4.25, usada para generar la Figura 45 en la que se muestra cómo variaría el peso específico de los sólidos que se irán acumulando en la Presa Palo Redondo en caso de que se use o no polímeros.

Tabla 35. Densidad y Factor K para Presa Palo Redondo

Descripción	Sin Polímero	Con Polímero
%Arena	26.44%	5.83%
%Limo	58.29%	44.58%
%Arcilla	15.27%	49.58%
%Total	100.00%	100.00%
Densidad ($\frac{g}{L}$)	1,126.21	796.02
K	92.13	167.50

$$WT = 1,126 + 40 * \left(\frac{T}{T-1}\right) * (\ln T - 1) \quad \text{Ec.4.25}$$

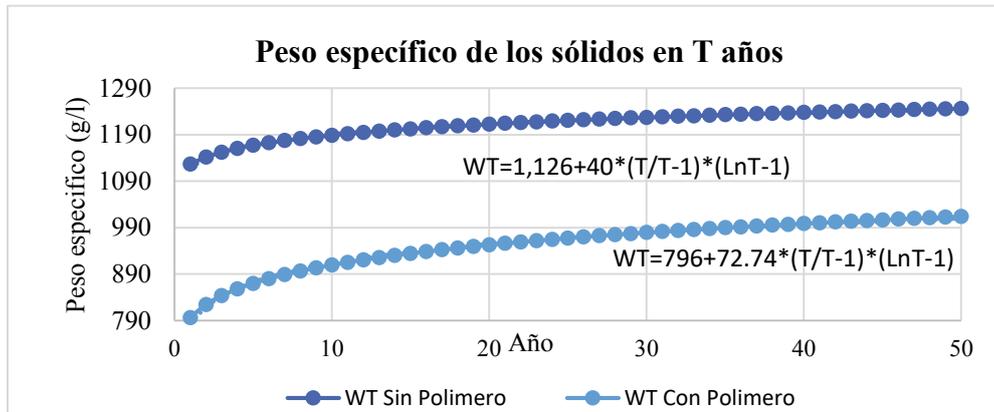


Figura 43. Variación del peso específico de los sólidos sumergidos

Cabe mencionar que, si bien en la Figura 43 se muestra la variación del peso específico de los sólidos sumergidos, esta no será usada en la presente tesis al no contarse con mayor información, ni datos confiables acerca de este polímero para caudales de 82 m³/s. No obstante, permite observar que si se agregan polímeros el peso específico será mucho menor y a menos que la eficiencia del desarenador aumente lo suficiente para reducir la cantidad de sólidos ingresantes, el volumen de los mismo aumentaría.

4.4.5. Síntesis de la metodología a emplear

El volumen muerto proveniente del canal de alimentación de la presa, se calculó mediante la siguiente metodología:

- a. Se determinó los caudales y concentraciones en Condorcerro como la suma de los respectivos aportes de las estaciones Santa y Tablachaca.
- b. Se consideró que la bocatoma captaba íntegramente todos los caudales de Condorcerro que sean menores a $105 \frac{m^3}{s}$ (caudal de diseño).
- c. Las concentraciones en la bocatoma se considerando como el 85% de las provenientes de Condorcerro en consecuencia
- d. Se consideró que entraban al desarenador íntegramente todos los caudales que salían de la bocatoma que sean menores a $92 \frac{m^3}{s}$.
- e. Las concentraciones en a la entrada del desarenador se estimaron como el 98% de las concentraciones en la Bocatoma.
- f. Se halló el factor 1.44 que relaciona el caudal promedio mensual a la entrada y salida del desarenador, de tal manera que se satisfaga la demanda promedio de 51 m³/s a la salida del desarenador.
- g. Se determinó el caudal de salida del desarenador como $Q_{sal} = Q_{ent} / 1.44$
- h. Se calculó la concentración de salida del desarenador según la expresión 4.23.
- i. Se consideró que los caudales y concentraciones a la salida del desarenador serían los que ingresarían a la Presa Palo Redondo.
- j. Se calculó los sólidos que entran al embalse como $S = Q_{sal} * C_{sal}$
- k. Se calculó la cantidad de sólidos que queda retenido en el embalse como el producto de los sólidos que entran y la eficiencia de atrape.

- l. Se determinó la densidad de los sólidos según la ecuación 4.25
- m. Se calculó un volumen mensual de solidos retenidos dividiendo los resultados de (k) y (l)
- n. Se acumuló los resultados mensuales determinados en m hasta el mes 600 correspondiente al final del año 50 de vida útil del embalse.

Por otra parte, para obtener el volumen muerto total de la presa se debe añadir el Volumen ocasionado por descargas esporádicas y máximas avenidas en la Quebrada Palo Redondo

En la Figura 44 se puede observar el esquema general para el cálculo del volumen muerto de la Presa, el cual se basa en todas las consideraciones anteriores.

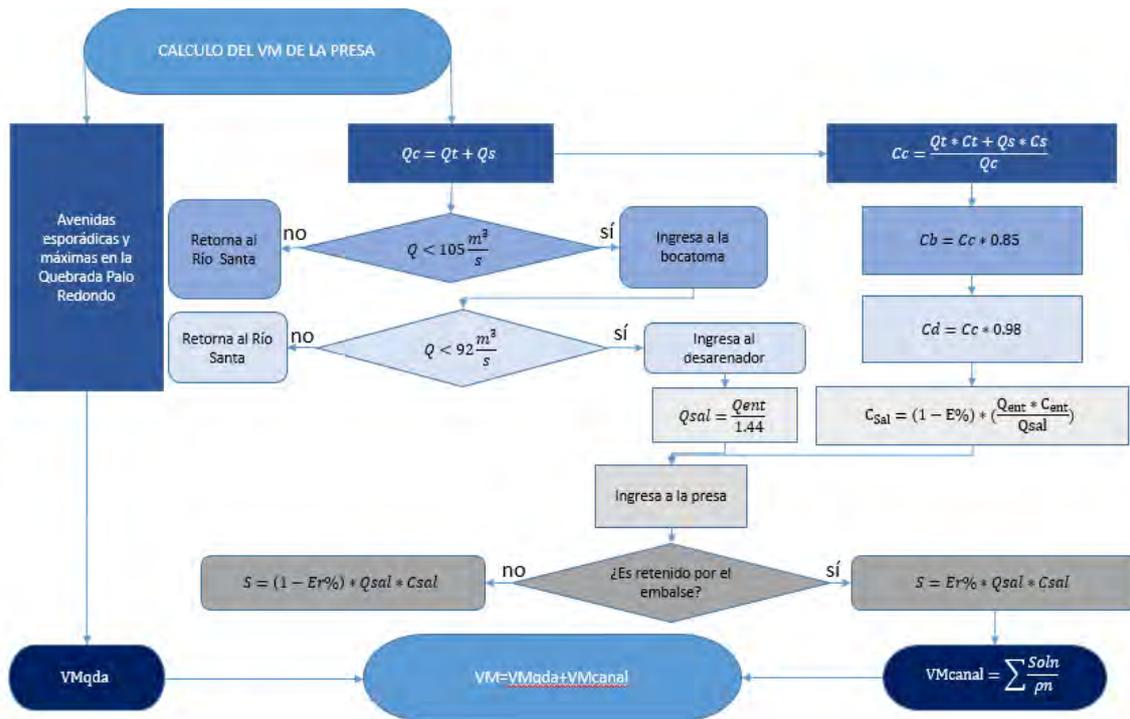


Figura 44. Diagrama de Flujo del Cálculo del Volumen Muerto

El desarrollo de la metodología explicada puede ser observado en el Anexo 4 en el que se calculó el volumen muerto para la presa Palo Redondo que originaría el canal de alimentación, considerando una eficiencia de desarenador de 32%, 50% y 61%.

5. Resultados

5.1. Análisis de las potenciales causas y consecuencias de la sedimentación de la Presa Palo Redondo

5.1.1. Potenciales Causas

Si bien la presa Palo Redondo es de embalse lateral provista de un sistema captación-purga, el cual debería alejar a la presa de resultados como los obtenidos en Poechos o Gallito ciego (presas frontales), la sedimentación en un embalse es inevitable.

A la presa llegarían sedimentos desde el canal de alimentación y los producidos por la activación de la Quebrada Palo Redondo, siendo el primero el de mayor incidencia en la sedimentación del embalse pues provendría de los caudales necesarios para alimentar la presa.

Ya que al canal de alimentación llegarán los caudales del río Santa, la principal causa de sedimentación de la presa será responsabilidad de la producción de sedimentos de la cuenca del Santa. Como se había mencionado antes, la tasa de erosión del Santa asciende a 20 *Ton/Ha* anuales (casi el doble de la tasa de la cuenca que alimenta la presa de Poechos). Asimismo, los escasos estudios granulométricos en el río Santa muestran una alta composición de finos, con el 80% de sedimentos en suspensión de diámetros inferiores a 0.15 mm (PECH, 2013).

La infraestructura de captación Chavimochic es contralada de manera tal que se capten solo caudales requeridos para el desarrollo del proyecto. Para la tercera fase, en la que entraría en operación la Presa Palo Redondo, se espera que la bocatoma deje entrar al sistema caudales y concentraciones más altas. Si bien el sistema bocatoma-desarenador está diseñado para ciertos caudales máximos, casi la única restricción respecto a los sedimentos será que estos sean inferiores al diámetro de diseño del desarenador el cual es de 0.15mm. Es decir, el desarenador actúa eficientemente solo sobre el 20% de los sólidos del Santa por lo que su eficiencia fue estimada por el mismo PECH, en tan solo 50% y por Rocha, en 32%.

Como se ha analizado anteriormente, el área que involucra a la presa es susceptible a los efectos del Fenómeno del Niño, el cual de producirse de manera severa podría ser de magnitud semejante a la AMP estimada para la Quebrada Palo Redondo. Por evento, se espera una alta cantidad de sedimentos, a la vez que se asume que ocurran dos eventos durante la vida del embalse, pudiendo ocurrir incluso ninguna tormenta del tamaño tal que produzca la AMP.

5.1.2. Potenciales Consecuencias

En su III etapa, el Proyecto Chavimochic casi triplicará la captación de la Fase II por lo que se esperan el ingreso de flujos más agresivos y un desarenador trabajando con caudales máximos y concentraciones mucho más altas. Por lo tanto, se podrían originar daños en el sistema de captación generando la necesidad de obras de reparación y reforzamiento.

En consideración de que la cota de toma de la presa fue establecida en 290 msnm asumiendo un volumen muerto, calculado por el PECH, de 37 MMC, si el sistema de captación-purga del PECH resulta ser deficiente, se espera un volumen muerto mucho

mayor al estimado que no sería consecuente con la cota de toma establecida. No obstante, ya que la cota de 290 msnm se estableció conservadoramente suponiendo que todos los sedimentos que entren al embalse se depositaran entre el cuerpo de presa y la obra de toma, se espera que, en el mejor de los casos, la holgura del diseño se reduzca. En un caso más extremo se podría empezar a considerar la inutilidad de la presa y una vida útil menor a la establecida.

La alta tasa de sedimentación en la presa podría originar alteraciones en la composición del agua que será derivada para los diferentes fines de la presa Palo Redondo, los cuales se verían perjudicados por su baja calidad. Al respecto cabe mencionar que el 57.7% de sedimentos, que llegan a la estación Condorcerro, provienen de Tablachaca (Morera, 2010), la cual es fuertemente erosionada por la actividad minera que además contamina el agua del río Santa que es captada por Chavimochic (PECH,2013).

Un Fenómeno del Niño severo podría originar la activación de la Quebrada Palo Redondo e incluso originar huaycos y al no haber ningún tipo de retención, ni purga, a diferencia de los sedimentos producidos aguas arriba de la bocatoma, los lodos entrarían en su totalidad a la Presa

Si la Presa Palo Redondo llega a tener una vida útil de tan solo 50 años, las áreas de cultivo que fueron implementadas en la tercera etapa del Proyecto, quedarían sin una fuente de abastecimiento y por lo tanto dejarían de ser útiles.

5.2. Resultados de la evaluación de la producción de sedimentos en Palo Redondo

Una vez simulado el modelo Kineros se obtiene el hidrograma (Figura 45) y el sedigrama (Figura 46) con picos de $742.06 \text{ m}^3/\text{sy}$ 929.9 Ton/s , respectivamente. Al observar ambas figuras se evidencia la relación entre la lluvia y la erosión del suelo, coincidiendo los tiempos picos en ambos. Además, Kineros permite obtener la erosión media en cada subcuenca, así como también un estimado medio de la erosión de toda la cuenca y la producción de sedimentos de arenas, limos y arcillas.

Además, cabe resaltar que el PECH estimó el hidrograma líquido para la PMP, optando por una distribución de lluvia Tipo I, suponiendo que las lluvias serán de origen orográfico y tipo conectiva, concluyendo un caudal pico, en base al método del hidrograma unitario, de $445 \text{ m}^3/\text{s}$ (PECH,1990). Supuesto que, si bien no se puede negar, se consideró menos conservador para el desarrollo de la presente investigación, la cual busca no subestimar la intensidad de la lluvia que podría generar un Fenómeno El Niño severo.

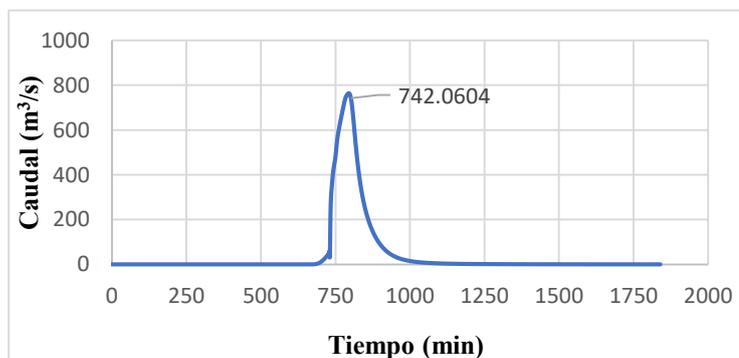


Figura 45.Hidrograma

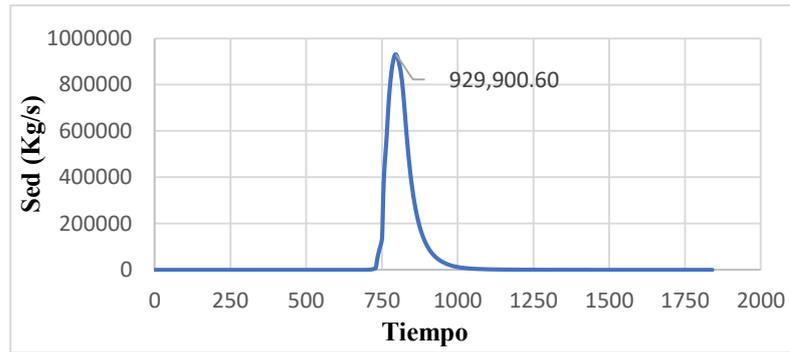


Figura 46. Sedigrama

5.2.1. Mapa de erosión en la cuenca Palo Redondo

En la Figura 47 se observa la erosión de la subcuenca de Palo Redondo que provocaría una tormenta tipo SCS II, simulada en Kineros, pudiéndose identificar que las áreas más propensas a la erosión son las más cercanas a la zona del embalse. Ello se debe principalmente a que dichas zonas son característicamente desérticas. El mapa está dividido en 9 clases, denotándose con mayor intensidad de color las clases de mayor erosión.

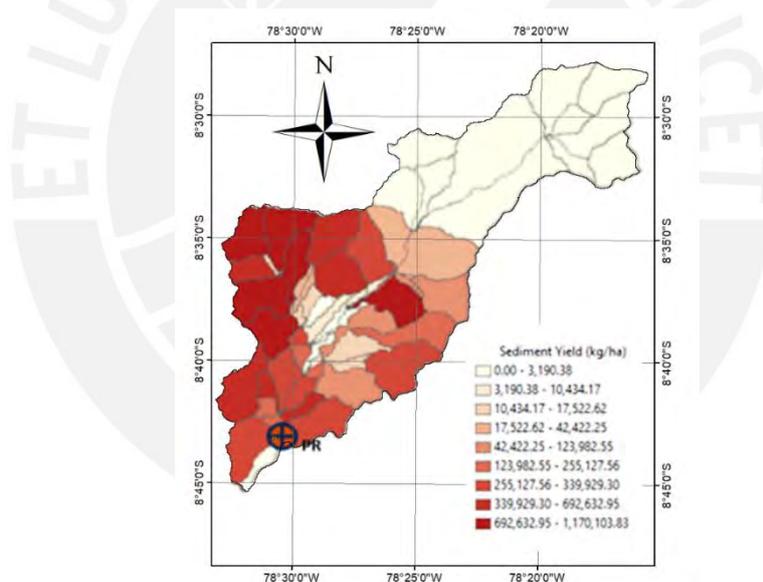


Figura 47. Mapa de erosión de la subcuenca Palo Redondo

5.2.2. Estimación del volumen de sedimentos

5.2.2.1. Sedimentos originados por Tormentas

En la Tabla 36, se pueden observar los resultados de la simulación para la tasa total de sedimentos y según cada tamaño de partícula. Además, en dicha tabla se estimó el peso específico medio de la carga de sedimentos, la carga total de sedimentos y el volumen total de los mismos. Para estimar la carga de sedimentos se consideró que la PMP solo produciría precipitación en el 80% de la cuenca como lo sugiere el PECH (1990). La tabla muestra un peso específico medio de 1.17 Ton/m³, lo cual sugiere un flujo torrencial (ver Tabla 11).

Con el fin de no sobrestimar ni subestimar los resultados, se consideró solo el volumen obtenido por el hietograma Tipo II, asimismo que solo ocurrirían 2 tormentas de tal intensidad durante la vida útil del embalse. Se tiene entonces, un total de 6.62 MM3 de sedimentos que llegarían al embalse debido a dos tormentas en la cuenca de Palo Redondo.

Cabe resaltar que el modelo Kineros no permite determinar el aporte de solidos gruesos como los que producirían los deslizamientos y arrastres de rocas ante la presencia de huaycos. Considerando que los huaicos contengan entre el 20 y 50% de material de fondo (Gómez, 2012) y que los pesos específicos de todo el flujo (fino y grueso) sean de 1.8 g/cm³ y 2.3 g/cm³ (véase Tabla 11), manteniendo un total de finos de 3, 8 millones de toneladas, el volumen producido por cada huayco estaría entre 2.7 y 3.4 MMC. Entonces, de producirse 2 huaycos, el volumen total estaría entre 5.4 y 6.8 MMC. Es decir, el resultado no variaría significativamente del estimado considerando un flujo torrencial y ya que los estimados en el presente párrafo no tienen mayor sustento, y por lo contrario requieren de un modelamiento con mayores recursos para simular los efectos de un huayco, se mantendrá el volumen estimado para dos tormentas en la Tabla 36.

Tabla 36. Síntesis de Resultados KINEROS

Lluvia Tipo II			
	Tasa de sed (Ton/ha)	% Sed	Y(Ton/m3)
Arena	25.26	20%	0.30
Limo	77.03	62%	0.74
Arcilla	22.17	18%	0.13
Total	124.46	100%	1.17
Ton	3,883,254.96		
1 tormenta (MM3)	3.31		
2 tormentas (MM3)	6.62		

5.2.2.2. Sedimentos originados por descargas de la Quebrada Palo Redondo
El PECH estimó el volumen muerto originado por la subcuenca Palo Redondo en el Volumen de Hidrología y Sedimentos del Estudio de Factibilidad del Embalse (1990). En consideración de que no se contaba (ni se cuenta a la actualidad) con estaciones hidrometeorológicas en la sub cuenca de Palo Redondo, se tuvo en cuenta los siguientes supuestos:

Tasa de producción media anual del Santa: $14.51 \frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}$

Área húmeda de la cuenca: 122 Km²

Peso específico: $1.5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}$

Entonces, se calculó el volumen de sedimentos de Palo Redondo en 50 años mediante la ecuación 5.1:

$$V = \frac{1,451 \frac{\text{Ton}}{\text{km}^2} * 122 \text{km}^2 * 50 \text{años}}{1.5 \text{Ton/m}^3} = 5.9 \text{MMC} \quad \text{Ec. 5.1}$$

Este cálculo resulta conservador en el sentido de que usa una tasa de producción mucho más alta a la esperada en una cuenca seca como Palo Redondo, asimismo, supone que todos los años se producirá suficiente escorrentía (y por lo tanto sedimentos) suficiente para llegar al embalse.

5.2.3. Propuestas de medidas estructurales de control de sedimentos

Del ítem anterior se tiene un volumen de sedimentos originados por tormentas de 6.62 MMC, y otro de 5.9 MMC ocasionados por las descargas continuas de la Quebrada. En total se tendría 12.5 MMC de sedimentos que ingresarían en su totalidad a la Presa por causa de la subcuenca de Palo Redondo.

Ante esto, se podrían construir presas retenedoras aguas abajo de la Presa Palo Redondo, de tal manera que no lleguen ni los sedimentos ni los caudales producidos en la subcuenca de la Quebrada Palo Redondo impidiendo el ingreso de un total de 12.5 MMC de sólidos. Las presas de retención de sedimentos permiten capturar y almacenar los sólidos arrastrados y se construyen usualmente en la garganta del torrente o en la salida de sus afluentes principales. Estas presas pueden ser cerradas o abiertas. Las primeras interceptan la mayor proporción del material arrastrado, excepto las partículas más finas que pasan cuando las crecientes desbordan la presa. Las segundas se construyen con aberturas en el cuerpo de la estructura y cumplen el objetivo de seleccionar el material sólido, reteniendo las fracciones más gruesas y dejando pasar las más finas (López, 2007). Un estudio realizado entre los años 2002 y 2004 sobre el proceso de sedimentación de los tipos de presa de retención concluyó una rápida sedimentación en las presas cerradas, tal que en el periodo de estudio perdieron por completo su capacidad. Aquello debido a la alta producción de sus cuencas y en consecuencia de la falta de aberturas que permitan el paso de los flujos normales de agua y sedimentos. Por otra parte, el estudio indica un funcionamiento satisfactorio en las presas abiertas (López, 2007).

Al ser la Quebrada Palo Redondo una subcuenca seca, no se espera una frecuentemente alta producción de sedimentos por lo que podría optarse por un retenedor cerrado. No obstante, el presente estudio supone que un evento de tales características para producir una tormenta severa ocurrirá al menos 2 veces durante la vida útil de la Presa Palo Redondo. Por lo tanto, lo conveniente sería optar por una presa abierta.

Las presas abiertas pueden ser del tipo ranurado y tipo ventana, cuando las aberturas alcanzan la cresta y cuando no, respectivamente (López, 2007). Al construir la presa se modifica la pendiente del río haciendo que se produzcan menos deslizamientos de los bordes del río. En un evento de flujo de detritos, las presas abiertas sirven de barrera para los sedimentos permitiendo el flujo del agua hacia aguas abajo del río. Luego, con posteriores eventos, se va limpiando la presa, llevando cierta cantidad de sedimentos hacia aguas abajo en menores cantidades. De tal forma, las aberturas permiten, además, reducir el impacto erosivo en los tramos aguas abajo al no interrumpir bruscamente el flujo natural (Gómez, 2012).

La estructura de los retenedores se construye en base a las características de los sólidos

que se desean retener. Si bien el flujo que se simuló en Kineros es de tipo Torrencial, al construir una presa de retención se debe considerar el peor escenario el cual sería representado con la presencia de un Huayco. Según su naturaleza los huaycos pueden ser:

- Huaycos de Lodos: constituidos en mayor proporción por lodo y en menor porcentaje de gravas y rocas medianas

- Huaycos de rocas: constituidas en mayor porcentaje de rocas grandes y medias, y menos de gravas y lodos

- Huaycos Mixtos: constituidos por lodos, gravas y rocas en igual porcentaje.

En la Figura 48 se muestra una presa de estructura completamente maciza, tanto en los bordes como dentro del cauce, es de tipo ranurada y podría ser ideal para flujos mixtos.



Figura 48. Presa tipo ranurada. – SABO dam Abierta Boyong River, Indonesia
(Extraído de <http://www.internationalfloodnetwork.org>)

La Figura 49 muestra una presa tipo ventana completamente maciza, la cuál podría ser la más adecuada para flujos de lodos.



Figura 49. Presa tipo ventana (Extraído de <http://www.pref.wakayama.lg.jp>)

La Figura 50 muestra una presa con márgenes de concreto y estructura metálica en el cauce. Este tipo de estructuras retiene menos sedimentos en condiciones naturales y son de limpieza complicada debido a su configuración. Asimismo, podría ser de gran utilidad de producirse un flujo de rocas.



Figura 50. Presa con estructura metálica. Uesugi-tani river, Japón. (Extraído de SABO Division)

En la Figura 51 se muestra una estructura compuesta por cimientos de concreto en las márgenes del cauce, que en condiciones normales de flujo no afectan la dinámica del cauce. La red de alambres que se ubica en la zona del cauce es encargada de retener los flujos de detritos. Después de un flujo de detritos se retiran los sedimentos y en caso de la malla haber sufrido daños se cambia. Se ha reportado un correcto funcionamiento en Suiza y Japón. Estas estructuras son ideales para contener flujos de roca, las cuales tienen un porcentaje mucho menor de gravas y lodos



Figura 51. Presa con red metálica. Mount Tateyama, Japan (Extraído de Mizuyama, 2008)

Considerando las pendientes (poco escarpadas) y los tipos de suelo (con gran porcentaje de finos) característicos de la subcuenca de estudio, se estima menos probable un huayco de rocas. Entonces, la presa deberá estar preparada para flujo de lodos o mixto, en donde entre el 50 y 80% es material sólido en suspensión, que se desplazaría pendiente abajo por influencia de la gravedad, poseyendo un rápido avance, gran movilidad y gran capacidad destructiva (Gómez,2012). Por lo tanto, lo más razonable sería la construcción de retenedores macizos tipo ventana que se encuentren preparados para más de un evento y para resistir flujos mixtos.

La distribución, cantidad y dimensiones de dichos retenedores requieren de un levantamiento topográfico más certero del que se cuenta en la presente investigación. Con una topografía más detallada se podría usar modelos hidráulicos como Flo 2D, introducir los respectivos hidrogramas estimados en Kineros y obtener, a través de un análisis

multicriterio, la efectividad de las estructuras y los sitios más adecuados para la localización de retenedores. De ello derivaría un respectivo estudio económico entre el no hacer nada (perder en el peor de los casos 12.5 MMC) vs el precio de los retenedores.

5.3. Resultados de la producción de sedimentos en zonas críticas del Santa

5.3.1. Mapa de erosión de la cuenca de Tablachaca

En la Figura 52 se observa la erosión de la subcuenca de Tablachaca, pudiéndose identificar las altas tasas de erosión en cada subcuenca que conllevan a que la tasa media de $297.7 \frac{\text{Ton}}{\text{ha}}$.

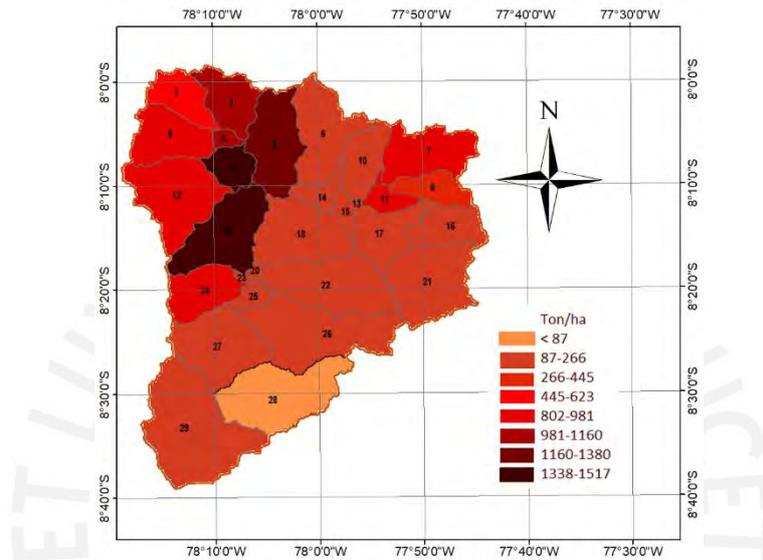


Figura 52. Mapa de Erosión Tablachaca

5.3.2. Estimación del volumen de sedimentos

Se simuló 36 años de la subcuenta de Tablachaca bajo el modelo SWAT obteniendo la curva promedio de producción de sedimentos mostrada en la Figura 53. Se puede observar que la producción de sedimentos incrementa rápidamente los 3 primeros meses, sufriendo una ligera disminución al cuarto mes. Asimismo, de mayo a agosto el incremento es casi imperceptible debido a que corresponden a periodos secos. Finalmente, a partir de setiembre hasta finales de año, la producción de sedimentos vuelve a incrementarse notoriamente, aunque no con la intensidad de los primeros meses del año.

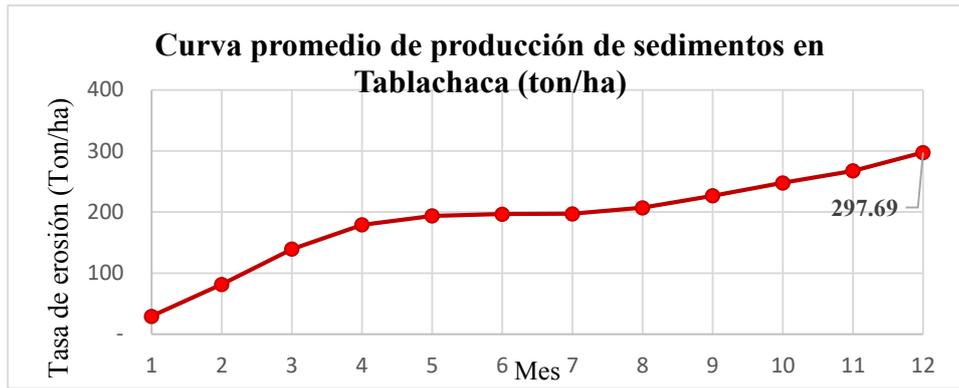


Figura 53. Curva de producción de sedimentos en Tablachaca

De la curva también se puede notar que la media anual llega a un valor de 297.7 Ton/ha. Este resultado representa las pérdidas potenciales según la metodología MUSLE con la que trabaja SWAT. No obstante, este valor debe multiplicarse por un coeficiente de entrega de sedimentos para obtenerse la tasa de sedimentos anual promedio.

Para determinar el coeficiente de entrega de sedimentos se aplicó la siguiente ecuación (Avedaño et al., 1994):

$$CES = 36 * A^{-0.2} - \frac{2}{\text{Log}P} + \text{Log}Br \quad \text{Ec.5.2}$$

Donde:

CES: % del total de material movilizado en la cuenca que sale de la misma

A: superficie de la cuenca en Km²

P: pendiente del curso principal expresado en tanto por uno

Br: coeficiente de bifurcación de la red hidrográfica

En la Figura 54 se visualiza la red hidrográfica de la cuenca del río Tablachaca en el que se indican los órdenes de bifurcación. Siendo 3 el orden del curso principal.

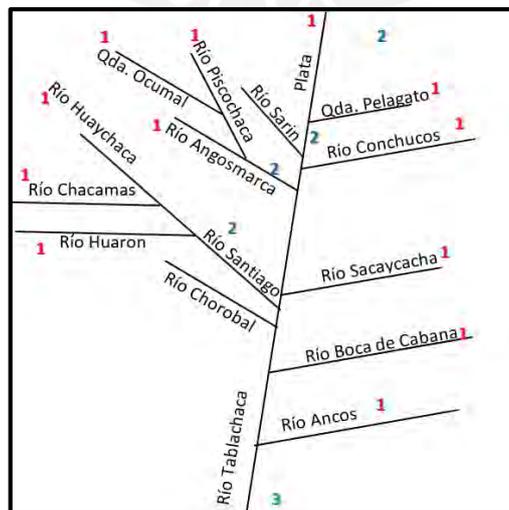


Figura 54. Red hidrográfica del Tablachaca

Los datos Tabla 37 permiten el cálculo del coeficiente de bifurcación. Primero, se halla una relación de bifurcación entre el número de ríos de orden “j” y el número de ríos de orden “j+1”. Finalmente, con la suma de los cauces involucrados y la suma del producto de las columnas 3 y 4, se halla una relación denominada coeficiente de bifurcación.

Tabla 37. Coeficiente de bifurcación de la cuenca hidrográfica de Tablachaca

Orden de los cauces	Número de cauces	Relación de Bifurcación	Número de cauces involucrados	Producto de las columnas 3 y 4
1	14	4.67	17	79.33
2	3	3	4	12
3	1	-	21	91.33

Coeficiente de bifurcación = $91.33/21 = 4.35 = BR$

El resto de los datos necesarios para hallar el coeficiente de entrega, basado en el estudio de Factibilidad del PECH (2013), son:

$A = 3,211.59 \text{ Km}^2$

$P = 3.9\%$

Entonces, aplicando la Expresión 5.2 se obtuvo un coeficiente de entrega de sedimentos de 9.22%

$$CES = 36 * (3,211.59)^{-0.2} - \frac{2}{\text{Log}(0.039)} + \text{Log}(4.35) = 9.22\% \quad \text{Ec. 5.3}$$

Finalmente, se obtuvo:

$$\text{Tasa} = 9.22\% * 297.7 \frac{\text{Ton}}{\text{Ha}} = 27.5 \frac{\text{Ton}}{\text{Ha}}$$

5.3.3. Comparación de la erosión y cantidad de sedimentos producidos en cada escenario propuesto.

Cada escenario de la subcuenca de Tablachaca fue modelado con las mismas configuraciones establecidas en SWAT para el escenario 1, con ello se obtuvo las tasas de erosión presentadas en la Tabla 38, en la cual se muestra también el porcentaje de disminución frente al primer escenario.

Tabla 38. Tasa de erosión media para cada escenario de cobertura en Tablachaca

Escenario	Tasa de Pérdidas Potenciales (Ton/Ha*año)	Tasa de erosión media (Ton/Ha*año)	% dism.
Esc-1	297.7	27.45	
Esc-2	248.99	22.96	16%
Esc-3	228.49	21.07	23%
Esc-4	212.17	19.56	29%
Esc-5	206.79	19.07	31%

Analizando los resultados de la Tabla 38 se muestra una baja disminución de la producción de sedimentos entre el escenario 4 y 5, lo cual podría sugerir que se descarte el Escenario 5, por implicar un mayor gasto en reforestación. Sin embargo, se sabe que no todos los sedimentos son trasladados por el río, y que tampoco serán de importancia aquellos con diámetros mayores a 20 mm (gravas) pues la Bocatoma Chavimochic

impedirá el ingreso de los mismos. Es por ello que el análisis más importante es el de las concentraciones de sedimentos en suspensión.

En la Figura 55 se muestra la relación existente entre los caudales y las concentraciones de sedimentos en suspensión resultantes del modelo SWAT considerando el Escenario1.

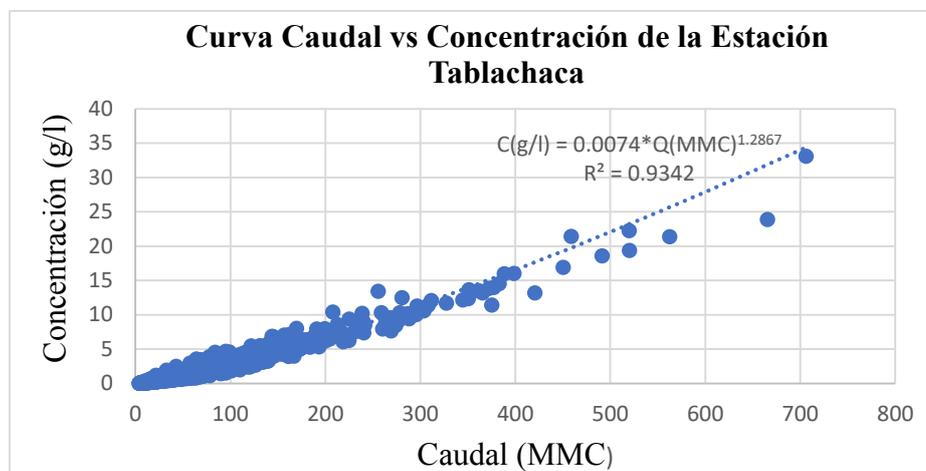


Figura 55. Caudales vs Concentraciones de la Estación Tablachaca

Como se observa, se tiene un coeficiente de correlación alto (0.98), como se verá también en la Tabla 39, lo cual demuestra dos ideas principales. Primero, ya que el escenario 1 fue calibrado a datos reales obtenidos de la ANA y el PECH, existe una alta correspondencia entre los sólidos en suspensión y los caudales en el río Tablachaca. Segundo, se refleja que la calibración del modelo fue adecuada.

5.4. Cálculo del volumen muerto en la Presa Palo Redondo

5.4.1. Comparación del volumen muerto calculado para cada escenario propuesto

Para cada uno de los escenarios de Tablachaca presentados en el capítulo 2, se realizó el modelo SWAT y se analizaron las relaciones entre caudales y concentraciones para proceder con el cálculo del volumen de sedimentos arrastrados desde la estación Condorcero que se acumularían en la Presa Palo Redondo a través de la metodología explicada en el capítulo anterior.

En la siguiente tabla se muestran las relaciones halladas, así como el coeficiente de relación, el cual demuestra una correspondencia potencial con alta aceptación (muy cerca de 1):

Tabla 39. Ecuaciones de Concentraciones para cada escenario

Escenario	Ecuación (C,Q)	R ²
Esc1	$C_{tab1} = 0.0074 * Q_{tab1}^{1.287}$	0.93
Esc2	$C_{tab2} = 0.0475 * Q_{tab2}^{0.89}$	0.94
Esc3	$C_{tab3} = 0.0475 * Q_{tab3}^{0.876}$	0.96
Esc4	$C_{tab4} = 0.0387 * Q_{tab4}^{0.8748}$	0.96
Esc5	$C_{tab5} = 0.0355 * Q_{tab5}^{0.871}$	0.96

Con las expresiones señaladas en la tabla anterior, y las consideraciones expuestas en el capítulo precedente se obtuvo los volúmenes presentes en la Tabla 40, en la que se detalla también el porcentaje en que se reduce los volúmenes de cada escenario respecto al Escenario 1. Si se compara la Tabla 40 con la 38 se evidencia una relación clara entre la tasa de erosión de la subcuenca Tablachaca y la del volumen de sólidos que se sedimentaran en la presa. Asimismo, se mantiene la disminución relativamente baja entre los escenarios 4 y 5

Tabla 40. Resultados del volumen muerto proveniente del canal de alimentación

	Porcentaje de disminución E=32%		Porcentaje de disminución E=51%		Porcentaje de disminución E=61%	
	VMcanal	%	VMcanal	%	VMcanal	%
Esc-1	88.57		64.04		48.20	
Esc-2	69.33	22%	50.14	22%	38.00	21%
Esc-3	66.60	25%	48.17	25%	36.53	24%
Esc-4	60.15	32%	43.48	32%	33.01	32%
Esc-5	57.25	35%	41.38	35%	31.43	35%

5.4.2. Análisis del Volumen Muerto calculado por el PECH

Por una parte, el PECH estimó el volumen muerto de la presa considerando los caudales de entrada mensuales promedios presentes en la columna segunda columna de la Tabla 41, a los cuales se les agregó 8 m^3/s correspondientes a la purga de sólidos en el desarenador (2° Columna). En la última columna de la misma tabla se observan los caudales mensuales promedio de Condorcerro, realizada con un registro mensual de 36 años (1981-2016). Se destaca los meses de junio, agosto y setiembre por ser meses en los que los caudales estimados por el PECH superan de manera inadecuada a los de Condorcerro.

Tabla 41. Registro de caudales mensuales promedio estimados por el PECH a la salida del desarenador

Mes	Qsal des m^3/s	Qsal+purga m^3/s	Qcond m^3/s
Ene	52.45	60.45	188.3
Feb	47.00	55.00	278.1
Mar	38.50	46.50	321.2
Abr	37.95	45.95	245.4
May	33.85	41.85	108.6
Jun	50.99	58.99	58.67
Jul	27.84	35.84	45.67
Ago	35.96	43.96	42.64
Set	44.01	52.01	45.97
Oct	49.86	57.86	69.69
Nov	55.91	63.91	103.2
Dic	55.57	63.57	149.3

Por otro lado, las concentraciones a la salida del desarenador estimados por Chavimochic se basan en un promedio mensual de un registro de concentraciones reales para los años del 2000 al 2010 en las que la eficiencia del desarenador era más del 60%. En dicho registro se presentaba un promedio de $14.61 \text{ m}^3/\text{s}$ a la salida del desarenador, lo cual representa menos del 28.6% de lo que se espera captar como mínimo en la Fase 3 del Proyecto. Por lo tanto, dichas concentraciones no son representativas. En la Tabla 42 se observan las concentraciones promedio mensuales utilizadas en el cálculo del volumen muerto, evidenciándose la subestimación de concentraciones por parte del PECH en comparación de los estimados en el presente estudio. Cabe resaltar, que se tomó en cuenta también la eficiencia de 61% para los cálculos de la presente tesis, a pesar de no considerarse representativas, con el único fin de validar el método utilizado para el cálculo de concentraciones. Al respecto, se obtuvo que la estimación de concentraciones del estudio es bastante cercana a las del registro del PECH cuando el desarenador tenía una eficiencia de 61%. No obstante, al usar dichas concentraciones en la estimación del volumen de azolves, ya que el caudal de entrada a la presa es considerado diferente al del PECH, el volumen muerto obtenido dista del calculado por el PECH. Se tiene que para una eficiencia de 61%, el volumen de azolves originados por parte del canal de alimentación es de 48.2 MMC y 30.7 MMC, estimados por el presente estudio y por el PECH, respectivamente.

Tabla 42. Comparación de concentraciones estimadas por el PECH y por el presente estudio.

Mes	PECH ESTIMACIÓN DEL ESTUDIO			
	E=61%	E=61%	E=32%	E=50%
Ene	1.01	1.06	1.93	1.39
Feb	1.60	1.60	2.91	2.11
Mar	2.44	2.40	4.37	3.16
Abr	1.25	1.32	2.40	1.73
May	0.31	0.44	0.81	0.58
Jun	0.19	0.15	0.28	0.20
Jul	0.15	0.11	0.20	0.15
Ago	0.17	0.10	0.18	0.13
Set	0.18	0.11	0.20	0.14
Oct	0.33	0.23	0.41	0.30
Nov	0.46	0.43	0.78	0.57
Dic	0.59	0.68	1.25	0.90
Promedio	0.72	0.72	1.31	0.95

5.4.3. Propuestas de medidas no estructurales para controlar la producción de sedimentos en Tablachaca

En el capítulo 4 se propuso algunos escenarios de cobertura y uso en la subcuenca de Tablachaca; cada uno de los cuales requieren de varias medidas que se podrán desarrollar recién a partir de un estudio riguroso de la zona, un levantamiento topográfico más detallado y demás.

Por una parte, el escenario 2 del presente estudio proponen el mejoramiento de las coberturas actuales, cuyo estatus ecológico es pobre debido al sobrepastoreo, la falta de mantenimiento, entre otros. Ante esto, se deben desarrollar distintas obras y prácticas de acuerdo al tipo de erosión encontrada.

Lo primero que se debe desarrollar es un mapeo de las zonas críticas identificando el tipo de erosión del suelo: leve, moderada o severa. Luego se debe asociar el tipo de erosión con los daños y las prácticas de conservación necesarias.

La erosión leve implica erosión laminar y surcos pequeños. La erosión moderada implica la aparición surcos grandes asociados a zanjas o cárcavas. En tanto la erosión severa involucra el surgimiento de zanjas o cárcavas. A continuación, en base al Manual de obras y prácticas de protección de suelos forestales de la CONAFOR, 2007, se describen los siguientes tipos de obras:

a) Obras para el control de erosión laminar

Para las áreas de erosión leve, en las cuales se produce erosión laminar, las obras de control incluyen terrazas, zanjas y ciertas prácticas vegetativas.

a.1. Terrazas

Las terrazas pueden ser de muros vivos, de formación sucesiva o individuales.

Las terrazas de muros vivos son terraplenes que se forman gradualmente, a partir del movimiento de suelo que se da durante las labores de cultivo en terrenos de ladera y retenido por setos de diversas especies de árboles o arbustos que se establecen siguiendo curvas a nivel. Este tipo de práctica permite reducir la erosión hídrica, controla el escurrimiento superficial a velocidades no erosivas y dirigirlo hacia una salida estable.

Las terrazas de formación sucesiva son terraplenes que se forman por el movimiento del suelo entre los bordes de tierra, detienen el suelo que proviene del área entre terrazas construyendo un canal de desagüe aguas abajo del bordo.

Las terrazas individuales son terraplenes de forma circular, trazados en curvas a nivel de un metro de diámetro en promedio, en las que se establece una especie forestal en la parte central.

a.2. Zanjas

Entre los tipos de zanjas se pueden distinguir las trincheras, zanjas derribadoras, y los sistemas de zanja bordo y bordos en curvas de nivel.

Las zanjas trincheras son excavaciones en curvas a nivel de 0.4 metros de ancho por 0.4 metros de profundidad, 2 metros de longitud en promedio, separada con tabique divisor de 2 metros de largo

Sistema de zanja bordo es un conjunto de zanjas y bordos continuos que se construyen siguiendo curvas a nivel, en donde el volumen de excavación se coloca aguas abajo para formar el bordo.

Las zanjas derivadoras de escorrentía funcionan interceptando el agua y conduciéndola hacia lugares donde no provocan daños como lagos, arroyos o cárcavas estabilizadas. Son de gran utilidad en zonas de lluvias intensas, con suelos poco permeables y con gran escurrimiento superficial.

Los bordos en curvas a nivel son un sistema conformado por el producto de la excavación de suelo o subsuelo, de forma perpendicular a la pendiente del terreno, siguiendo curvas a nivel con maquinaria o peros de labranza. Esta técnica permite interceptar azolves y escurrimientos, así como retener la humedad para establecer reforestación y vegetación nativa. Son prácticas usadas principalmente en zonas áridas y semiáridas o con deficiencia de humedad estacional en el suelo. Se deben implementar en suelos con una profundidad

mínima de 0.6 metros para evitar dañar el sistema radicular de las especies plantadas por acumulación excesiva de agua.

a.3. Pastoreo rotativo

El pastoreo intensivo puede eliminar los pastizales de la tierra sin que el territorio cuente con el tiempo de crecimiento necesario antes del siguiente pastoreo provocando coberturas descubiertas y altamente erosivas. El pastoreo rotativo surge como una medida para controlar el sobrepastoreo y mejorar el rendimiento del territorio de pastoreo. Este es un sistema que implica el uso de varios potreros de tal manera que se permita rotar el ganado entre ellos, resultando de un periodo de pastoreo seguido de uno de descanso (Giraldo, 2008).

b) Obras para el control de erosión de cárcavas

Este tipo de obras permiten reducir las áreas de erosión severa y moderada con el uso de estructuras de retención, las cuales pueden ser temporales (vida entre 2-5 años) o permanentes (de hasta 50 años)

Las presas de gaviones son una de las prácticas más usuales. Estas pueden clasificarse en tres tipos fundamentales, en función de la conformación del paramento de aguas abajo: de pared vertical, de pared escalonada y de pared inclinada, de manera que la lámina vertiente que pase sobre ellos quede adherida. Debido a su forma, el de pendiente vertical tiende a desarrollar una mayor socavación al pie de caída en comparación de los de pared inclinada y escalonada. No obstante, si la corriente transporta sedimentos muy pesados los dos últimos pueden ser dañados por el agresivo impacto en sus escalones. Respecto a su diseño, los criterios más importantes a considerar son el espaciamiento y el empotramiento de la presa. Por un lado, si se desea retener una gran cantidad de sedimentos se deben emplear presas relativamente altas, espaciadas a distancias grandes. Si el objetivo es el de estabilizar la pendiente de la cárcava, el espaciamiento y la altura deben ser menores. Por otro lado, la profundidad de cimentación es determinada por la facilidad con que el agua puede erosionar el lecho del cauce. No es necesario alcanzar un estrato resistente a la compresión, ya que la flexibilidad de la estructura de gaviones admite que la obra pueda sufrir asentamientos por la inestabilidad del terreno del apoyo. Las presas de piedra acomodada son otras de las estructuras más empleadas, estas consisten en estructuras de piedras acomodadas en dirección transversal al flujo de la corriente. Las dimensiones de la presa dependen de la pendiente o grado de inclinación que presente la cárcava, así como la profundidad y cantidad de escurrimientos superficiales. Por un lado, la altura de este tipo de presas está en un rango de 1.2 a 2.5 metros por lo que se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen. Asimismo, se suele recomendar ubicar la presa en sitios no mayores a 7 metros de ancho. Por otro lado, se sugiere que la profundidad de la zanja sea de un cuarto de la altura de la presa y con un ancho ligeramente mayor que el grosor de esta misma. Asimismo, se deben acomodar las piedras de tal manera que el mayor peso quede hacia abajo.

En la Tabla 43 se muestran los costos de las diferentes obras para el control de la erosión descritas en los párrafos anteriores:

Tabla 43. Costos de obras de reparación de suelos y protección de cuenca

Actividad	Costo (USD)	Unidad	Descripción de obra
Terrazas de muros vivos	8	M	Contempla el trazo en curvas a nivel, limpia del terreno y marcado de líneas, excavación de un surco y plantación del material. El surco tendrá por lo menos 0.1 m de profundidad por 0.15 m de ancho. Incluye el costo de la planta, distribución en el terreno y la plantación.
Terrazas de formación sucesiva	17.9	M	Conformación de un bordo con base de 0.8 m y altura de 0.4 m. Un canal aguas abajo del bordo de al menos 0.3 m de profundidad de sección cuadrada o triangular. Incluye el trazo de curvas de nivel y conformación del bordo.
Terrazas individuales	5	Pzas	Las terrazas deben ser de 1.5 m de diámetro por 0.1 m de profundidad, el bordo resultado de la excavación debe estar bien conformado y dispuesto aguas abajo. El costo por pieza ya incluye el trazo en curvas a nivel.
Zanjas trincheras	17.9	M	Zanja de 0.4 m de ancho, 0.4 profundidad y 2m de largo, su construcción es en curva de nivel y el suelo extraído de la excavación debe estar conformado aguas abajo.
Zanja bordo	17.9	M	Zanja de línea continua en curva a nivel de 0.4 m de ancho, 0.4 de profundidad. El suelo extraído de la excavación debe estar conformado aguas abajo.
Zanja derivadora	422	Ha	Zanja de 100 m de largo, 0.4 metro de ancho, 0.4 de profundidad y desnivel de 1%. El costo incluye el trazo de la zanja, limpieza del terreno, excavación y conformación del bordo
Bordos en curvas de nivel	7.3	M	El costo incluye el trazo y marcado de la curva de nivel, el flete de la maquinaria. La obra se realiza con un paso de ripper, dos pasos de bordero y otro paso de ripper aguas arriba del bordo para facilitar la infiltración
Pastoreo rotativo	684	Ha	El costo incluye levantamiento topográfico, destronconada, herramientas manuales, semilla, fertilizantes, herbicidas.
Gaviones	1717	m3	La presa de gaviones comprende el trazo, ubicación de las presas, excavación y empotramiento, así como el cálculo de las dimensiones. El costo incluye la construcción, adquisición y transporte del material
Presas de piedra acomodada	650	m3	Incluye el trazo y ubicación de las presas, excavación y empotramiento, pepena, acarreo y construcción de la presa, incluyendo el delantal.

Fuente: Giraldo, 2008; CONAFOR, 2017

Por otra parte, los escenarios 3,4 y 5 propuestos para la subcuenca de estudio representan un incremento progresivo de las áreas forestales. Las practicas a realizar constarían de algunas de las practicas mencionadas anteriormente con el fin de estabilizar y enriquecer el suelo en que se desarrollaran las plantaciones forestales. Asimismo, de la forestación con plantaciones con fines de producción y protección.

Las plantaciones forestales con fines de producción se usan para la extracción forestal sostenida y sistemas silvopecuarios. En tanto, los bosques de protección deben limitarse al aprovechamiento de ramas, frutos, flores, plantas medicinales más no para extracción ni sistemas silvopecuarios.

En la actualidad, el Eucaliptus Globulus es la plantación forestal con fines de producción más representativa de la cuenca (MINAM, 2013). No obstante, esta especie provee de poca hojarasca, tiene una gran demanda de humedad y un sistema radicular que extrae la humedad disponible del suelo, originando falta de crecimiento del sotobosque, agravando la erosión laminar. En consecuencia, de seguir optándose por plantaciones de eucalipto, Stein (1952) recomienda plantar la especie con un mayor espaciamiento (187-231 árboles por hectárea). Asimismo, Goor y Barney (1976) comentan que el uso de Eucaliptus camaldulensis, E. hemiphloia y E. occidentalis son más adecuados para zonas áridas.

Otra de las especies más importantes en Perú es el Algarrobo, el cual es además nativa de la costa norte del país. Esta especie es un árbol siempre verde, aunque hay periodos en los que pierde algo de follaje. Las hojas acumuladas en el suelo forman abono orgánico que se utiliza para fertilización de campos y acondicionamiento de frutos. Es un árbol multipropósito que constituye una excelente especie para control de dunas y contrarrestar la desertificación, permite la recuperación de la fertilidad de los suelos, aporta materia orgánica e influencia directamente en la reducción de la erosión y degradación de los suelos. A pesar del mayor costo de instalación del cultivo, se afirma que los rendimientos son ampliamente pagados por el costo de la plantación.

Este tipo de plantaciones necesitan de una inversión aproximada de 14,000 a 16,000 USD/ha que incluye la adecuación del terreno, la plantación, los fertilizantes y mantenimiento durante 10 años en los que se estima el árbol ha crecido lo suficiente para dar beneficios económicos considerables (IFN,2014).

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

En la presente investigación se trazaron los siguientes objetivos específicos, los que derivaron en las conclusiones del presente ítem:

i. Estudiar el proceso de sedimentación en embalses y sus causas en embalses de la costa del Perú

La sedimentación es un proceso natural en los embalses, por lo tanto, en el diseño se debe considerar un volumen de azolves acorde a las características de la presa y de la cuenca en que está ubicada.

Las cuencas de la costa del Perú son altamente erosivas debido a su tipo de suelos, a la poca cobertura, a sus topografías escarpadas, y a lo vulnerables que son ante la presencia del Fenómeno El Niño.

El volumen muerto de diseño de las presas Gallito Ciego y Poechos, cuyos embalses son frontales respecto a ríos de la costa peruana, fueron rebasados después del Fenómeno El Niño de 1998, 11 y 22 años después de sus respectivas puestas en marcha. Si los embalses de estas presas hubieran sido laterales, se hubiera podido implementar un sistema de purga aguas arriba, de tal manera que los sedimentos producidos por la cuenca lleguen en menos porcentaje a los reservorios.

Entonces, se concluye que para condiciones de alto riesgo sedimentológico como el de la costa peruana, los embalses frontales no funcionan adecuadamente. Se recomienda que los siguientes reservorios a construir sean de tipo lateral, de forma tal que se les pueda implementar un sistema de captación y purga con eficiencias y diseños adecuados.

ii. Evaluar las potenciales causas y consecuencias de sedimentación del futuro embalse Palo Redondo

La presa Palo Redondo puede recibir sedimentos ocasionados por activación de la Quebrada Palo Redondo y por las constantes descargas del canal de alimentación. Las descargas del canal de alimentación dependen de la cuenca del río Santa y del sistema de captación Chavimochic.

Por un lado, el mayor riesgo en la Quebrada Palo Redondo sería la activación por causa de un Niño severo que ocasione una gran entrada de lodos a la presa.

Por otra parte, la cuenca del Santa ha sido identificada como una de las más erosivas en el Perú, con una degradación específica anual de 20 T/ha/año (ANA,2015) y una erosión que llega a 57.13 T/ha/año para años de fuertes lluvias. Para dar dimensión de lo alarmante de esta situación se expuso que la cuenca del Catamayo- Chira (aportadora del caudal sólido y líquido de la presa de Poechos) tiene una erosión específica de 13 T/ha/año.

Además, según INADE (2002) el 80% de las partículas en suspensión del río Santa son inferiores a 0.15mm por lo tanto el desarenador del Proyecto Chavimochic solo actúa

plenamente sobre el 20% del material ingresante. En consecuencia, para la tercera etapa del Proyecto, el mismo PECH estima la eficiencia del desarenador en 50% y Rocha, la estima en 32%.

Se concluye que el Proyecto tiene un sistema captación y purga deficiente que dejará susceptible a la presa ante la gran cantidad de sedimentos producidos por la cuenca del Santa.

iii. Evaluar la producción de sedimentos en la subcuenca Palo Redondo ante eventos extremos proponiendo medidas de estructurales de control

Si bien, el objetivo de la presente tesis es solo estudiar la producción de sedimentos de la subcuenca Palo Redondo ante tormentas, también se analizó el estudio de sedimentos originados por descargas anuales de la Quebrada realizado por el PECH.

El estudio de tormentas se realizó con el modelo Kineros obteniendo una tasa de erosión para un hietograma Tipo II, lo cual representaría un volumen de 6.6 MMC ingresando íntegramente a la presa por origen de tormentas. Cabe mencionar, que los datos ingresados a Kineros podrían ser mejores de contarse con mapas raster y grid más detallados, sobretodo en referencia al DEM para lo cual se recomienda un levantamiento topográfico de la subcuenca. Respecto a la tormenta con la que se evaluó el modelo, se estudió solo la PMP pues esta representa el evento más severo. No obstante, cabe mencionar que los datos con los cuales se calcula la PMP se basan en registros de estaciones vecinas pues desde el estudio de factibilidad de la presa realizado en el 90 hasta la actualidad, no se cuenta con estaciones en la subcuenca Palo Redondo.

El estudio de descargas anuales fue estimado por el PECH, bajo formulas simples y un análisis regional, en el que supusieron que, si bien Palo Redondo es una quebrada seca, esta puede originar anualmente caudales insignificantes con un alto contenido de sedimentos. Como resultado de dicho estudio, el PECH concluyó que llegaría a la presa 5.9 MMC de sedimentos.

Cabe mencionar que el PECH no estimó el volumen de sedimentos que llegarían a la presa en caso de eventos extremos como se analizó en la presente tesis. No obstante, sí analizó los caudales picos ante eventos extremos obteniendo un máximo de 445 m³/s (de caudal líquido) para la PMP, en contraste de los 778m³/s (de caudal líquido y sólido) obtenidos en la presente tesis. Dicha diferencia se basa en el tipo de distribución de lluvia considerada en cada caso (El PECH consideró una distribución Tipo I y la presente investigación una distribución Tipo II) y en que el obtenido de Kineros representa caudal líquido y sólido en conjunto. Ante ello se asume que el total de sedimentos que llegarían a la presa por causa de la Quebrada Palo Redondo corresponden a las dos causas anteriormente mencionadas, sumando 12.5 MMC.

En general, se concluye que el análisis de la producción de sedimentos en la Quebrada Palo Redondo tiene mucha incertidumbre ocasionada por la escasez de información de la zona.

iv. Evaluar la producción de sedimentos en zonas críticas de la cuenca del Río Santa

Se concluyó que, de todas las subcuencas del Santa, la más erosiva es la subcuenca de Tablachaca motivo por el cual se realizó un modelo SWAT que permita estimar la

cantidad de sedimentos que produce y su afectación en la tercera fase del Proyecto Chavimochic.

Cabe mencionar, que Tablachaca a diferencia de Palo Redondo, es una cuenca húmeda y de gran extensión por lo cual no se puede realizar un modelo tipo KINEROS (apropiado para análisis de tormenta de cuencas medianas y secas)

La respuesta del programa en el que se modeló SWAT depende de la serie histórica que se introduzca previamente. Entonces, para resultados más reales se requiere de una serie histórica más completa, reciente y larga. No obstante, en la actualidad, las estaciones climáticas en la cuenca de estudio son escasas y con información poco continua. Asimismo, no se encuentra (al menos no a disposición del usuario común) un registro histórico de variables climáticas como velocidad del viento, humedad relativa y radiación solar. Entonces, para introducir los valores estadísticos medios mensuales que el software requiere para simular los datos históricos faltantes mediante algún motor climático se tuvo que introducir valores aproximados correspondientes a zonas aledañas o dentro de la zona, pero basados en un rango de años alejado y escaso.

La situación descrita es una constante en la mayoría del territorio peruano, lo que conlleva a que los estudios hidrológicos en Perú se realicen con valores estimados muchas veces alejados de la realidad. En aquello radica la problemática de los grandes proyectos cuyas cuantiosas inversiones parecen no retribuir los resultados al pasar de los años cuando dichas obras se tienen que enfrentar a fenómenos hidrológicos recurrentes en nuestro país. No obstante, existen herramientas como la base de datos PISCO desarrollado por SENAMI, con datos sintéticos de precipitación tratados y validados, los cuales fueron usados en el presente trabajo conduciendo a los resultados esperado.

Enfocándonos nuevamente en el modelo, se obtuvo para la subcuenca de Tablachaca una producción anual de 297.7 Ton/Ha y un CES de 9.2% por medio el método de Avedaño (1994), con lo cual se obtiene una tasa de erosión anual media de 27.4 Ton/Ha . Mientras que, para toda la extensión de la cuenca del Santa, el ANA (2015) estimó una producción de 282 Ton/Ha/año , un CES de 7% y una tasa de erosión de 20 Ton/Ha . La diferencia en el coeficiente de entrega radica principalmente en la cantidad de ramificaciones de las redes hidrológicas y el área de cada cuenca (características perennes de la cuenca). Entonces, se concluye que para poder disminuir la tasa de sedimentos media producida por Tablachaca es necesario trabajar directamente en el manejo de esta subcuenca.

Por lo tanto, se propusieron algunos escenarios de cobertura como alternativas para disminuir la erosión en Tablachaca. El análisis de estos se realizó a través del cálculo del volumen de azolves proveniente del canal de alimentación bajo tres eficiencias promedio del desarenador. Se obtuvo que mejorando la calidad hidrológica de las coberturas actuales en Tablachaca, el volumen de azolves provenientes del canal se reduciría en un 21%. Asimismo, el volumen de azolves podría disminuir considerando un incremento en el área forestal. Si se forestara el 13.9%, 26.5% y 38% de Tablachaca, el volumen disminuiría en 24%, 32% y 35%, respectivamente.

Cabe mencionar que Morera (2011) realizó un estudio de la tasa de erosión y dinámica de los flujos de sedimentos en la cuenca del río Santa. En el estudio se estimó una tasa de erosión de 22.05 Ton/Ha/año para la subcuenta del río Tablachaca. Dicho resultado se basó en metodologías que emplearon ecuaciones estadísticas y registros de caudales de

líquidos y sólidos para las estaciones Condorcerro, Santa y Tablachaca. El primero con un registro de 1977 al 2009 y los dos últimos del 2001 al 2009. El resultado difiere del estimado en el presente estudio que calcula una tasa de erosión de 27.4 *Ton/Ha/año*. Esto debido a la diferencia de las metodologías empleadas: el presente realizó un modelo físicamente basado SWAT que representa la dinámica de la erosión específicamente en la subcuenta de Tablachaca y utilizó los registros históricos de las estaciones Condorcerro (1981-2016) y Tablachaca (2001- 2009) para la calibración y validación del modelo.

Comparando el cálculo del volumen muerto realizado por el PECH y el estimado en la presente Tesis, se encuentran varias diferencias. Chavimochic estima que el volumen muerto producto del canal de alimentación asciende a de 31,1 MMC. Mientras que el presente estudio calcula el volumen muerto para 3 tipos de eficiencia con los cuales se obtiene 88.6 MMC, 64 MMC y 48.2 MMC, correspondientes a eficiencias de 32%, 50%, y 61% respectivamente. Cabe mencionar que el cálculo para una eficiencia de 61% se basó en los registros del 2000 al 2010, los cuales no pueden ser considerados representativos, no obstante se tiene en cuenta en la presente tesis solo para comparar el cálculo que realizó Chavimochic.

Cabe mencionar que el volumen muerto de la presa corresponderá a las descargas provenientes del canal de alimentación y de la Quebrada Palo Redondo. Entonces, considerando el escenario actual de Tablachaca, se tendría un volumen muerto total de 101.1 MMC, 76.5MMC, y 60.7 MMC correspondientes a eficiencias de 32%, 50% y 61%, respectivamente. En contraste, el PECH estableció un volumen muerto de 37 MMC considerando una eficiencia del desarenador de 61%.

6.2. Recomendaciones

Se sugiere realizar un levantamiento topográfico en la subcuenca de Palo Redondo con el fin de mejorar el modelo Kineros, modelar el flujo de sedimentos hiperconcentrados usando un modelo hidráulico bidimensional. Asimismo, evaluar estrategias de control ante eventos extremos de tal manera que se proteja las áreas correspondientes a la Quebrada Palo Redondo incluyendo la presa del mismo nombre.

Los registros de caudales de 50 años generados por SAMS se basaron en estaciones históricas de años consecutivos sin diferenciarse los años húmedos, secos, y los correspondientes a eventos extraordinarios. Se recomienda realizar un análisis más exhaustivo al respecto, que consideré, además, la probabilidad de eventos extraordinarios y las consecuencias del cambio climático para lograr un registro de caudales más representativo en el tiempo de vida útil de la presa.

Se recomienda al Proyecto Chavimochic, realizar el cálculo para al menos una eficiencia de 50%, el cual es señalado por ellos mismos como la eficiencia característica de la tercera etapa del Proyecto. Asimismo, se recomienda observar los caudales de ingreso a la presa Palo Redondo, los cuales en ciertos meses no guardan relación con los registros de la estación Condorcerro.

Se aconseja modelar la presa Palo Redondo a fin de estimar con mayor sustento la eficiencia de retención de la misma.

Se recomienda a los próximos proyectos de embalses que se realicen varios estudios granulométricos de los caudales que ingresarán a los reservorios. Con ello, se espera obtener un análisis más representativo que reduzca la incertidumbre respecto a la capacidad de compactación que tendrán los sólidos depositados y el diseño de las infraestructuras de captación purga previas a la presa.

Respecto a la alta erosividad de Tablachaca, se sugiere hacer un análisis riguroso del costo de las medidas de manejo de cuenca a implementar para lograr los escenarios 3 y 5, propuestos en la presente tesis, de tal forma que se evalúe la conveniencia de estos sobre el no hacer nada.

Dado que el objetivo del estudio fue solo evaluar la producción de sedimentos en las subcuencas más importantes, se sugiere simular escenarios en toda la extensión de la cuenca del Santa.

La reducción de sedimentos calculada al modelar los diferentes escenarios en la subcuenca Tablachaca, sugiere que se haga el mismo análisis en el resto de la cuenca del Santa con el fin de reducir aún más la cantidad de sedimentos que llegarían a Palo Redondo.



Referencias

ANDINA. (18 de setiembre de 2014). Piden declarar en emergencia a Arequipa por problemática del agua”. Andina. Recuperado de: <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-piden-declarar-emergencia-a-arequipa-problematica-del-agua-523883.aspx>

Autoridad Nacional del Agua, 2015. Estudio de Evaluación de Recursos Hídricos en la Cuenca de Río Jequetepeque. Lima. ANA.

Autoridad Nacional del Agua. (2009). Estudio Hidrológico del Cuenca del Río Tablachaca. Ancash: ANA

Autoridad Nacional del Agua. (2015). Evaluación de recursos hídricos en la Cuenca del Santa. Huaraz: ANA.

Avedaño, C. (1994). La modelización matemática, ajuste y contraste del coeficiente de entrega de sedimentos a los embalses. Aplicación al cálculo de la erosión de cuencas fluviales. Madrid: Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.

Bayes, T. (2000). . Study of watershed erosion and reservoir sediment analysis. USA: Ohio University.

Bennett, J.P. (1974). Concepts of mathematical modeling of sediment yield. Water Resources Research 10 (3): 485-492.

Chamoun. (2016). Managing reservoir sedimentation by venting turbidity currents: A review. International Journal of Sediment Research, (31), pp 195-204.

CONAFOR. (2007). Manual de obras y practicas. Protección, restauración y conservación de suelos forestales (Capítulo 4). México: Comisión Nacional Forestal. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>

CONAFOR. (2017). Anexo 3.ort Costos unitarios promedios nacionales de las obras de restauración de suelos y reforestación, para proyectos de compensación ambiental por cambio de uso de suelo en terrenos forestales. México: Comisión Nacional Forestal. Recuperado de: http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=125651

Condori, Z. (3 de marzo de 2016). La República. Recuperado de: <http://larepublica.pe/impresa/sociedad/750616-la-mitad-de-la-presa-de-aguada-blanca-esta-copada-de-barro>

Corporación Nacional Forestal. (2011). Costos de recuperación de suelos degradados por hectárea. Santiago de Chile: CONAF.

Costa, J. (1988). Rheologic, Geomorphic and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows, and debris flow. (pp 113-122). In Flood geomorphology.

Díaz, A (2017). Modelación estocástica de los caudales en la Cuenca del río Santa. Lima: Universidad Agraria la Molina. Escuela de Posgrado Doctorado en Recursos Hídricos.

Duque, J. (2004). Control de erosión por revegetación con mantos de fibra natural. Ingeniería y medio ambiente, (5), pp.30-33

EcuRed. (2018). Cuenca Hidrográfica. Ecuador. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica

ENDESA (2011). Clases de erosión hídrica. Recuperado de : <https://slideplayer.es/slide/9210915/>

García, R. (2016). Alternativas para la estabilización de la Quebrada Cantuta II con fines de mitigación de Huaycos. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

García, M & Maza, J. (1985). Manual de Ingeniería de ríos. Cap 10: Transporte de sedimentos. México: UNAM.

García-Chevesich, P. (2008). Procesos y control de la erosión. Denver: Outskirts Press

Giraldo, D. (2008). Comparación financiera del pastoreo rotacional intensivo vs el pastoreo continuo para novillos de engorde en el departamento de Córdoba en la costa norte. colombiana. Colombia. Pp 6-8.

Gómez, D. (2012). Medición de los esfuerzos generados por un Flujo de detritos sobre una superficie plana. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Goor, A., Barney, C. (1976). Forest Tree Planting in arid zone 2ª Ed. New York: The Ronald Press Co. pp504.

Herschfield, D. (1970). Estimación de la máxima avenida probable. Journal of Hydraulics. ASCE, Vol.128.

INGEMMET. (1989). Estudio geodinámico de la cuenca del río Santa. Lima: INGEMMET.

Ingol, E., McKinney, D.C. (2013). Development of a Hydrological Model for the Conchos Basin. J. Hydrol. ASCE.

Instituto Forestal Nacional (2014). Rentabilidad de la Inversión en plantación de Eucalyptus con fines maderables. Paraguay: IFN

Instituto Nacional de Desarrollo. (2002). Plan de Gestión de la Oferta de agua en la Cuenca de Gestión Santa. Vol II. Tomo 2.4. Erosión y Sedimentación de la Cuenca Alta. Lima: INADE

IPCC. (2007). Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Informe del Grupo Gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Junes, D (2013). Sedimentación del Reservorio Poechos y propuesta de alternativas para su afianzamiento. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Llerena, C. (2003). Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación en el Perú. FAO Presentado en el Foro Regional sobre Sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), Arequipa, Perú, 9-12 junio 2003, durante el Tercer Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas.

- Lodoño, J. (2004). Mezclas ecológicas para el control de la erosión y estabilización de taludes. *Ingeniería y medio ambiente*, (5), p.25.
- López, J., Hernández, D., Peñaranda, C. (2007). Presas para el control de flujos torrenciales en el estado Vargas, Venezuela. Caracas: Departamento de Hidrometeorología, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.
- Merritt (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environmental Modelling & Software*. pp 761-799.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal- Memoria descriptiva. Lima: MINAM.
- Morera, S. (2010). Dinámica de producción de sedimentos en la cuenca del Río Santa. Lima: Universidad Agraria La Molina
- Morgan, R (2005). Soil erosion and conservation. Tercera Edición. UK: Blackwell Science
- Moriasi D.N. et al (2007). Model Evaluation Guidelines For Systematic Quantification of Accuracy In Watershed Simulations. Vol 50: 885-900. Michigan: ASABE
- Neitsch, S. Arnold, J. Kiniry, R. Srinivasan, J. Williams. (2002). Soil and Water Assessment Tool User's Manual. Versión 2000. Texas: Texas Water Resources Institute.
- Ordoñez, J. (2012). Cartilla técnica ¿Qué es una cuenca hidrográfica? Primera edición Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Ortiz (2015). Transporte de Sedimentos del río Jequetepeque y su impacto en la vida útil de la presa Gallito Ciego- Cajamarca, Perú. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pizarro, R (2004). Zanjales de Infiltración. Proyecto FDI-CORFO. Talca: Universidad de Talca - Chile.
- Proyecto Especial Chavimochic. (1990). Estudio de Factibilidad del Embalse Palo Redondo. Vol 2. Hidrología y Sedimentos. La Libertad: PECH
- Proyecto Especial Chavimochic. (2013). Estudio de Factibilidad del embalse Palo Redondo. Anexo 2. Vol 4. Transporte de sólidos. La Libertad: PECH.
- Proyecto Especial Chavimochic. (2013). Estudio de Factibilidad del Embalse Palo Redondo. Anexo 3. Vol 4. Geología y Geotecnia. La Libertad: PECH.
- Proyecto Especial Chavimochic. (2013). Estudio de Factibilidad del Embalse Palo Redondo. Anexo 8. Vol 4. Anteproyecto de Ingeniería. La Libertad: PECH.
- Proyecto Especial Chavimochic. (2018). Página web oficial del proyecto. Recuperado de: <http://www.chavimochic.gob.pe/iii-etapa>
- Proyecto Especial Chira-Piura (1981) Estudio Almacenamiento y Derivación "Chira-Piura" Diseño Final y detallado- sumario. Piura: ENERGOPROJEKT, Engineering Contracting Co.

Proyecto Especial Chira-Piura (2016). Batimetría del Embalse Poechos. Dirección de Operación y Mantenimiento. Documento de Trabajo. Piura: PECHP

Proyecto Especial Chira-Piura. (2018). Página web oficial del proyecto. Recuperado de: <http://www.chirapiura.gob.pe/>

Proyecto Especial Jequetepeque Zaña (2018). Proceso de sedimentación del embalse Gallito Ciego y Plan de acción para la seguridad y evacuación de sedimentos. Informes Tecnicos.Cajamarca: PEJEZA. Recuperado de: http://www.pejeza.gob.pe/pdf/SEDIMENTACION_EMBALSE_GC.pdf

Ríos, N. (2013). Estudio químico de sedimentos de la represa de Gallito Ciego como contribución al estudio de calidad ambiental del reservorio. Lima: PUCP.

Rocha, A. (1990). Transporte de Sedimentos aplicado al diseño de estructuras hidráulicas. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú

Rocha, A. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería

Rocha, A. (1999). Informe final del control del material solido en el sistema de aprovechamiento del P.E. Chavimochic-Diagnostico y Evaluación. La Libertad: PECH.

Rocha, A. (2004). Aspectos sedimentológicos del manejo de cuencas en zonas áridas sujetas al Fenómeno del Niño. II simposio Latioamericano de Control de la erosión. Lima. Recuperado de: http://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/Aspectos_sedimentologicos.pdf

Rocha, A. (2006). La problemática de la sedimentación de embalses en el aprovechamiento de los ríos peruanos aplicada al embalse de Poechos. Recuperado de: <http://apiperu.com.pe/Presentaciones/hidraulica/3-EMBALSES/C-ProblemáticaEmbalses>.

Rocha, A. (2011). Embalses Laterales y sus aspectos sedimentológicos. Recuperado de: http://apiperu.com.pe/wp-content/uploads/presentaciones/hidraulica/3-EMBALSES/A-Embalses_Laterales_Nuevo.pdf

Rocha, A. (2013) Meganiños de la Costa Norperuana en los últimos cinco siglos. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado: https://www.researchgate.net/publication/315643541_Meganinos_de_la_Costa_Norperuana_en_los_ultimos_cinco_siglos

Sánchez, J. (1985). Manual de Ingeniería de ríos. Cap 18: Sedimentación de embalses. México: UNAM.

Schmid, T. (2004). Tecnología de Revegetación de Suelos alterados mediante el uso de microorganismos del suelo. Ingeniería y medio ambiente, (5), p.19.

Stein, A. (1952). Mision Forestal de la Fao No 9. Santiago de Chile: FAO.

UNESCO. (2010). Proceso de erosión- sedimentación en cauces y cuencas. (N°22) Recuperado de: <http://www.unesco.org/phi>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2011). Características de la Cuenca del río Santa. Huaraz: UICN

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2011). Situación Actual y Rol de los Ecosistemas en la Regulación Hidrológica de la Cuenca del río Santa. Huaraz: UICN

Uribe, N. (2010). Conceptos básicos y guía rápida para el usuario, Versión SWAT 2005. Texas: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

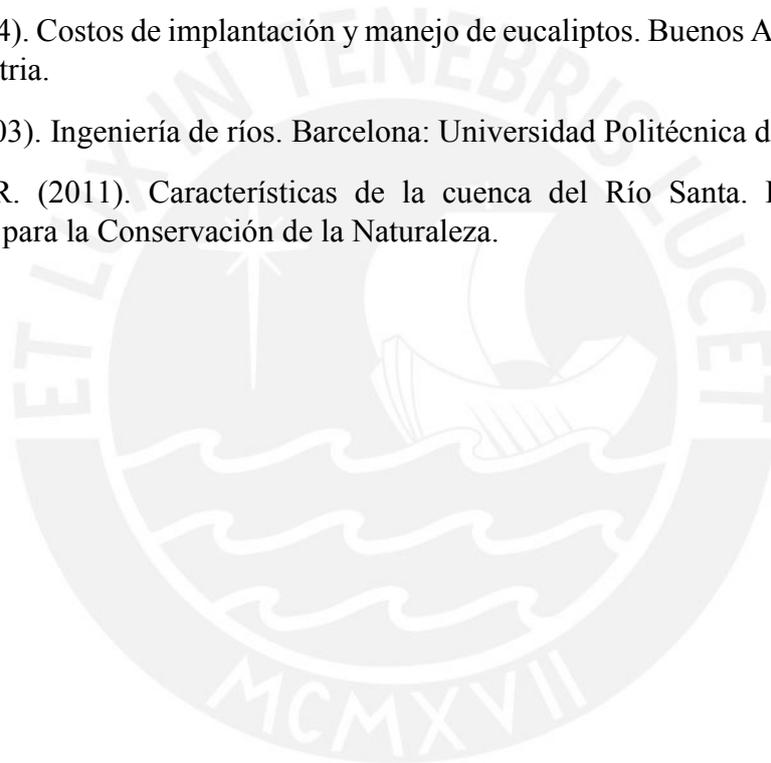
USDA (1990) Kinematic simulation of catchment runoff and erosion processes. USDA-USA.

Vanoni, V. (2006). Sedimentation engineering. Virginia: American Society of Civil Engineers

Vera, L. (2004). Costos de implantación y manejo de eucaliptos. Buenos Aires: Secretaria de Agroindustria.

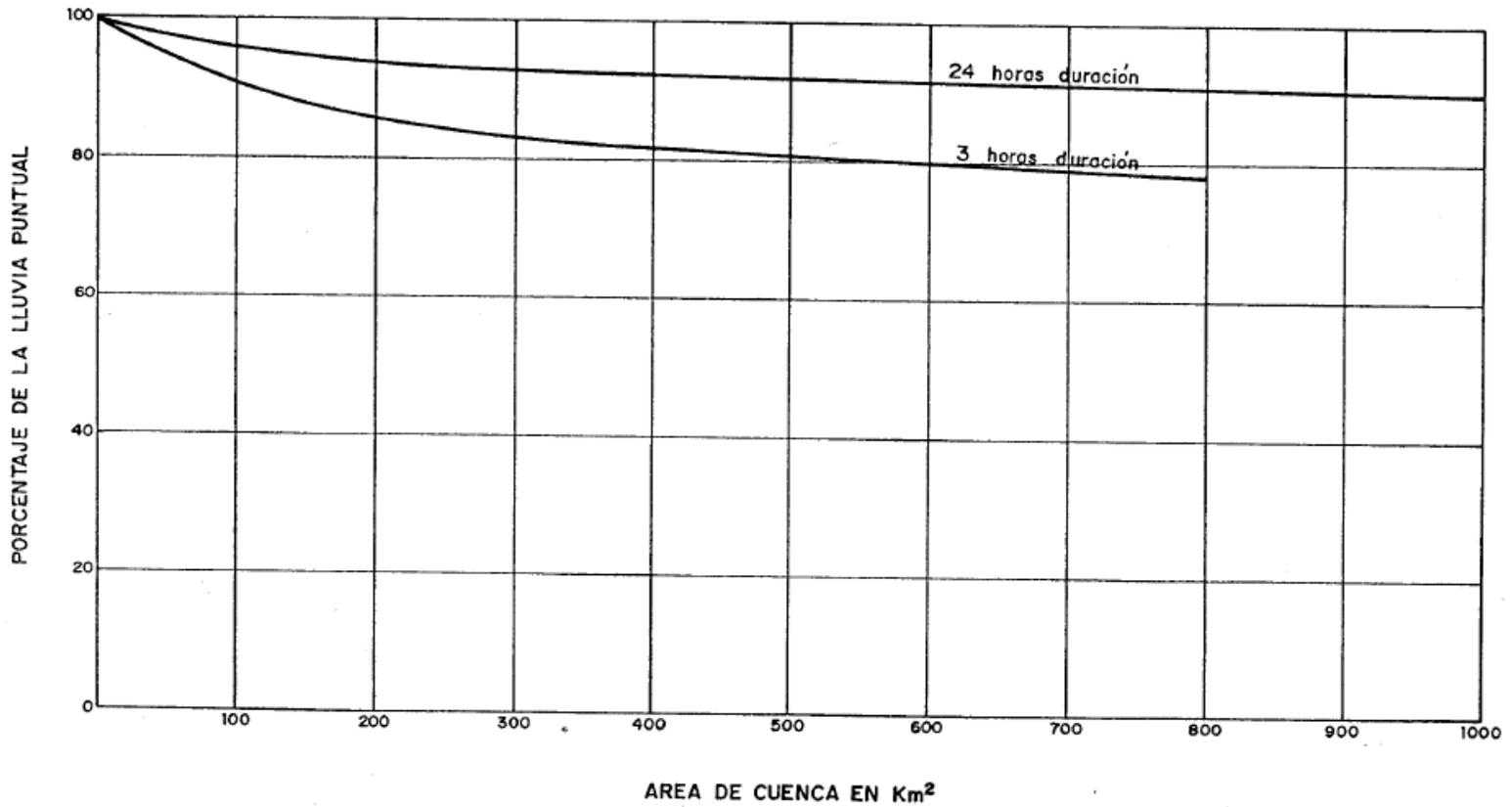
Vidé, M. (2003). Ingeniería de ríos. Barcelona: Universidad Politécnica de Barcelona

Villanueva, R. (2011). Características de la cuenca del Río Santa. Huaraz: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.



Anexo 1. Relación área de cuenca vs Porcentaje de lluvia Puntual

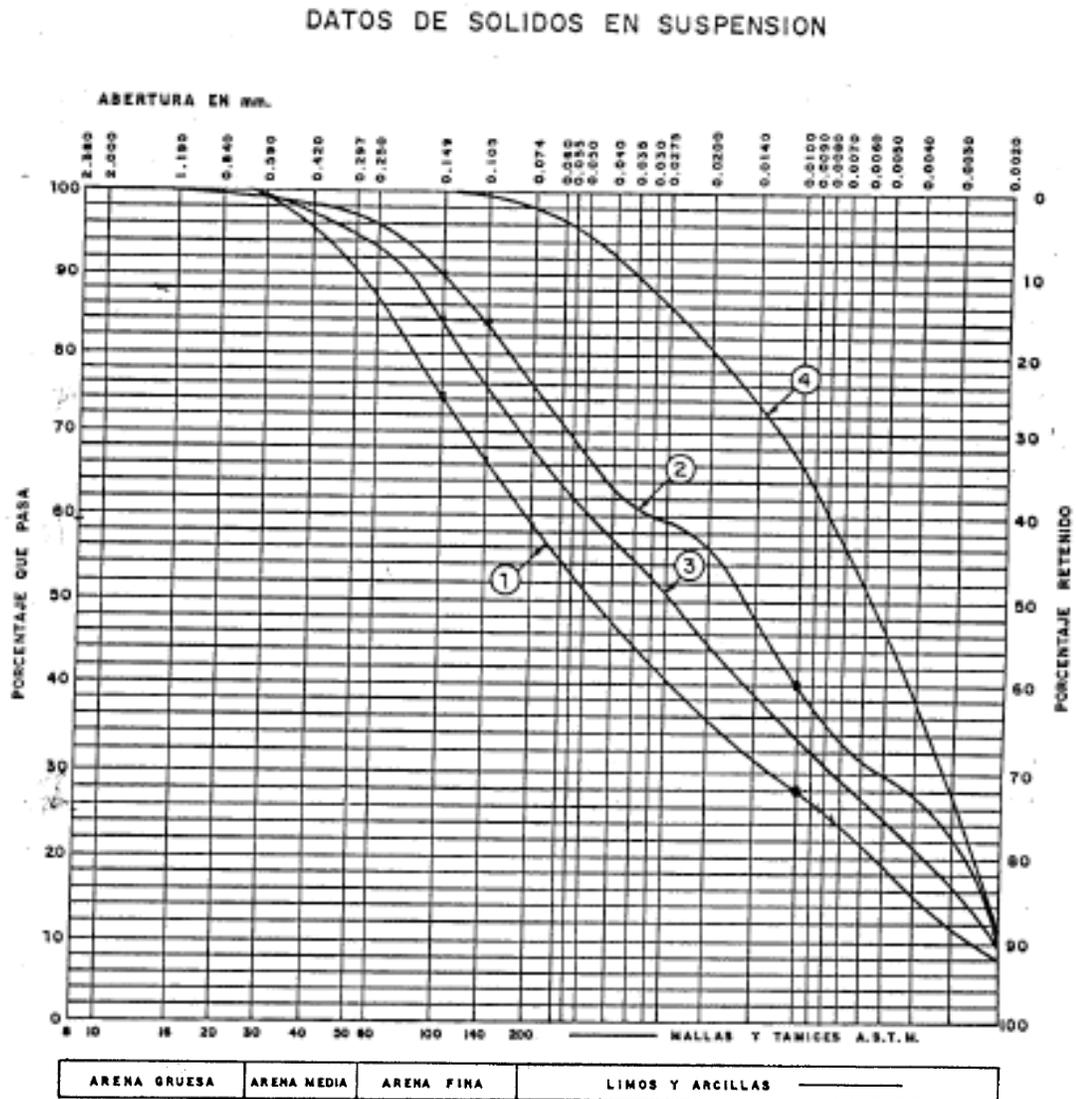
RELACION AREA DE CUENCA VERSUS $\frac{\text{LLUVIA SOBRE TODA LA CUENCA}}{\text{LLUVIA PUNTUAL}}$



Fuente: US. Weather Service, Lissley et Al (1974)

Anexo 2. Calculo de la Eficiencia del Desarenador

Anexo 2.a. Curva Granulométrica en la Estación Contorcerc



FUENTE: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD C.H. PAMPA BLANCA - ELECTROPERU - 1983

- NOTAS:**
- ① La curva corresponde a los muestreos acumulados del 12 de Enero al 26 de Febrero de 1982
 - ② La curva corresponde a los muestreos acumulados de Marzo a Mayo de 1982
 - ③ Curva promedio
 - ④ Curva teórica que resulta del desarenador según criterio de Camp.

**CANTIDAD DE SOLIDOS A LA SALIDA DEL DESARENADOR
SEGUN EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL EMBALSE DE PALO REDONDO**

Mes	Caudal Líquido que Sale del Desarenador (m3/s)		Concentración al Ingreso del Desarenador (kg/m3)	Sedimentos Captados en la Bocatoma (Mill. t/mes)		Sedimentos Retenidos en el Desarenador* (Mill. t/mes)		Sedimentos a la Salida del Desarenador (Mill. t/mes)		Concentración a la Salida del Desarenador (kg/m3)	
	Caso I	Caso II	Caso I y II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
Ene	74.50	76.78	3.40	0.750	0.770	0.390	0.400	0.360	0.370	1.80	1.80
Feb	73.46	80.86	5.40	1.060	1.160	0.550	0.600	0.510	0.560	2.87	2.86
Mar	64.15	81.88	6.30	1.210	1.520	0.630	0.790	0.580	0.730	3.38	3.33
Abr	48.89	81.60	3.80	0.550	0.880	0.290	0.460	0.260	0.420	2.05	1.99
May	39.23	62.08	0.82	0.100	0.150	0.040	0.050	0.060	0.100	0.57	0.60
Jun	29.80	35.70	0.29	0.030	0.030	0.010	0.010	0.020	0.020	0.26	0.22
Jul	25.39	25.57	0.23	0.020	0.020	0.010	0.010	0.010	0.010	0.15	0.15
Ago	23.98	23.98	0.16	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.010	0.16	0.16
Sep	27.61	27.61	0.44	0.040	0.040	0.010	0.010	0.030	0.030	0.42	0.42
Oct	42.13	42.12	1.24	0.170	0.170	0.060	0.070	0.110	0.100	0.97	0.89
Nov	54.98	55.39	1.61	0.260	0.260	0.090	0.100	0.170	0.160	1.19	1.11
Dic	66.68	67.54	1.81	0.360	0.370	0.190	0.190	0.170	0.180	0.95	1.00
Total (Millones t/año)				4.56	5.38	2.27	2.69	2.29	2.69		
Promedio por año	47.57	55.09	3.07	4.97		2.48		2.49		1.53	1.55
	51.33									1.54	

* La cantidad de sedimentos retenidos en el desarenador para cada mes, fue calculada considerando una eficiencia de retención de 52% para los meses de avenidas (diciembre-abril) y de 36 % para los meses de estiaje (mayo-noviembre).

- Eficiencia media de retención del desarenador para el caso I (%)	=	49.8
- Eficiencia media de retención del desarenador para el caso II (%)	=	50.0
Eficiencia Media (%)	=	49.9

Caso I : Prioritariamente para riego

Caso II : Para riego y para maximizar la generación hidroeléctrica

**CANTIDAD DE SOLIDOS A LA SALIDA DEL DESARENADOR (FASE 3)
CALCULO ALTERNATIVO**

Mes	Caudal Líquido que Sale del Desarenador (m3/s)		Concentración al Ingreso del Desarenador (kg/m3)	Sedimentos que Ingresan al Desarenador (Mill. t/mes)		Sedimentos Retenidos en el Desarenador (Mill. t/mes)*		Sedimentos a la Salida del Desarenador (Mill. t/mes)		Concentración a la Salida del Desarenador (kg/m3)	
	Caso I	Caso II	Caso I y II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II	Caso I	Caso II
Ene	74.50	76.78	3.40	0.678	0.699	0.208	0.213	0.470	0.487	2.36	2.37
Feb	73.46	80.86	5.40	0.960	1.056	0.297	0.313	0.662	0.744	3.73	3.80
Mar	64.15	81.88	6.30	1.082	1.382	0.355	0.406	0.727	0.975	4.23	4.45
Abr	48.89	81.60	3.80	0.482	0.804	0.172	0.236	0.309	0.567	2.44	2.68
May	39.23	62.08	0.82	0.086	0.136	0.033	0.045	0.053	0.091	0.51	0.55
Jun	29.80	35.70	0.29	0.022	0.027	0.009	0.011	0.013	0.016	0.17	0.18
Jul	25.39	25.57	0.23	0.016	0.016	0.007	0.007	0.009	0.009	0.13	0.13
Ago	23.98	23.98	0.16	0.010	0.010	0.004	0.004	0.006	0.006	0.09	0.09
Sep	27.61	27.61	0.44	0.031	0.031	0.013	0.013	0.018	0.018	0.26	0.26
Oct	42.13	42.12	1.24	0.140	0.140	0.053	0.053	0.087	0.087	0.77	0.77
Nov	54.98	55.39	1.61	0.229	0.231	0.079	0.080	0.150	0.151	1.05	1.05
Dic	66.68	67.54	1.81	0.323	0.327	0.104	0.105	0.219	0.223	1.23	1.23
Total (Millones t/año)				4.06	4.86	1.34	1.48	2.72	3.38		
Promedio por año	47.57	55.09	2.76	4.46		1.41		3.05		1.82	1.94
	51.33									1.88	

* La cantidad de sedimentos retenidos en el desarenador para cada mes, se ha calculado con las eficiencias de retención obtenida con el método de Camp, para cada mes.

- Eficiencia media de retención del desarenador para el caso I (%)	=	32.9
- Eficiencia media de retención del desarenador para el caso II (%)	=	30.5
Eficiencia media (%)	=	<u>31.7</u>

Caso I : Prioritariamente para riego

Caso II : Para riego y para maximizar la generación hidroeléctrica

Anexo 3. Factores Estadísticos de las Estaciones de calibración SWAT

ESTACIÓN CACHICADAN											
Mes	PCPmes	PCPdía	PCPstd	PCPskw	PCPD	PR-W1	PR-W2	TPTMX	TPTMXstd	TPTMN	TPTMNstd
Ene	322.90	10.42	5.66	2.14	30.30	0.29	0.99	21.18	1.87	9.51	2.11
Feb	183.06	6.49	5.64	2.19	17.30	0.30	0.81	19.09	1.86	8.88	2.07
Mar	236.69	7.64	5.59	2.18	23.30	0.47	0.85	18.79	1.87	8.78	2.03
Abr	130.34	4.34	5.53	2.21	15.70	0.30	0.73	19.18	1.87	8.04	1.98
May	39.97	1.29	5.48	2.23	5.60	0.13	0.43	19.20	1.88	7.09	1.97
Jun	8.82	0.29	5.48	2.23	2.00	0.05	0.30	18.77	1.88	6.64	1.98
Jul	3.22	0.10	5.48	2.23	1.10	0.02	0.45	18.80	1.88	6.47	2.00
Ago	5.07	0.16	5.48	2.23	1.00	0.02	0.30	19.29	1.87	7.14	2.01
Set	28.21	0.94	5.49	2.23	5.40	0.13	0.41	19.32	1.89	7.08	2.03
Oct	60.98	1.97	5.49	2.22	12.30	0.20	0.70	18.70	1.86	7.42	2.04
Nov	70.11	2.34	5.47	2.23	8.90	0.16	0.62	19.00	1.86	7.38	2.04
Dic	105.08	3.39	5.51	2.28	12.80	0.20	0.71	18.82	1.86	8.10	2.05

ESTACION MOLLEPATA											
Mes	PCPmes	PCPdía	PCPstd	PCPskw	PCPD	PR-W1	PR-W2	TPTMX	TPTMXstd	TPTMN	TPTMNstd
Ene	92.27	2.98	4.00	3.90	13.80	0.24	0.70	21.18	1.87	9.51	2.11
Feb	124.51	4.42	3.95	3.98	16.70	0.34	0.77	19.09	1.86	8.88	2.07
Mar	170.10	5.49	3.91	3.90	21.90	0.38	0.84	18.79	1.87	8.78	2.03
Abr	54.20	1.81	3.82	3.97	13.80	0.34	0.60	19.18	1.87	8.04	1.98
May	15.70	0.51	3.82	3.99	4.50	0.11	0.33	19.20	1.88	7.09	1.97
Jun	3.32	0.11	3.82	3.99	1.50	0.04	0.27	18.77	1.88	6.64	1.98
Jul	1.16	0.04	3.82	3.99	0.80	-	1.00	18.80	1.88	6.47	2.00
Ago	1.19	0.04	3.82	3.99	0.70	0.02	0.29	19.29	1.87	7.14	2.01
Set	11.11	0.37	3.82	3.99	4.20	0.12	0.29	19.32	1.89	7.08	2.03
Oct	42.32	1.23	3.83	3.96	11.00	0.18	0.68	18.70	1.86	7.42	2.04
Nov	41.62	1.39	3.83	3.97	10.00	0.22	0.57	19.00	1.86	7.38	2.04
Dic	65.13	2.10	3.82	3.96	13.70	0.29	0.63	18.82	1.86	8.10	2.05

ESTACIÓN HUAMARCANGA

Mes	PCPmes	PCPdía	PCPstd	PCPskw	PCPD	PR-W1	PR-W2	TPTMX	TPTMXstd	TPTMN	TPTMNstd
Ene	136.30	4.40	5.05	2.34	18.20	0.23	0.84	21.18	1.87	9.51	2.11
Feb	196.25	6.96	5.08	2.43	21.70	0.42	0.88	19.09	1.86	8.88	2.07
Mar	252.71	8.15	5.18	2.42	27.20	0.61	0.92	18.79	1.87	8.78	2.03
Abr	119.51	3.98	5.21	2.42	20.80	0.39	0.83	19.18	1.87	8.04	1.98
May	46.28	1.49	5.21	2.45	9.70	0.22	0.52	19.20	1.88	7.09	1.97
Jun	15.50	0.52	5.20	2.45	6.10	0.17	0.33	18.77	1.88	6.64	1.98
Jul	9.30	0.30	5.20	2.46	4.00	0.09	0.40	18.80	1.88	6.47	2.00
Ago	6.12	0.20	5.20	2.45	2.90	0.06	0.38	19.29	1.87	7.14	2.01
Set	36.21	1.21	5.20	2.45	9.80	0.21	0.56	19.32	1.89	7.08	2.03
Oct	86.73	2.80	5.26	2.43	15.10	0.23	0.76	18.70	1.86	7.42	2.04
Nov	75.73	2.52	5.26	2.44	14.10	0.23	0.74	19.00	1.86	7.38	2.04
Dic	147.58	4.76	5.27	2.43	19.60	0.25	0.85	18.82	1.86	8.10	2.05



Anexo 4. Calculo del Volumen muerto proveniente del canal para el Escenario 1

Eficiencia Desarenador 32%

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
1	ENE	31	173.53	64.79	2.28	396.08	99.02	297.06	1,124.81	0.26	0.26
	FEB	29	156.74	62.55	4.67	731.34	182.84	548.51	1,005.98	0.55	0.81
	MAR	31	173.53	64.79	6.45	1,118.80	279.70	839.10	1,039.93	0.81	1.62
	ABR	30	167.93	64.79	3.53	592.29	148.07	444.22	1,057.90	0.42	2.04
	MAY	31	173.53	64.79	1.28	221.93	55.48	166.44	1,175.91	0.14	2.18
	JUN	30	118.09	45.56	0.33	39.43	9.86	29.57	1,175.91	0.03	2.20
	JUL	31	76.45	28.54	0.17	13.30	3.32	9.97	1,175.91	0.01	2.21
	AGO	31	74.28	27.73	0.17	12.37	3.09	9.28	1,175.91	0.01	2.22
	SEP	30	67.47	26.03	0.14	9.73	2.43	7.30	1,175.91	0.01	2.23
	OCT	31	79.56	29.70	0.18	14.69	3.67	11.02	1,175.91	0.01	2.23
	NOV	30	167.93	64.79	0.88	147.45	36.86	110.59	1,175.91	0.09	2.33
	DIC	31	173.53	64.79	1.07	185.22	46.30	138.91	1,054.52	0.13	2.46
2	ENE	31	173.53	64.79	2.06	357.38	89.34	268.03	1,127.83	0.24	2.70
	FEB	29	156.74	62.55	1.94	303.66	75.91	227.74	1,129.37	0.20	2.90
	MAR	31	173.53	64.79	4.42	767.73	191.93	575.80	1,130.84	0.51	3.41
	ABR	30	167.93	64.79	3.57	599.26	149.81	449.44	1,132.24	0.40	3.81
	MAY	31	161.38	60.25	0.53	86.09	21.52	64.57	1,133.58	0.06	3.86
	JUN	30	114.33	44.11	0.32	36.37	9.09	27.28	1,134.87	0.02	3.89
	JUL	31	104.12	38.87	0.28	28.78	7.20	21.59	1,136.11	0.02	3.91
	AGO	31	86.48	32.29	0.21	18.10	4.52	13.57	1,137.30	0.01	3.92
	SEP	30	83.69	32.29	0.20	16.67	4.17	12.50	1,138.45	0.01	3.93
	OCT	31	173.53	64.79	0.69	119.38	29.84	89.53	1,139.56	0.08	4.01
	NOV	30	167.93	64.79	1.01	170.08	42.52	127.56	1,140.63	0.11	4.12
	DIC	31	173.53	64.79	1.08	186.66	46.66	139.99	1,141.67	0.12	4.24
3	ENE	31	173.53	64.79	1.33	229.99	57.50	172.49	1,142.68	0.15	4.39
	FEB	29	156.74	62.55	3.64	569.86	142.47	427.40	1,143.65	0.37	4.77
	MAR	31	173.53	64.79	5.61	973.04	243.26	729.78	1,144.60	0.64	5.41
	ABR	30	167.93	64.79	2.45	411.24	102.81	308.43	1,145.53	0.27	5.68
	MAY	31	173.53	64.79	1.36	236.73	59.18	177.54	1,146.43	0.15	5.83
	JUN	30	118.64	45.77	0.34	39.89	9.97	29.92	1,147.30	0.03	5.86

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	JUL	31	80.28	29.97	0.19	15.02	3.76	11.27	1,148.16	0.01	5.87
	AGO	31	75.35	28.13	0.17	12.83	3.21	9.62	1,148.99	0.01	5.87
	SEP	30	73.09	28.20	0.16	11.89	2.97	8.91	1,149.80	0.01	5.88
	OCT	31	111.16	41.50	0.30	33.90	8.48	25.43	1,150.60	0.02	5.90
	NOV	30	167.93	64.79	0.90	151.61	37.90	113.71	1,151.38	0.10	6.00
	DIC	31	173.53	64.79	1.63	283.66	70.91	212.74	1,152.14	0.18	6.19
4	ENE	31	173.53	64.79	2.20	382.20	95.55	286.65	1,152.88	0.25	6.44
	FEB	29	156.74	62.55	1.24	194.28	48.57	145.71	1,153.61	0.13	6.56
	MAR	31	173.53	64.79	4.42	766.71	191.68	575.03	1,154.32	0.50	7.06
	ABR	30	167.93	64.79	3.21	539.59	134.90	404.69	1,155.02	0.35	7.41
	MAY	31	173.53	64.79	1.18	205.41	51.35	154.06	1,155.70	0.13	7.54
	JUN	30	107.59	41.51	0.29	31.24	7.81	23.43	1,156.37	0.02	7.56
	JUL	31	89.71	33.49	0.22	19.83	4.96	14.87	1,157.03	0.01	7.58
	AGO	31	73.47	27.43	0.16	12.04	3.01	9.03	1,157.68	0.01	7.59
	SEP	30	75.21	29.02	0.17	12.77	3.19	9.57	1,158.32	0.01	7.59
	OCT	31	131.62	49.14	0.39	51.71	12.93	38.78	1,158.94	0.03	7.63
	NOV	30	136.10	52.51	0.41	56.23	14.06	42.17	1,159.55	0.04	7.66
	DIC	31	173.53	64.79	0.67	116.04	29.01	87.03	1,160.16	0.08	7.75
5	ENE	31	173.53	64.79	1.12	193.82	48.45	145.36	1,160.75	0.13	7.87
	FEB	29	156.74	62.55	1.02	159.26	39.82	119.45	1,161.33	0.12	7.99
	MAR	31	173.53	64.79	2.06	357.28	89.32	267.96	1,161.91	0.26	8.25
	ABR	30	167.93	64.79	1.02	171.07	42.77	128.30	1,162.47	0.12	8.37
	MAY	31	149.39	55.77	0.48	70.97	17.74	53.23	1,163.03	0.05	8.42
	JUN	30	68.11	26.28	0.15	9.96	2.49	7.47	1,163.57	0.01	8.42
	JUL	31	63.09	23.56	0.13	8.23	2.06	6.17	1,164.11	0.01	8.43
	AGO	31	53.25	19.88	0.10	5.38	1.35	4.04	1,164.65	0.00	8.43
	SEP	30	68.92	26.59	0.15	10.26	2.57	7.70	1,165.17	0.01	8.44
	OCT	31	90.59	33.82	0.22	20.32	5.08	15.24	1,165.68	0.01	8.45
	NOV	30	83.05	32.04	0.20	16.36	4.09	12.27	1,166.19	0.01	8.46
	DIC	31	173.53	64.79	1.00	173.47	43.37	130.10	1,166.70	0.12	8.58
6	ENE	31	173.53	64.79	1.84	319.88	79.97	239.91	1,167.19	0.21	8.80
	FEB	29	156.74	62.55	2.53	396.60	99.15	297.45	1,167.68	0.30	9.09
	MAR	31	173.53	64.79	2.99	519.65	129.91	389.74	1,168.16	0.37	9.47
	ABR	30	167.93	64.79	1.37	229.89	57.47	172.42	1,168.64	0.16	9.63

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	MAY	31	173.53	64.79	0.78	135.98	33.99	101.98	1,169.10	0.09	9.72
	JUN	30	81.75	31.54	0.19	15.72	3.93	11.79	1,169.57	0.01	9.73
	JUL	31	70.85	26.45	0.16	10.99	2.75	8.24	1,170.02	0.01	9.74
	AGO	31	67.24	25.11	0.14	9.65	2.41	7.24	1,170.48	0.01	9.74
	SEP	30	66.56	25.68	0.14	9.41	2.35	7.05	1,170.92	0.01	9.75
	OCT	31	103.50	38.64	0.27	28.35	7.09	21.27	1,171.36	0.02	9.77
	NOV	30	133.00	51.31	0.40	53.08	13.27	39.81	1,171.80	0.03	9.80
	DIC	31	173.53	64.79	0.67	115.61	28.90	86.71	1,172.23	0.08	9.88
7	ENE	31	173.53	64.79	1.33	230.98	57.74	173.23	1,172.65	0.15	10.04
	FEB	29	156.74	62.55	4.18	654.62	163.66	490.97	1,173.08	0.49	10.52
	MAR	31	173.53	64.79	5.20	902.60	225.65	676.95	1,173.49	0.65	11.17
	ABR	30	167.93	64.79	3.32	558.25	139.56	418.69	1,173.90	0.40	11.57
	MAY	31	173.53	64.79	0.63	109.37	27.34	82.03	1,174.31	0.07	11.64
	JUN	30	77.42	29.87	0.18	13.72	3.43	10.29	1,174.71	0.01	11.65
	JUL	31	71.41	26.66	0.16	11.21	2.80	8.41	1,175.11	0.01	11.66
	AGO	31	67.19	25.08	0.14	9.63	2.41	7.22	1,175.50	0.01	11.66
	SEP	30	61.72	23.81	0.13	7.79	1.95	5.84	1,175.89	0.00	11.67
	OCT	31	158.42	59.15	0.52	82.19	20.55	61.64	1,176.28	0.05	11.72
	NOV	30	125.15	48.28	0.36	45.59	11.40	34.19	1,176.66	0.03	11.75
	DIC	31	173.53	64.79	0.80	138.48	34.62	103.86	1,177.04	0.10	11.85
8	ENE	31	173.53	64.79	2.67	463.74	115.94	347.81	1,177.41	0.31	12.16
	FEB	29	156.74	62.55	4.71	737.79	184.45	553.34	1,177.78	0.55	12.71
	MAR	31	173.53	64.79	6.66	1,155.87	288.97	866.90	1,178.15	0.83	13.54
	ABR	30	167.93	64.79	4.50	755.89	188.97	566.92	1,178.51	0.54	14.08
	MAY	31	173.53	64.79	0.78	135.37	33.84	101.53	1,178.87	0.09	14.16
	JUN	30	123.74	47.74	0.36	44.31	11.08	33.24	1,179.22	0.03	14.19
	JUL	31	98.52	36.78	0.25	25.07	6.27	18.80	1,179.57	0.02	14.21
	AGO	31	91.95	34.33	0.23	21.10	5.27	15.82	1,179.92	0.01	14.22
	SEP	30	87.69	33.83	0.21	18.74	4.68	14.05	1,180.27	0.01	14.23
	OCT	31	173.53	64.79	0.66	114.26	28.56	85.69	1,180.61	0.07	14.30
	NOV	30	167.93	64.79	0.63	105.75	26.44	79.31	1,180.95	0.07	14.37
	DIC	31	173.53	64.79	1.17	203.18	50.80	152.39	1,181.29	0.14	14.52
9	ENE	31	173.53	64.79	3.51	609.36	152.34	457.02	1,181.62	0.41	14.92
	FEB	29	156.74	62.55	4.91	769.73	192.43	577.29	1,181.95	0.57	15.50

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	MAR	31	173.53	64.79	6.62	1,148.57	287.14	861.43	1,182.28	0.83	16.32
	ABR	30	167.93	64.79	4.72	792.63	198.16	594.47	1,182.60	0.56	16.89
	MAY	31	173.53	64.79	1.13	195.32	48.83	146.49	1,182.93	0.12	17.01
	JUN	30	117.57	45.36	0.33	39.00	9.75	29.25	1,183.24	0.02	17.04
	JUL	31	98.52	36.78	0.25	25.07	6.27	18.80	1,183.56	0.02	17.05
	AGO	31	89.88	33.56	0.22	19.93	4.98	14.94	1,183.87	0.01	17.06
	SEP	30	84.31	32.53	0.20	16.98	4.25	12.74	1,184.19	0.01	17.08
	OCT	31	161.65	60.35	0.53	86.44	21.61	64.83	1,184.49	0.06	17.13
	NOV	30	136.10	52.51	0.41	56.23	14.06	42.17	1,184.80	0.04	17.17
	DIC	31	173.53	64.79	0.76	132.20	33.05	99.15	1,185.10	0.09	17.26
10	ENE	31	173.53	64.79	3.17	549.67	137.42	412.25	1,185.41	0.37	17.63
	FEB	29	156.74	62.55	2.02	316.14	79.04	237.11	1,185.70	0.24	17.86
	MAR	31	173.53	64.79	3.35	580.49	145.12	435.37	1,186.00	0.42	18.28
	ABR	30	167.93	64.79	1.43	239.99	60.00	179.99	1,186.29	0.17	18.45
	MAY	31	168.06	62.75	0.57	95.27	23.82	71.45	1,186.59	0.06	18.51
	JUN	30	102.17	39.42	0.27	27.46	6.86	20.59	1,186.88	0.02	18.53
	JUL	31	90.73	33.87	0.22	20.40	5.10	15.30	1,187.16	0.01	18.54
	AGO	31	78.39	29.27	0.18	14.16	3.54	10.62	1,187.45	0.01	18.55
	SEP	30	74.49	28.74	0.17	12.46	3.11	9.34	1,187.73	0.01	18.56
	OCT	31	99.83	37.27	0.26	25.91	6.48	19.43	1,188.01	0.02	18.58
	NOV	30	167.93	64.79	0.58	97.04	24.26	72.78	1,188.29	0.06	18.64
	DIC	31	173.53	64.79	0.96	166.43	41.61	124.82	1,188.57	0.12	18.76
11	ENE	31	173.53	64.79	2.36	409.33	102.33	307.00	1,188.84	0.27	19.03
	FEB	29	156.74	62.55	2.74	430.13	107.53	322.60	1,189.11	0.32	19.35
	MAR	31	173.53	64.79	3.25	564.43	141.11	423.32	1,189.39	0.41	19.76
	ABR	30	167.93	64.79	2.20	369.08	92.27	276.81	1,189.65	0.26	20.02
	MAY	31	95.48	35.65	0.24	23.18	5.79	17.38	1,189.92	0.01	20.04
	JUN	30	81.86	31.58	0.19	15.78	3.94	11.83	1,190.19	0.01	20.05
	JUL	31	74.62	27.86	0.17	12.51	3.13	9.39	1,190.45	0.01	20.05
	AGO	31	68.96	25.75	0.15	10.28	2.57	7.71	1,190.71	0.01	20.06
	SEP	30	75.25	29.03	0.17	12.78	3.20	9.59	1,190.97	0.01	20.07
	OCT	31	112.11	41.86	0.31	34.62	8.66	25.97	1,191.23	0.02	20.09
	NOV	30	167.93	64.79	0.58	97.99	24.50	73.49	1,191.48	0.06	20.15
	DIC	31	173.53	64.79	1.12	193.77	48.44	145.32	1,191.74	0.14	20.29

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
12	ENE	31	173.53	64.79	1.91	332.22	83.06	249.17	1,191.99	0.22	20.51
	FEB	29	156.74	62.55	2.52	395.10	98.78	296.33	1,192.24	0.29	20.81
	MAR	31	173.53	64.79	2.94	510.31	127.58	382.73	1,192.49	0.37	21.18
	ABR	30	167.93	64.79	1.65	277.35	69.34	208.01	1,192.74	0.20	21.37
	MAY	31	156.55	58.45	0.51	79.79	19.95	59.85	1,192.98	0.05	21.42
	JUN	30	86.57	33.40	0.21	18.14	4.54	13.61	1,193.23	0.01	21.44
	JUL	31	80.28	29.97	0.19	15.02	3.76	11.27	1,193.47	0.01	21.45
	AGO	31	75.30	28.11	0.17	12.80	3.20	9.60	1,193.71	0.01	21.45
	SEP	30	116.88	45.09	0.33	38.43	9.61	28.82	1,193.95	0.02	21.48
	OCT	31	97.14	36.27	0.25	24.20	6.05	18.15	1,194.19	0.02	21.49
	NOV	30	167.93	64.79	1.38	231.54	57.88	173.65	1,194.43	0.15	21.64
	DIC	31	173.53	64.79	1.46	253.56	63.39	190.17	1,194.66	0.18	21.82
13	ENE	31	173.53	64.79	2.67	463.74	115.94	347.81	1,194.90	0.31	22.13
	FEB	29	108.24	43.20	0.29	31.72	7.93	23.79	1,195.13	0.02	22.16
	MAR	31	173.53	64.79	0.88	152.99	38.25	114.74	1,195.36	0.11	22.27
	ABR	30	155.39	59.95	0.50	78.31	19.58	58.74	1,195.59	0.06	22.32
	MAY	31	86.10	32.15	0.21	17.90	4.48	13.43	1,195.82	0.01	22.33
	JUN	30	85.09	32.83	0.20	17.38	4.34	13.03	1,196.05	0.01	22.34
	JUL	31	82.33	30.74	0.19	16.00	4.00	12.00	1,196.27	0.01	22.35
	AGO	31	82.33	30.74	0.19	16.00	4.00	12.00	1,196.50	0.01	22.36
	SEP	30	84.41	32.56	0.20	17.03	4.26	12.77	1,196.72	0.01	22.37
	OCT	31	147.47	55.06	0.47	68.72	17.18	51.54	1,196.94	0.04	22.42
	NOV	30	167.93	64.79	0.64	107.05	26.76	80.29	1,197.16	0.07	22.49
	DIC	31	173.53	64.79	0.96	165.84	41.46	124.38	1,197.38	0.12	22.60
14	ENE	31	173.53	64.79	1.37	237.88	59.47	178.41	1,197.60	0.16	22.76
	FEB	29	156.74	62.55	1.54	241.57	60.39	181.17	1,197.81	0.18	22.94
	MAR	31	173.53	64.79	1.80	311.55	77.89	233.66	1,198.03	0.22	23.17
	ABR	30	167.93	64.79	2.44	409.27	102.32	306.95	1,198.24	0.29	23.46
	MAY	31	173.53	64.79	0.85	147.08	36.77	110.31	1,198.46	0.09	23.55
	JUN	30	103.10	39.77	0.27	28.08	7.02	21.06	1,198.67	0.02	23.57
	JUL	31	85.31	31.85	0.21	17.49	4.37	13.12	1,198.88	0.01	23.58
	AGO	31	70.85	26.45	0.16	10.99	2.75	8.24	1,199.09	0.01	23.59
	SEP	30	82.03	31.65	0.19	15.86	3.96	11.89	1,199.30	0.01	23.60
	OCT	31	133.70	49.92	0.40	53.78	13.45	40.34	1,199.50	0.03	23.63

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	NOV	30	163.48	63.07	0.54	88.91	22.23	66.68	1,199.71	0.06	23.69
	DIC	31	116.94	43.66	0.33	38.48	9.62	28.86	1,199.92	0.03	23.72
15	ENE	31	173.53	64.79	1.63	283.08	70.77	212.31	1,200.12	0.19	23.91
	FEB	29	156.74	62.55	0.62	97.07	24.27	72.81	1,200.32	0.07	23.98
	MAR	31	173.53	64.79	3.87	671.13	167.78	503.35	1,200.52	0.48	24.46
	ABR	30	167.93	64.79	3.58	600.44	150.11	450.33	1,200.72	0.43	24.89
	MAY	31	173.53	64.79	0.89	154.14	38.54	115.61	1,200.92	0.10	24.99
	JUN	30	104.65	40.37	0.28	29.15	7.29	21.86	1,201.12	0.02	25.00
	JUL	31	74.98	27.99	0.17	12.67	3.17	9.50	1,201.32	0.01	25.01
	AGO	31	67.19	25.08	0.14	9.63	2.41	7.22	1,201.52	0.01	25.02
	SEP	30	72.72	28.05	0.16	11.73	2.93	8.80	1,201.71	0.01	25.03
	OCT	31	173.53	64.79	0.77	133.32	33.33	99.99	1,201.91	0.09	25.11
	NOV	30	156.34	60.32	0.51	79.52	19.88	59.64	1,202.10	0.05	25.16
	DIC	31	165.51	61.80	0.55	91.71	22.93	68.78	1,202.29	0.07	25.23
16	ENE	31	173.53	64.79	0.78	135.87	33.97	101.90	1,202.48	0.09	25.32
	FEB	29	156.74	62.55	0.68	107.31	26.83	80.48	1,202.68	0.08	25.40
	MAR	31	173.53	64.79	4.43	768.16	192.04	576.12	1,202.87	0.55	25.95
	ABR	30	167.93	64.79	2.38	398.96	99.74	299.22	1,203.05	0.28	26.23
	MAY	31	173.53	64.79	1.44	249.67	62.42	187.25	1,203.24	0.16	26.39
	JUN	30	80.37	31.01	0.19	15.07	3.77	11.30	1,203.43	0.01	26.40
	JUL	31	75.88	28.33	0.17	13.05	3.26	9.79	1,203.61	0.01	26.41
	AGO	31	73.00	27.25	0.16	11.85	2.96	8.88	1,203.80	0.01	26.42
	SEP	30	71.78	27.69	0.16	11.36	2.84	8.52	1,203.98	0.01	26.43
	OCT	31	148.59	55.48	0.47	70.02	17.51	52.52	1,204.17	0.04	26.47
	NOV	30	167.93	64.79	1.44	241.28	60.32	180.96	1,204.35	0.15	26.63
	DIC	31	173.53	64.79	1.76	305.14	76.28	228.85	1,204.53	0.22	26.84
17	ENE	31	173.53	64.79	1.55	268.47	67.12	201.35	1,204.71	0.18	27.02
	FEB	29	156.74	62.55	1.34	210.74	52.69	158.06	1,204.89	0.16	27.18
	MAR	31	173.53	64.79	2.92	506.01	126.50	379.51	1,205.07	0.36	27.54
	ABR	30	167.93	64.79	1.68	281.96	70.49	211.47	1,205.25	0.20	27.74
	MAY	31	125.34	46.80	0.37	45.76	11.44	34.32	1,205.43	0.03	27.77
	JUN	30	86.93	33.54	0.21	18.33	4.58	13.75	1,205.60	0.01	27.78
	JUL	31	75.92	28.35	0.17	13.07	3.27	9.80	1,205.78	0.01	27.79
	AGO	31	75.35	28.13	0.17	12.83	3.21	9.62	1,205.95	0.01	27.80

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	SEP	30	85.71	33.07	0.21	17.70	4.42	13.27	1,206.13	0.01	27.81
	OCT	31	132.19	49.36	0.40	52.28	13.07	39.21	1,206.30	0.03	27.84
	NOV	30	167.93	64.79	0.74	124.75	31.19	93.56	1,206.48	0.08	27.92
	DIC	31	173.53	64.79	1.63	282.58	70.64	211.93	1,206.65	0.20	28.13
18	ENE	31	173.53	64.79	2.47	428.28	107.07	321.21	1,206.82	0.29	28.41
	FEB	29	156.74	62.55	4.99	782.14	195.54	586.61	1,206.99	0.58	28.99
	MAR	31	173.53	64.79	5.61	972.82	243.21	729.62	1,207.16	0.70	29.70
	ABR	30	167.93	64.79	0.79	132.25	33.06	99.19	1,207.33	0.09	29.79
	MAY	31	170.85	63.79	0.58	99.28	24.82	74.46	1,207.49	0.06	29.85
	JUN	30	90.59	34.95	0.22	20.32	5.08	15.24	1,207.66	0.01	29.87
	JUL	31	80.26	29.96	0.19	15.02	3.75	11.26	1,207.83	0.01	29.88
	AGO	31	70.85	26.45	0.16	10.99	2.75	8.24	1,207.99	0.01	29.88
	SEP	30	79.25	30.57	0.18	14.55	3.64	10.91	1,208.16	0.01	29.89
	OCT	31	94.77	35.38	0.24	22.75	5.69	17.06	1,208.32	0.01	29.91
	NOV	30	167.93	64.79	0.69	115.22	28.80	86.41	1,208.49	0.07	29.98
	DIC	31	173.53	64.79	0.91	157.63	39.41	118.22	1,208.65	0.11	30.09
19	ENE	31	173.53	64.79	0.86	148.98	37.24	111.73	1,208.81	0.10	30.19
	FEB	29	156.74	62.55	2.87	449.51	112.38	337.13	1,208.98	0.34	30.53
	MAR	31	173.53	64.79	8.00	1,388.98	347.24	1,041.73	1,209.14	1.00	31.53
	ABR	30	167.93	64.79	3.11	522.89	130.72	392.16	1,209.30	0.37	31.90
	MAY	31	173.53	64.79	1.36	236.78	59.19	177.58	1,209.46	0.15	32.05
	JUN	30	146.30	56.44	0.46	67.36	16.84	50.52	1,209.62	0.04	32.09
	JUL	31	105.34	39.33	0.28	29.64	7.41	22.23	1,209.77	0.02	32.11
	AGO	31	83.65	31.23	0.20	16.65	4.16	12.49	1,209.93	0.01	32.12
	SEP	30	93.63	36.12	0.24	22.07	5.52	16.55	1,210.09	0.01	32.14
	OCT	31	153.09	57.16	0.49	75.46	18.86	56.59	1,210.25	0.05	32.19
	NOV	30	167.93	64.79	1.38	231.64	57.91	173.73	1,210.40	0.15	32.33
	DIC	31	173.53	64.79	3.23	561.29	140.32	420.97	1,210.56	0.40	32.73
20	ENE	31	173.53	64.79	2.20	382.07	95.52	286.55	1,210.71	0.25	32.99
	FEB	29	156.74	62.55	1.43	224.75	56.19	168.57	1,210.87	0.17	33.16
	MAR	31	173.53	64.79	1.77	306.33	76.58	229.75	1,211.02	0.22	33.38
	ABR	30	167.93	64.79	0.96	162.05	40.51	121.54	1,211.17	0.11	33.49
	MAY	31	173.53	64.79	0.62	107.01	26.75	80.26	1,211.32	0.07	33.56
	JUN	30	68.56	26.45	0.15	10.13	2.53	7.59	1,211.48	0.01	33.57

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	JUL	31	63.30	23.63	0.13	8.30	2.07	6.22	1,211.63	0.01	33.57
	AGO	31	69.13	25.81	0.15	10.34	2.58	7.75	1,211.78	0.01	33.58
	SEP	30	69.94	26.98	0.15	10.64	2.66	7.98	1,211.93	0.01	33.58
	OCT	31	127.06	47.44	0.37	47.35	11.84	35.51	1,212.08	0.03	33.61
	NOV	30	167.93	64.79	1.45	244.27	61.07	183.20	1,212.23	0.16	33.77
	DIC	31	173.53	64.79	1.63	283.66	70.91	212.74	1,212.37	0.20	33.97
21	ENE	31	173.53	64.79	2.20	382.33	95.58	286.75	1,212.52	0.25	34.23
	FEB	29	156.74	62.55	1.00	157.04	39.26	117.78	1,212.67	0.12	34.34
	MAR	31	173.53	64.79	2.26	392.00	98.00	294.00	1,212.81	0.28	34.63
	ABR	30	167.93	64.79	0.62	103.73	25.93	77.80	1,212.96	0.07	34.70
	MAY	31	173.53	64.79	1.04	180.66	45.17	135.50	1,213.11	0.12	34.82
	JUN	30	112.06	43.23	0.31	34.59	8.65	25.94	1,213.25	0.02	34.84
	JUL	31	79.62	29.73	0.18	14.72	3.68	11.04	1,213.39	0.01	34.85
	AGO	31	76.50	28.56	0.17	13.32	3.33	9.99	1,213.54	0.01	34.86
	SEP	30	72.68	28.04	0.16	11.72	2.93	8.79	1,213.68	0.01	34.86
	OCT	31	57.56	21.49	0.11	6.54	1.64	4.91	1,213.82	0.00	34.87
	NOV	30	140.28	54.12	0.43	60.64	15.16	45.48	1,213.97	0.04	34.91
	DIC	31	173.53	64.79	1.34	232.19	58.05	174.14	1,214.11	0.17	35.07
22	ENE	31	173.53	64.79	1.09	188.59	47.15	141.44	1,214.25	0.13	35.20
	FEB	29	156.74	62.55	3.95	619.64	154.91	464.73	1,214.39	0.46	35.66
	MAR	31	173.53	64.79	2.92	506.01	126.50	379.51	1,214.53	0.36	36.02
	ABR	30	167.93	64.79	1.88	315.01	78.75	236.26	1,214.67	0.22	36.25
	MAY	31	173.53	64.79	0.66	115.24	28.81	86.43	1,214.81	0.07	36.32
	JUN	30	76.96	29.69	0.18	13.52	3.38	10.14	1,214.95	0.01	36.33
	JUL	31	64.53	24.09	0.13	8.70	2.18	6.53	1,215.08	0.01	36.33
	AGO	31	64.53	24.09	0.13	8.70	2.18	6.53	1,215.22	0.01	36.34
	SEP	30	73.51	28.36	0.16	12.06	3.01	9.04	1,215.36	0.01	36.35
	OCT	31	94.91	35.43	0.24	22.83	5.71	17.12	1,215.50	0.01	36.36
	NOV	30	167.93	64.79	0.62	103.84	25.96	77.88	1,215.63	0.07	36.43
	DIC	31	173.53	64.79	1.06	183.75	45.94	137.81	1,215.77	0.13	36.56
23	ENE	31	173.53	64.79	4.81	834.32	208.58	625.74	1,215.90	0.56	37.12
	FEB	29	156.74	62.55	9.37	1,468.77	367.19	1,101.58	1,216.04	1.10	38.21
	MAR	31	173.53	64.79	11.70	2,030.87	507.72	1,523.15	1,216.17	1.46	39.68
	ABR	30	167.93	64.79	5.45	915.74	228.94	686.81	1,216.31	0.65	40.33

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	MAY	31	173.53	64.79	1.11	192.84	48.21	144.63	1,216.44	0.12	40.45
	JUN	30	126.88	48.95	0.37	47.18	11.80	35.39	1,216.57	0.03	40.48
	JUL	31	88.01	32.86	0.21	18.91	4.73	14.18	1,216.70	0.01	40.49
	AGO	31	89.71	33.49	0.22	19.83	4.96	14.87	1,216.84	0.01	40.50
	SEP	30	91.73	35.39	0.23	20.97	5.24	15.73	1,216.97	0.01	40.52
	OCT	31	173.53	64.79	0.73	125.81	31.45	94.36	1,217.10	0.08	40.60
	NOV	30	167.93	64.79	1.01	170.08	42.52	127.56	1,217.23	0.11	40.70
	DIC	31	173.53	64.79	1.16	201.84	50.46	151.38	1,217.36	0.14	40.85
24	ENE	31	173.53	64.79	2.51	436.42	109.10	327.31	1,217.49	0.29	41.14
	FEB	29	156.74	62.55	2.56	400.65	100.16	300.49	1,217.62	0.30	41.44
	MAR	31	173.53	64.79	1.70	295.66	73.91	221.74	1,217.75	0.21	41.65
	ABR	30	167.93	64.79	2.82	474.14	118.54	355.61	1,217.88	0.34	41.99
	MAY	31	173.53	64.79	0.68	117.95	29.49	88.46	1,218.00	0.08	42.06
	JUN	30	110.89	42.78	0.30	33.69	8.42	25.27	1,218.13	0.02	42.08
	JUL	31	91.95	34.33	0.23	21.10	5.27	15.82	1,218.26	0.01	42.10
	AGO	31	71.58	26.73	0.16	11.28	2.82	8.46	1,218.39	0.01	42.10
	SEP	30	78.29	30.21	0.18	14.11	3.53	10.58	1,218.51	0.01	42.11
	OCT	31	147.37	55.02	0.47	68.60	17.15	51.45	1,218.64	0.04	42.16
	NOV	30	167.93	64.79	1.44	242.15	60.54	181.61	1,218.76	0.15	42.31
	DIC	31	173.53	64.79	1.63	283.57	70.89	212.68	1,218.89	0.20	42.51
25	ENE	31	173.53	64.79	1.00	174.37	43.59	130.78	1,219.01	0.12	42.63
	FEB	29	156.74	62.55	2.19	343.44	85.86	257.58	1,219.14	0.26	42.88
	MAR	31	173.53	64.79	6.99	1,213.03	303.26	909.78	1,219.26	0.87	43.76
	ABR	30	167.93	64.79	4.19	703.25	175.81	527.43	1,219.38	0.50	44.26
	MAY	31	173.53	64.79	1.59	275.09	68.77	206.32	1,219.51	0.18	44.43
	JUN	30	139.97	54.00	0.43	60.31	15.08	45.23	1,219.63	0.04	44.47
	JUL	31	105.36	39.34	0.28	29.65	7.41	22.24	1,219.75	0.02	44.49
	AGO	31	95.29	35.58	0.24	23.06	5.77	17.30	1,219.88	0.01	44.51
	SEP	30	96.79	37.34	0.25	23.98	6.00	17.99	1,220.00	0.02	44.52
	OCT	31	143.75	53.67	0.45	64.47	16.12	48.35	1,220.12	0.04	44.56
	NOV	30	167.93	64.79	0.75	125.27	31.32	93.96	1,220.24	0.08	44.64
	DIC	31	173.53	64.79	1.63	282.58	70.64	211.93	1,220.36	0.20	44.84
26	ENE	31	173.53	64.79	2.36	409.33	102.33	307.00	1,220.48	0.27	45.12
	FEB	29	156.74	62.55	3.68	577.36	144.34	433.02	1,220.60	0.43	45.55

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	MAR	31	173.53	64.79	4.54	787.52	196.88	590.64	1,220.72	0.57	46.11
	ABR	30	167.93	64.79	1.80	302.58	75.64	226.93	1,220.84	0.21	46.33
	MAY	31	173.53	64.79	0.68	117.85	29.46	88.38	1,220.96	0.08	46.40
	JUN	30	78.75	30.38	0.18	14.32	3.58	10.74	1,221.07	0.01	46.41
	JUL	31	72.73	27.15	0.16	11.74	2.93	8.80	1,221.19	0.01	46.42
	AGO	31	70.79	26.43	0.15	10.97	2.74	8.23	1,221.31	0.01	46.43
	SEP	30	89.82	34.65	0.22	19.90	4.97	14.92	1,221.43	0.01	46.44
	OCT	31	97.02	36.22	0.25	24.12	6.03	18.09	1,221.54	0.02	46.45
	NOV	30	167.93	64.79	0.75	125.21	31.30	93.90	1,221.66	0.08	46.53
	DIC	31	173.53	64.79	1.14	198.34	49.59	148.76	1,221.78	0.14	46.68
27	ENE	31	173.53	64.79	1.57	272.08	68.02	204.06	1,221.89	0.18	46.86
	FEB	29	156.74	62.55	2.75	430.65	107.66	322.99	1,222.01	0.32	47.18
	MAR	31	173.53	64.79	6.34	1,100.08	275.02	825.06	1,222.12	0.79	47.97
	ABR	30	167.93	64.79	3.96	664.62	166.16	498.47	1,222.24	0.47	48.44
	MAY	31	169.76	63.38	0.58	97.70	24.42	73.27	1,222.35	0.06	48.50
	JUN	30	112.26	43.31	0.31	34.74	8.69	26.06	1,222.47	0.02	48.53
	JUL	31	87.82	32.79	0.21	18.81	4.70	14.10	1,222.58	0.01	48.54
	AGO	31	81.58	30.46	0.19	15.64	3.91	11.73	1,222.69	0.01	48.55
	SEP	30	109.51	42.25	0.30	32.66	8.16	24.49	1,222.81	0.02	48.57
	OCT	31	164.67	61.48	0.55	90.54	22.64	67.91	1,222.92	0.06	48.63
	NOV	30	149.97	57.86	0.48	71.67	17.92	53.75	1,223.03	0.05	48.67
	DIC	31	173.53	64.79	0.76	132.20	33.05	99.15	1,223.14	0.09	48.77
28	ENE	31	173.53	64.79	0.89	154.24	38.56	115.68	1,223.26	0.10	48.87
	FEB	29	156.74	62.55	2.88	450.74	112.69	338.06	1,223.37	0.34	49.21
	MAR	31	173.53	64.79	3.37	585.13	146.28	438.85	1,223.48	0.42	49.63
	ABR	30	167.93	64.79	0.84	141.67	35.42	106.25	1,223.59	0.10	49.73
	MAY	31	173.53	64.79	0.68	117.99	29.50	88.49	1,223.70	0.08	49.80
	JUN	30	85.50	32.99	0.21	17.59	4.40	13.19	1,223.81	0.01	49.81
	JUL	31	75.35	28.13	0.17	12.83	3.21	9.62	1,223.92	0.01	49.82
	AGO	31	79.65	29.74	0.18	14.73	3.68	11.05	1,224.03	0.01	49.83
	SEP	30	90.01	34.73	0.22	20.00	5.00	15.00	1,224.14	0.01	49.84
	OCT	31	135.94	50.76	0.41	56.07	14.02	42.05	1,224.25	0.04	49.88
	NOV	30	167.93	64.79	1.40	235.83	58.96	176.87	1,224.36	0.15	50.03
DIC	31	173.53	64.79	1.88	327.04	81.76	245.28	1,224.47	0.23	50.26	

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
29	ENE	31	173.53	64.79	1.13	195.32	48.83	146.49	1,224.57	0.13	50.39
	FEB	29	87.22	34.81	0.21	18.48	4.62	13.86	1,224.68	0.01	50.41
	MAR	31	173.53	64.79	1.37	238.04	59.51	178.53	1,224.79	0.17	50.58
	ABR	30	167.93	64.79	1.29	216.20	54.05	162.15	1,224.90	0.15	50.73
	MAY	31	140.63	52.51	0.43	61.03	15.26	45.77	1,225.00	0.04	50.77
	JUN	30	93.72	36.16	0.24	22.13	5.53	16.59	1,225.11	0.01	50.78
	JUL	31	80.82	30.18	0.19	15.28	3.82	11.46	1,225.22	0.01	50.79
	AGO	31	75.16	28.06	0.17	12.75	3.19	9.56	1,225.32	0.01	50.80
	SEP	30	81.89	31.59	0.19	15.79	3.95	11.84	1,225.43	0.01	50.81
	OCT	31	115.34	43.06	0.32	37.18	9.29	27.88	1,225.53	0.02	50.84
	NOV	30	167.93	64.79	0.85	142.65	35.66	106.99	1,225.64	0.09	50.93
	DIC	31	173.53	64.79	2.50	433.14	108.29	324.86	1,225.74	0.31	51.24
30	ENE	31	173.53	64.79	2.44	422.88	105.72	317.16	1,225.85	0.28	51.52
	FEB	29	156.74	62.55	3.21	502.54	125.63	376.90	1,225.95	0.37	51.89
	MAR	31	173.53	64.79	3.03	526.01	131.50	394.51	1,226.06	0.38	52.27
	ABR	30	167.93	64.79	1.03	172.39	43.10	129.29	1,226.16	0.12	52.39
	MAY	31	173.53	64.79	0.78	136.14	34.04	102.11	1,226.26	0.09	52.48
	JUN	30	124.13	47.89	0.36	44.67	11.17	33.50	1,226.37	0.03	52.51
	JUL	31	94.78	35.39	0.24	22.76	5.69	17.07	1,226.47	0.01	52.52
	AGO	31	90.27	33.70	0.22	20.15	5.04	15.11	1,226.57	0.01	52.54
	SEP	30	84.45	32.58	0.20	17.05	4.26	12.79	1,226.67	0.01	52.55
	OCT	31	173.53	64.79	0.74	129.02	32.26	96.77	1,226.78	0.08	52.63
	NOV	30	167.93	64.79	0.98	163.89	40.97	122.92	1,226.88	0.10	52.73
	DIC	31	173.53	64.79	1.17	203.18	50.80	152.39	1,226.98	0.14	52.88
31	ENE	31	173.53	64.79	1.92	332.45	83.11	249.34	1,227.08	0.22	53.10
	FEB	29	156.74	62.55	2.07	324.64	81.16	243.48	1,227.18	0.24	53.34
	MAR	31	173.53	64.79	2.43	421.37	105.34	316.03	1,227.28	0.30	53.65
	ABR	30	167.93	64.79	0.89	149.87	37.47	112.40	1,227.38	0.11	53.75
	MAY	31	171.63	64.08	0.59	100.41	25.10	75.30	1,227.48	0.06	53.82
	JUN	30	81.52	31.45	0.19	15.61	3.90	11.71	1,227.58	0.01	53.83
	JUL	31	74.00	27.63	0.17	12.26	3.06	9.19	1,227.68	0.01	53.84
	AGO	31	72.15	26.94	0.16	11.50	2.88	8.63	1,227.78	0.01	53.84
	SEP	30	86.12	33.23	0.21	17.91	4.48	13.43	1,227.88	0.01	53.85
	OCT	31	119.64	44.67	0.34	40.74	10.18	30.55	1,227.98	0.03	53.88

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	NOV	30	167.93	64.79	0.75	125.27	31.32	93.96	1,228.08	0.08	53.96
	DIC	31	113.17	42.25	0.31	35.45	8.86	26.59	1,228.18	0.03	53.98
32	ENE	31	173.53	64.79	1.42	247.12	61.78	185.34	1,228.28	0.16	54.15
	FEB	29	156.74	62.55	3.06	479.89	119.97	359.92	1,228.38	0.36	54.51
	MAR	31	173.53	64.79	3.58	621.51	155.38	466.13	1,228.47	0.45	54.96
	ABR	30	167.93	64.79	1.76	295.85	73.96	221.89	1,228.57	0.21	55.17
	MAY	31	173.53	64.79	0.66	114.45	28.61	85.84	1,228.67	0.07	55.24
	JUN	30	108.10	41.71	0.29	31.62	7.90	23.71	1,228.77	0.02	55.26
	JUL	31	97.55	36.42	0.25	24.46	6.11	18.34	1,228.86	0.02	55.27
	AGO	31	90.76	33.89	0.22	20.42	5.11	15.32	1,228.96	0.01	55.29
	SEP	30	91.06	35.13	0.23	20.59	5.15	15.44	1,229.06	0.01	55.30
	OCT	31	99.95	37.32	0.26	25.99	6.50	19.49	1,229.15	0.02	55.32
	NOV	30	167.93	64.79	1.05	175.76	43.94	131.82	1,229.25	0.11	55.43
	DIC	31	173.53	64.79	1.63	283.66	70.91	212.74	1,229.34	0.20	55.63
33	ENE	31	173.53	64.79	0.59	103.22	25.80	77.41	1,229.44	0.07	55.70
	FEB	29	156.74	62.55	1.05	163.94	40.99	122.96	1,229.53	0.12	55.82
	MAR	31	173.53	64.79	3.42	594.34	148.58	445.75	1,229.63	0.43	56.25
	ABR	30	167.93	64.79	1.88	315.85	78.96	236.89	1,229.72	0.22	56.48
	MAY	31	173.53	64.79	0.63	109.26	27.32	81.95	1,229.82	0.07	56.55
	JUN	30	122.40	47.22	0.35	43.13	10.78	32.35	1,229.91	0.03	56.57
	JUL	31	92.40	34.50	0.23	21.36	5.34	16.02	1,230.01	0.01	56.59
	AGO	31	76.43	28.54	0.17	13.29	3.32	9.97	1,230.10	0.01	56.60
	SEP	30	84.54	32.62	0.20	17.10	4.27	12.82	1,230.19	0.01	56.61
	OCT	31	134.85	50.35	0.41	54.95	13.74	41.21	1,230.29	0.04	56.64
	NOV	30	167.93	64.79	0.96	160.76	40.19	120.57	1,230.38	0.10	56.74
	DIC	31	173.53	64.79	0.98	170.33	42.58	127.75	1,230.47	0.12	56.87
34	ENE	31	173.53	64.79	1.32	229.33	57.33	172.00	1,230.57	0.15	57.02
	FEB	29	156.74	62.55	4.33	678.32	169.58	508.74	1,230.66	0.51	57.52
	MAR	31	173.53	64.79	5.65	980.16	245.04	735.12	1,230.75	0.71	58.23
	ABR	30	167.93	64.79	4.93	827.89	206.97	620.91	1,230.84	0.59	58.82
	MAY	31	173.53	64.79	1.57	271.83	67.96	203.87	1,230.93	0.17	58.99
	JUN	30	113.82	43.91	0.32	35.96	8.99	26.97	1,231.03	0.02	59.01
	JUL	31	92.14	34.40	0.23	21.21	5.30	15.90	1,231.12	0.01	59.03
	AGO	31	82.16	30.68	0.19	15.92	3.98	11.94	1,231.21	0.01	59.04

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	SEP	30	68.74	26.52	0.15	10.19	2.55	7.65	1,231.30	0.01	59.05
	OCT	31	107.04	39.97	0.29	30.85	7.71	23.13	1,231.39	0.02	59.07
	NOV	30	77.58	29.93	0.18	13.79	3.45	10.34	1,231.48	0.01	59.07
	DIC	31	173.53	64.79	0.89	153.96	38.49	115.47	1,231.57	0.11	59.18
35	ENE	31	173.53	64.79	1.72	297.79	74.45	223.34	1,231.66	0.20	59.38
	FEB	29	156.74	62.55	1.91	299.53	74.88	224.64	1,231.75	0.22	59.61
	MAR	31	173.53	64.79	3.17	550.38	137.59	412.78	1,231.84	0.40	60.00
	ABR	30	167.93	64.79	2.97	498.55	124.64	373.91	1,231.93	0.35	60.36
	MAY	31	173.53	64.79	1.38	238.84	59.71	179.13	1,232.02	0.15	60.51
	JUN	30	120.85	46.62	0.35	41.77	10.44	31.33	1,232.11	0.03	60.53
	JUL	31	90.74	33.88	0.22	20.41	5.10	15.31	1,232.20	0.01	60.55
	AGO	31	91.71	34.24	0.23	20.96	5.24	15.72	1,232.29	0.01	60.56
	SEP	30	106.71	41.17	0.29	30.61	7.65	22.96	1,232.38	0.02	60.58
	OCT	31	154.93	57.84	0.50	77.74	19.44	58.31	1,232.46	0.05	60.63
	NOV	30	127.01	49.00	0.37	47.30	11.83	35.48	1,232.55	0.03	60.66
	DIC	31	173.53	64.79	1.04	181.00	45.25	135.75	1,232.64	0.13	60.79
36	ENE	31	173.53	64.79	1.24	215.57	53.89	161.68	1,232.73	0.14	60.93
	FEB	29	156.74	62.55	2.24	351.67	87.92	263.76	1,232.82	0.26	61.20
	MAR	31	173.53	64.79	7.94	1,376.99	344.25	1,032.74	1,232.90	0.99	62.19
	ABR	30	167.93	64.79	4.00	671.89	167.97	503.92	1,232.99	0.48	62.66
	MAY	31	173.53	64.79	1.18	204.64	51.16	153.48	1,233.08	0.13	62.80
	JUN	30	148.41	57.26	0.47	69.82	17.45	52.36	1,233.16	0.04	62.84
	JUL	31	89.71	33.49	0.22	19.83	4.96	14.87	1,233.25	0.01	62.85
	AGO	31	85.94	32.08	0.21	17.81	4.45	13.36	1,233.34	0.01	62.86
	SEP	30	77.92	30.06	0.18	13.95	3.49	10.46	1,233.42	0.01	62.87
	OCT	31	173.53	64.79	0.62	107.71	26.93	80.78	1,233.51	0.07	62.94
	NOV	30	167.93	64.79	0.75	125.27	31.32	93.96	1,233.59	0.08	63.02
	DIC	31	173.53	64.79	0.89	154.76	38.69	116.07	1,233.68	0.11	63.13
37	ENE	31	173.53	64.79	0.98	169.78	42.45	127.34	1,233.77	0.11	63.25
	FEB	29	87.22	34.81	0.21	18.48	4.62	13.86	1,233.85	0.01	63.26
	MAR	31	173.53	64.79	2.28	395.42	98.86	296.57	1,233.94	0.29	63.54
	ABR	30	167.93	64.79	1.96	328.43	82.11	246.32	1,234.02	0.23	63.78
	MAY	31	151.95	56.73	0.49	74.06	18.51	55.54	1,234.10	0.05	63.82
	JUN	30	77.09	29.74	0.18	13.58	3.39	10.18	1,234.19	0.01	63.83

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	JUL	31	71.58	26.73	0.16	11.28	2.82	8.46	1,234.27	0.01	63.84
	AGO	31	68.87	25.71	0.15	10.24	2.56	7.68	1,234.36	0.01	63.85
	SEP	30	79.59	30.71	0.18	14.71	3.68	11.03	1,234.44	0.01	63.86
	OCT	31	173.53	64.79	0.62	107.34	26.84	80.51	1,234.53	0.07	63.92
	NOV	30	167.93	64.79	0.59	98.99	24.75	74.25	1,234.61	0.06	63.99
	DIC	31	173.53	64.79	2.49	432.04	108.01	324.03	1,234.69	0.31	64.29
38	ENE	31	173.53	64.79	1.91	332.22	83.06	249.17	1,234.78	0.22	64.52
	FEB	29	156.74	62.55	1.92	301.11	75.28	225.83	1,234.86	0.22	64.74
	MAR	31	173.53	64.79	2.67	463.80	115.95	347.85	1,234.94	0.33	65.07
	ABR	30	167.93	64.79	1.48	248.54	62.14	186.41	1,235.02	0.18	65.25
	MAY	31	94.31	35.21	0.24	22.48	5.62	16.86	1,235.11	0.01	65.26
	JUN	30	80.55	31.08	0.19	15.15	3.79	11.36	1,235.19	0.01	65.27
	JUL	31	77.56	28.96	0.18	13.79	3.45	10.34	1,235.27	0.01	65.28
	AGO	31	76.50	28.56	0.17	13.32	3.33	9.99	1,235.35	0.01	65.29
	SEP	30	96.23	37.12	0.25	23.63	5.91	17.73	1,235.44	0.02	65.31
	OCT	31	89.86	33.55	0.22	19.92	4.98	14.94	1,235.52	0.01	65.32
	NOV	30	154.35	59.55	0.50	77.02	19.25	57.76	1,235.60	0.05	65.37
	DIC	31	173.53	64.79	0.85	147.60	36.90	110.70	1,235.68	0.10	65.47
39	ENE	31	173.53	64.79	0.89	154.72	38.68	116.04	1,235.76	0.10	65.58
	FEB	29	156.74	62.55	3.59	562.35	140.59	421.76	1,235.84	0.42	66.00
	MAR	31	173.53	64.79	4.20	728.49	182.12	546.37	1,235.92	0.53	66.52
	ABR	30	167.93	64.79	2.13	358.49	89.62	268.87	1,236.00	0.25	66.77
	MAY	31	143.35	53.52	0.45	64.02	16.00	48.01	1,236.08	0.04	66.82
	JUN	30	108.01	41.67	0.29	31.55	7.89	23.66	1,236.16	0.02	66.84
	JUL	31	82.52	30.81	0.20	16.10	4.02	12.07	1,236.24	0.01	66.85
	AGO	31	82.41	30.77	0.19	16.04	4.01	12.03	1,236.32	0.01	66.86
	SEP	30	80.33	30.99	0.19	15.05	3.76	11.29	1,236.40	0.01	66.87
	OCT	31	123.46	46.09	0.36	44.06	11.02	33.05	1,236.48	0.03	66.89
	NOV	30	132.37	51.07	0.40	52.46	13.11	39.34	1,236.56	0.03	66.93
	DIC	31	173.53	64.79	1.41	245.21	61.30	183.91	1,236.64	0.17	67.10
40	ENE	31	173.53	64.79	2.70	468.25	117.06	351.19	1,236.72	0.31	67.41
	FEB	29	156.74	62.55	4.36	684.12	171.03	513.09	1,236.80	0.51	67.92
	MAR	31	173.53	64.79	5.32	923.69	230.92	692.77	1,236.88	0.67	68.59
	ABR	30	167.93	64.79	0.90	150.45	37.61	112.84	1,236.96	0.11	68.70

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	MAY	31	136.81	51.08	0.42	56.96	14.24	42.72	1,237.04	0.04	68.73
	JUN	30	91.75	35.40	0.23	20.98	5.25	15.74	1,237.12	0.01	68.74
	JUL	31	77.24	28.84	0.18	13.64	3.41	10.23	1,237.19	0.01	68.75
	AGO	31	70.77	26.42	0.15	10.96	2.74	8.22	1,237.27	0.01	68.76
	SEP	30	62.68	24.18	0.13	8.09	2.02	6.07	1,237.35	0.01	68.77
	OCT	31	122.78	45.84	0.35	43.46	10.87	32.60	1,237.43	0.03	68.79
	NOV	30	167.93	64.79	0.85	142.58	35.64	106.93	1,237.51	0.09	68.88
	DIC	31	173.53	64.79	1.43	247.74	61.93	185.80	1,237.58	0.18	69.06
41	ENE	31	173.53	64.79	2.06	357.23	89.31	267.92	1,237.66	0.24	69.30
	FEB	29	156.74	62.55	1.74	272.33	68.08	204.25	1,237.74	0.20	69.50
	MAR	31	173.53	64.79	3.69	640.03	160.01	480.02	1,237.81	0.46	69.96
	ABR	30	167.93	64.79	1.59	266.35	66.59	199.76	1,237.89	0.19	70.15
	MAY	31	173.53	64.79	0.79	136.71	34.18	102.54	1,237.97	0.09	70.24
	JUN	30	99.77	38.49	0.26	25.87	6.47	19.40	1,238.05	0.02	70.26
	JUL	31	76.43	28.54	0.17	13.29	3.32	9.97	1,238.12	0.01	70.26
	AGO	31	73.28	27.36	0.16	11.96	2.99	8.97	1,238.20	0.01	70.27
	SEP	30	81.52	31.45	0.19	15.61	3.90	11.71	1,238.27	0.01	70.28
	OCT	31	165.56	61.81	0.55	91.77	22.94	68.83	1,238.35	0.06	70.34
	NOV	30	167.93	64.79	0.79	133.35	33.34	100.01	1,238.43	0.09	70.43
	DIC	31	173.53	64.79	1.06	184.61	46.15	138.46	1,238.50	0.13	70.56
42	ENE	31	173.53	64.79	2.28	396.24	99.06	297.18	1,238.58	0.26	70.82
	FEB	29	156.74	62.55	2.41	377.11	94.28	282.83	1,238.65	0.28	71.10
	MAR	31	173.53	64.79	3.51	609.30	152.33	456.98	1,238.73	0.44	71.54
	ABR	30	167.93	64.79	1.29	216.01	54.00	162.01	1,238.80	0.15	71.69
	MAY	31	173.53	64.79	0.84	144.91	36.23	108.68	1,238.88	0.09	71.79
	JUN	30	107.19	41.35	0.29	30.95	7.74	23.21	1,238.95	0.02	71.81
	JUL	31	83.37	31.13	0.20	16.51	4.13	12.38	1,239.03	0.01	71.82
	AGO	31	83.37	31.13	0.20	16.51	4.13	12.38	1,239.10	0.01	71.83
	SEP	30	80.52	31.07	0.19	15.14	3.79	11.36	1,239.18	0.01	71.84
	OCT	31	54.40	20.31	0.10	5.68	1.42	4.26	1,239.25	0.00	71.84
	NOV	30	83.05	32.04	0.20	16.36	4.09	12.27	1,239.32	0.01	71.85
	DIC	31	118.84	44.37	0.34	40.06	10.01	30.04	1,239.40	0.03	71.88
43	ENE	31	173.53	64.79	1.69	293.27	73.32	219.95	1,239.47	0.20	72.08
	FEB	29	156.74	62.55	3.93	616.59	154.15	462.44	1,239.55	0.46	72.54

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	MAR	31	173.53	64.79	5.28	916.51	229.13	687.38	1,239.62	0.66	73.20
	ABR	30	167.93	64.79	3.64	611.96	152.99	458.97	1,239.69	0.43	73.63
	MAY	31	173.53	64.79	1.16	200.54	50.14	150.41	1,239.77	0.13	73.76
	JUN	30	110.97	42.81	0.30	33.75	8.44	25.32	1,239.84	0.02	73.78
	JUL	31	87.73	32.75	0.21	18.76	4.69	14.07	1,239.91	0.01	73.79
	AGO	31	75.73	28.27	0.17	12.99	3.25	9.74	1,239.99	0.01	73.80
	SEP	30	75.14	28.99	0.17	12.73	3.18	9.55	1,240.06	0.01	73.81
	OCT	31	126.05	47.06	0.37	46.42	11.60	34.81	1,240.13	0.03	73.84
	NOV	30	161.65	62.37	0.53	86.45	21.61	64.84	1,240.20	0.06	73.89
	DIC	31	173.53	64.79	1.28	222.34	55.58	166.75	1,240.28	0.16	74.05
44	ENE	31	173.53	64.79	2.21	383.03	95.76	287.28	1,240.35	0.26	74.31
	FEB	29	156.74	62.55	5.32	833.79	208.45	625.34	1,240.42	0.62	74.93
	MAR	31	173.53	64.79	6.21	1,077.93	269.48	808.45	1,240.49	0.78	75.71
	ABR	30	167.93	64.79	2.58	433.95	108.49	325.46	1,240.56	0.31	76.01
	MAY	31	173.53	64.79	0.64	111.05	27.76	83.29	1,240.64	0.07	76.09
	JUN	30	117.68	45.40	0.33	39.09	9.77	29.32	1,240.71	0.02	76.11
	JUL	31	89.71	33.49	0.22	19.83	4.96	14.87	1,240.78	0.01	76.12
	AGO	31	93.48	34.90	0.24	21.98	5.50	16.49	1,240.85	0.01	76.14
	SEP	30	107.69	41.55	0.29	31.32	7.83	23.49	1,240.92	0.02	76.16
	OCT	31	173.53	64.79	0.63	109.61	27.40	82.21	1,240.99	0.07	76.23
	NOV	30	167.93	64.79	1.43	240.04	60.01	180.03	1,241.06	0.15	76.38
	DIC	31	173.53	64.79	1.64	283.79	70.95	212.84	1,241.13	0.20	76.58
45	ENE	31	173.53	64.79	1.18	205.41	51.35	154.06	1,241.20	0.14	76.72
	FEB	29	156.74	62.55	1.59	249.48	62.37	187.11	1,241.27	0.19	76.91
	MAR	31	173.53	64.79	2.36	409.33	102.33	307.00	1,241.35	0.30	77.20
	ABR	30	167.93	64.79	1.29	216.50	54.13	162.38	1,241.42	0.15	77.35
	MAY	31	137.47	51.32	0.42	57.65	14.41	43.24	1,241.49	0.04	77.39
	JUN	30	84.11	32.45	0.20	16.88	4.22	12.66	1,241.56	0.01	77.40
	JUL	31	74.62	27.86	0.17	12.51	3.13	9.39	1,241.63	0.01	77.41
	AGO	31	72.62	27.11	0.16	11.69	2.92	8.77	1,241.70	0.01	77.42
	SEP	30	53.67	20.70	0.10	5.49	1.37	4.12	1,241.76	0.00	77.42
	OCT	31	109.18	40.76	0.30	32.41	8.10	24.31	1,241.83	0.02	77.44
	NOV	30	167.93	64.79	0.76	128.16	32.04	96.12	1,241.90	0.08	77.52
DIC	31	173.53	64.79	1.28	222.46	55.61	166.84	1,241.97	0.16	77.68	

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
46	ENE	31	173.53	64.79	2.51	436.42	109.10	327.31	1,242.04	0.29	77.97
	FEB	29	156.74	62.55	1.54	240.65	60.16	180.49	1,242.11	0.18	78.15
	MAR	31	173.53	64.79	3.00	520.37	130.09	390.28	1,242.18	0.38	78.53
	ABR	30	167.93	64.79	2.72	456.23	114.06	342.17	1,242.25	0.32	78.85
	MAY	31	166.59	62.20	0.56	93.20	23.30	69.90	1,242.32	0.06	78.91
	JUN	30	85.08	32.83	0.20	17.37	4.34	13.03	1,242.39	0.01	78.92
	JUL	31	79.69	29.75	0.19	14.75	3.69	11.06	1,242.45	0.01	78.93
	AGO	31	74.62	27.86	0.17	12.51	3.13	9.39	1,242.52	0.01	78.94
	SEP	30	74.92	28.90	0.17	12.64	3.16	9.48	1,242.59	0.01	78.94
	OCT	31	112.48	41.99	0.31	34.91	8.73	26.18	1,242.66	0.02	78.97
	NOV	30	167.93	64.79	0.85	142.65	35.66	106.99	1,242.73	0.09	79.06
	DIC	31	173.53	64.79	1.05	182.66	45.67	137.00	1,242.80	0.13	79.19
47	ENE	31	173.53	64.79	2.79	483.32	120.83	362.49	1,242.86	0.32	79.51
	FEB	29	156.74	62.55	3.12	488.52	122.13	366.39	1,242.93	0.36	79.87
	MAR	31	173.53	64.79	4.23	734.37	183.59	550.78	1,243.00	0.53	80.40
	ABR	30	167.93	64.79	1.49	249.46	62.36	187.09	1,243.07	0.18	80.58
	MAY	31	173.53	64.79	0.91	158.01	39.50	118.50	1,243.13	0.10	80.68
	JUN	30	120.18	46.37	0.34	41.20	10.30	30.90	1,243.20	0.03	80.71
	JUL	31	84.69	31.62	0.20	17.17	4.29	12.88	1,243.27	0.01	80.72
	AGO	31	84.05	31.38	0.20	16.85	4.21	12.64	1,243.33	0.01	80.73
	SEP	30	96.73	37.32	0.25	23.94	5.99	17.96	1,243.40	0.02	80.74
	OCT	31	96.30	35.95	0.25	23.68	5.92	17.76	1,243.47	0.02	80.76
	NOV	30	159.83	61.66	0.53	84.03	21.01	63.02	1,243.53	0.05	80.81
	DIC	31	157.13	58.66	0.51	80.53	20.13	60.40	1,243.60	0.06	80.87
48	ENE	31	173.53	64.79	2.13	369.39	92.35	277.04	1,243.67	0.25	81.12
	FEB	29	156.74	62.55	6.60	1,034.80	258.70	776.10	1,243.73	0.77	81.89
	MAR	31	173.53	64.79	7.71	1,337.51	334.38	1,003.13	1,243.80	0.96	82.85
	ABR	30	167.93	64.79	5.39	905.98	226.49	679.48	1,243.87	0.64	83.49
	MAY	31	173.53	64.79	1.50	260.54	65.14	195.41	1,243.93	0.17	83.66
	JUN	30	109.28	42.16	0.30	32.49	8.12	24.36	1,244.00	0.02	83.68
	JUL	31	74.79	27.92	0.17	12.59	3.15	9.44	1,244.06	0.01	83.69
	AGO	31	80.20	29.94	0.19	14.99	3.75	11.24	1,244.13	0.01	83.70
	SEP	30	86.49	33.37	0.21	18.10	4.53	13.58	1,244.19	0.01	83.71
	OCT	31	149.08	55.66	0.47	70.61	17.65	52.96	1,244.26	0.05	83.76

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum (MMC)
	NOV	30	167.93	64.79	1.00	168.20	42.05	126.15	1,244.32	0.11	83.86
	DIC	31	173.53	64.79	1.89	327.13	81.78	245.35	1,244.39	0.23	84.10
49	ENE	31	173.53	64.79	1.71	295.97	73.99	221.98	1,244.45	0.20	84.29
	FEB	29	156.74	62.55	3.88	608.26	152.07	456.20	1,244.52	0.45	84.75
	MAR	31	173.53	64.79	3.43	595.51	148.88	446.64	1,244.58	0.43	85.18
	ABR	30	167.93	64.79	1.52	255.01	63.75	191.26	1,244.65	0.18	85.36
	MAY	31	173.53	64.79	0.98	169.39	42.35	127.04	1,244.71	0.11	85.46
	JUN	30	106.58	41.12	0.29	30.51	7.63	22.89	1,244.78	0.02	85.48
	JUL	31	81.14	30.30	0.19	15.43	3.86	11.57	1,244.84	0.01	85.49
	AGO	31	78.39	29.27	0.18	14.16	3.54	10.62	1,244.91	0.01	85.50
	SEP	30	90.96	35.09	0.23	20.53	5.13	15.40	1,244.97	0.01	85.52
	OCT	31	95.11	35.51	0.24	22.96	5.74	17.22	1,245.04	0.01	85.53
	NOV	30	131.88	50.88	0.39	51.97	12.99	38.98	1,245.10	0.03	85.56
	DIC	31	173.53	64.79	1.42	247.23	61.81	185.42	1,245.16	0.18	85.74
50	ENE	31	173.53	64.79	2.51	436.31	109.08	327.23	1,245.23	0.29	86.03
	FEB	29	156.74	62.55	6.99	1,095.86	273.97	821.90	1,245.29	0.82	86.85
	MAR	31	173.53	64.79	8.23	1,427.99	357.00	1,070.99	1,245.35	1.03	87.88
	ABR	30	167.93	64.79	1.47	247.42	61.86	185.57	1,245.42	0.18	88.05
	MAY	31	120.62	45.04	0.34	41.58	10.39	31.18	1,245.48	0.03	88.08
	JUN	30	116.03	44.76	0.33	37.73	9.43	28.30	1,245.54	0.02	88.10
	JUL	31	102.91	38.42	0.27	27.96	6.99	20.97	1,245.61	0.02	88.12
	AGO	31	90.44	33.77	0.22	20.24	5.06	15.18	1,245.67	0.01	88.13
	SEP	30	92.25	35.59	0.23	21.27	5.32	15.95	1,245.73	0.01	88.15
	OCT	31	165.68	61.86	0.55	91.93	22.98	68.95	1,245.80	0.06	88.21
	NOV	30	167.93	64.79	1.82	306.17	76.54	229.63	1,245.86	0.20	88.40
	DIC	31	173.53	64.79	1.40	242.30	60.58	181.73	1,245.92	0.17	88.57

Anexo 4. Calculo del Volumen muerto proveniente del canal para el Escenario 1

Eficiencia Desarenador

50%

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
1	ENE	31	171.12	63.89	1.67	286.40	71.60	214.80	1,124.81	0.19	0.19
	FEB	29	154.56	61.69	3.42	528.82	132.20	396.61	1,005.98	0.39	0.59
	MAR	31	171.12	63.89	4.73	808.98	202.24	606.73	1,039.93	0.58	1.17
	ABR	30	165.60	63.89	2.59	428.27	107.07	321.20	1,057.90	0.30	1.47
	MAY	31	171.12	63.89	0.94	160.47	40.12	120.35	1,175.91	0.10	1.57
	JUN	30	116.45	44.93	0.24	28.51	7.13	21.38	1,175.91	0.02	1.59
	JUL	31	75.39	28.15	0.13	9.61	2.40	7.21	1,175.91	0.01	1.60
	AGO	31	73.25	27.35	0.12	8.95	2.24	6.71	1,175.91	0.01	1.60
	SEP	30	66.54	25.67	0.11	7.04	1.76	5.28	1,175.91	0.00	1.61
	OCT	31	78.46	29.29	0.14	10.62	2.66	7.97	1,175.91	0.01	1.62
	NOV	30	165.60	63.89	0.64	106.62	26.65	79.96	1,175.91	0.07	1.68
	DIC	31	171.12	63.89	0.78	133.93	33.48	100.44	1,054.52	0.10	1.78
2	ENE	31	171.12	63.89	1.51	258.41	64.60	193.81	1,127.83	0.17	1.95
	FEB	29	154.56	61.69	1.42	219.57	54.89	164.68	1,129.37	0.15	2.10
	MAR	31	171.12	63.89	3.24	555.13	138.78	416.35	1,130.84	0.37	2.47
	ABR	30	165.60	63.89	2.62	433.31	108.33	324.98	1,132.24	0.29	2.75
	MAY	31	159.14	59.42	0.39	62.25	15.56	46.69	1,133.58	0.04	2.79
	JUN	30	112.74	43.50	0.23	26.30	6.57	19.72	1,134.87	0.02	2.81
	JUL	31	102.67	38.33	0.20	20.81	5.20	15.61	1,136.11	0.01	2.82
	AGO	31	85.28	31.84	0.15	13.09	3.27	9.81	1,137.30	0.01	2.83
	SEP	30	82.53	31.84	0.15	12.06	3.01	9.04	1,138.45	0.01	2.84
	OCT	31	171.12	63.89	0.50	86.32	21.58	64.74	1,139.56	0.06	2.90
	NOV	30	165.60	63.89	0.74	122.98	30.75	92.24	1,140.63	0.08	2.98
	DIC	31	171.12	63.89	0.79	134.97	33.74	101.23	1,141.67	0.09	3.07
3	ENE	31	171.12	63.89	0.97	166.30	41.57	124.72	1,142.68	0.11	3.18
	FEB	29	154.56	61.69	2.67	412.05	103.01	309.04	1,143.65	0.27	3.45
	MAR	31	171.12	63.89	4.11	703.58	175.90	527.69	1,144.60	0.46	3.91
	ABR	30	165.60	63.89	1.80	297.36	74.34	223.02	1,145.53	0.19	4.10
	MAY	31	171.12	63.89	1.00	171.17	42.79	128.38	1,146.43	0.11	4.22
	JUN	30	116.99	45.14	0.25	28.85	7.21	21.63	1,147.30	0.02	4.23
	JUL	31	79.16	29.56	0.14	10.86	2.72	8.15	1,148.16	0.01	4.24

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	AGO	31	74.31	27.74	0.12	9.27	2.32	6.96	1,148.99	0.01	4.25
	SEP	30	72.08	27.81	0.12	8.59	2.15	6.45	1,149.80	0.01	4.25
	OCT	31	109.62	40.93	0.22	24.51	6.13	18.38	1,150.60	0.02	4.27
	NOV	30	165.60	63.89	0.66	109.63	27.41	82.22	1,151.38	0.07	4.34
	DIC	31	171.12	63.89	1.20	205.11	51.28	153.83	1,152.14	0.13	4.47
4	ENE	31	171.12	63.89	1.62	276.36	69.09	207.27	1,152.88	0.18	4.65
	FEB	29	154.56	61.69	0.91	140.48	35.12	105.36	1,153.61	0.09	4.75
	MAR	31	171.12	63.89	3.24	554.39	138.60	415.79	1,154.32	0.36	5.11
	ABR	30	165.60	63.89	2.36	390.17	97.54	292.62	1,155.02	0.25	5.36
	MAY	31	171.12	63.89	0.87	148.53	37.13	111.40	1,155.70	0.10	5.45
	JUN	30	106.09	40.93	0.21	22.59	5.65	16.94	1,156.37	0.01	5.47
	JUL	31	88.46	33.03	0.16	14.34	3.59	10.76	1,157.03	0.01	5.48
	AGO	31	72.45	27.05	0.12	8.70	2.18	6.53	1,157.68	0.01	5.48
	SEP	30	74.17	28.61	0.12	9.23	2.31	6.92	1,158.32	0.01	5.49
	OCT	31	129.79	48.46	0.29	37.39	9.35	28.04	1,158.94	0.02	5.51
	NOV	30	134.21	51.78	0.30	40.66	10.16	30.49	1,159.55	0.03	5.54
	DIC	31	171.12	63.89	0.49	83.90	20.98	62.93	1,160.16	0.06	5.60
5	ENE	31	171.12	63.89	0.82	140.15	35.04	105.11	1,160.75	0.09	5.69
	FEB	29	154.56	61.69	0.75	115.16	28.79	86.37	1,161.33	0.09	5.78
	MAR	31	171.12	63.89	1.51	258.34	64.58	193.75	1,161.91	0.19	5.97
	ABR	30	165.60	63.89	0.75	123.70	30.92	92.77	1,162.47	0.09	6.05
	MAY	31	147.31	55.00	0.35	51.32	12.83	38.49	1,163.03	0.03	6.09
	JUN	30	67.16	25.91	0.11	7.20	1.80	5.40	1,163.57	0.00	6.09
	JUL	31	62.22	23.23	0.10	5.95	1.49	4.46	1,164.11	0.00	6.10
	AGO	31	52.51	19.60	0.07	3.89	0.97	2.92	1,164.65	0.00	6.10
	SEP	30	67.96	26.22	0.11	7.42	1.85	5.56	1,165.17	0.00	6.10
	OCT	31	89.33	33.35	0.16	14.69	3.67	11.02	1,165.68	0.01	6.11
	NOV	30	81.90	31.60	0.14	11.83	2.96	8.87	1,166.19	0.01	6.12
	DIC	31	171.12	63.89	0.73	125.43	31.36	94.08	1,166.70	0.09	6.21
6	ENE	31	171.12	63.89	1.35	231.30	57.82	173.47	1,167.19	0.15	6.36
	FEB	29	154.56	61.69	1.86	286.77	71.69	215.08	1,167.68	0.21	6.58
	MAR	31	171.12	63.89	2.20	375.75	93.94	281.81	1,168.16	0.27	6.85
	ABR	30	165.60	63.89	1.00	166.23	41.56	124.67	1,168.64	0.12	6.97
	MAY	31	171.12	63.89	0.57	98.32	24.58	73.74	1,169.10	0.06	7.03
	JUN	30	80.61	31.10	0.14	11.37	2.84	8.53	1,169.57	0.01	7.04

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUL	31	69.86	26.08	0.11	7.95	1.99	5.96	1,170.02	0.01	7.04
	AGO	31	66.31	24.76	0.11	6.98	1.74	5.23	1,170.48	0.00	7.04
	SEP	30	65.64	25.32	0.10	6.80	1.70	5.10	1,170.92	0.00	7.05
	OCT	31	102.06	38.10	0.20	20.50	5.13	15.38	1,171.36	0.01	7.06
	NOV	30	131.15	50.60	0.29	38.38	9.59	28.78	1,171.80	0.02	7.09
	DIC	31	171.12	63.89	0.49	83.60	20.90	62.70	1,172.23	0.06	7.14
7	ENE	31	171.12	63.89	0.98	167.02	41.75	125.26	1,172.65	0.11	7.26
	FEB	29	154.56	61.69	3.06	473.34	118.34	355.01	1,173.08	0.35	7.61
	MAR	31	171.12	63.89	3.81	652.65	163.16	489.49	1,173.49	0.47	8.08
	ABR	30	165.60	63.89	2.44	403.66	100.91	302.74	1,173.90	0.29	8.37
	MAY	31	171.12	63.89	0.46	79.08	19.77	59.31	1,174.31	0.05	8.42
	JUN	30	76.34	29.45	0.13	9.92	2.48	7.44	1,174.71	0.01	8.42
	JUL	31	70.42	26.29	0.12	8.11	2.03	6.08	1,175.11	0.01	8.43
	AGO	31	66.25	24.74	0.11	6.96	1.74	5.22	1,175.50	0.00	8.43
	SEP	30	60.86	23.48	0.09	5.63	1.41	4.22	1,175.89	0.00	8.43
	OCT	31	156.22	58.32	0.38	59.43	14.86	44.57	1,176.28	0.04	8.47
	NOV	30	123.41	47.61	0.27	32.96	8.24	24.72	1,176.66	0.02	8.49
	DIC	31	171.12	63.89	0.59	100.13	25.03	75.10	1,177.04	0.07	8.56
8	ENE	31	171.12	63.89	1.96	335.32	83.83	251.49	1,177.41	0.22	8.79
	FEB	29	154.56	61.69	3.45	533.48	133.37	400.11	1,177.78	0.40	9.19
	MAR	31	171.12	63.89	4.88	835.78	208.95	626.84	1,178.15	0.60	9.79
	ABR	30	165.60	63.89	3.30	546.57	136.64	409.93	1,178.51	0.39	10.18
	MAY	31	171.12	63.89	0.57	97.88	24.47	73.41	1,178.87	0.06	10.24
	JUN	30	122.02	47.07	0.26	32.04	8.01	24.03	1,179.22	0.02	10.26
	JUL	31	97.15	36.27	0.19	18.12	4.53	13.59	1,179.57	0.01	10.27
	AGO	31	90.68	33.85	0.17	15.25	3.81	11.44	1,179.92	0.01	10.28
	SEP	30	86.47	33.36	0.16	13.55	3.39	10.16	1,180.27	0.01	10.29
	OCT	31	171.12	63.89	0.48	82.62	20.65	61.96	1,180.61	0.05	10.34
	NOV	30	165.60	63.89	0.46	76.46	19.12	57.35	1,180.95	0.05	10.39
	DIC	31	171.12	63.89	0.86	146.92	36.73	110.19	1,181.29	0.10	10.50
9	ENE	31	171.12	63.89	2.57	440.62	110.15	330.46	1,181.62	0.29	10.79
	FEB	29	154.56	61.69	3.60	556.57	139.14	417.43	1,181.95	0.41	11.20
	MAR	31	171.12	63.89	4.85	830.51	207.63	622.88	1,182.28	0.60	11.80
	ABR	30	165.60	63.89	3.46	573.13	143.28	429.85	1,182.60	0.41	12.21
	MAY	31	171.12	63.89	0.83	141.23	35.31	105.92	1,182.93	0.09	12.30

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUN	30	115.93	44.73	0.24	28.20	7.05	21.15	1,183.24	0.02	12.32
	JUL	31	97.15	36.27	0.19	18.12	4.53	13.59	1,183.56	0.01	12.33
	AGO	31	88.63	33.09	0.16	14.41	3.60	10.81	1,183.87	0.01	12.34
	SEP	30	83.14	32.08	0.15	12.28	3.07	9.21	1,184.19	0.01	12.35
	OCT	31	159.40	59.51	0.39	62.50	15.63	46.88	1,184.49	0.04	12.39
	NOV	30	134.21	51.78	0.30	40.66	10.16	30.49	1,184.80	0.03	12.41
	DIC	31	171.12	63.89	0.56	95.59	23.90	71.69	1,185.10	0.07	12.48
10	ENE	31	171.12	63.89	2.32	397.45	99.36	298.09	1,185.41	0.27	12.75
	FEB	29	154.56	61.69	1.48	228.60	57.15	171.45	1,185.70	0.17	12.92
	MAR	31	171.12	63.89	2.45	419.74	104.93	314.80	1,186.00	0.30	13.22
	ABR	30	165.60	63.89	1.05	173.53	43.38	130.15	1,186.29	0.12	13.34
	MAY	31	165.73	61.88	0.42	68.89	17.22	51.67	1,186.59	0.04	13.39
	JUN	30	100.75	38.87	0.20	19.85	4.96	14.89	1,186.88	0.01	13.40
	JUL	31	89.47	33.40	0.16	14.75	3.69	11.06	1,187.16	0.01	13.41
	AGO	31	77.30	28.86	0.13	10.24	2.56	7.68	1,187.45	0.01	13.41
	SEP	30	73.45	28.34	0.12	9.01	2.25	6.76	1,187.73	0.01	13.42
	OCT	31	98.44	36.75	0.19	18.73	4.68	14.05	1,188.01	0.01	13.43
	NOV	30	165.60	63.89	0.42	70.17	17.54	52.62	1,188.29	0.04	13.48
	DIC	31	171.12	63.89	0.70	120.34	30.08	90.25	1,188.57	0.09	13.56
11	ENE	31	171.12	63.89	1.73	295.98	73.99	221.98	1,188.84	0.20	13.76
	FEB	29	154.56	61.69	2.01	311.02	77.75	233.26	1,189.11	0.23	13.99
	MAR	31	171.12	63.89	2.39	408.13	102.03	306.10	1,189.39	0.29	14.29
	ABR	30	165.60	63.89	1.61	266.87	66.72	200.15	1,189.65	0.19	14.48
	MAY	31	94.15	35.15	0.18	16.76	4.19	12.57	1,189.92	0.01	14.49
	JUN	30	80.72	31.14	0.14	11.41	2.85	8.56	1,190.19	0.01	14.49
	JUL	31	73.58	27.47	0.12	9.05	2.26	6.79	1,190.45	0.01	14.50
	AGO	31	68.00	25.39	0.11	7.43	1.86	5.57	1,190.71	0.00	14.50
	SEP	30	74.20	28.63	0.12	9.24	2.31	6.93	1,190.97	0.01	14.51
	OCT	31	110.55	41.27	0.23	25.04	6.26	18.78	1,191.23	0.02	14.53
	NOV	30	165.60	63.89	0.43	70.85	17.71	53.14	1,191.48	0.05	14.57
	DIC	31	171.12	63.89	0.82	140.11	35.03	105.08	1,191.74	0.10	14.67
12	ENE	31	171.12	63.89	1.40	240.22	60.06	180.17	1,191.99	0.16	14.83
	FEB	29	154.56	61.69	1.85	285.69	71.42	214.27	1,192.24	0.21	15.04
	MAR	31	171.12	63.89	2.16	368.99	92.25	276.75	1,192.49	0.27	15.31
	ABR	30	165.60	63.89	1.21	200.54	50.14	150.41	1,192.74	0.14	15.45

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAY	31	154.38	57.64	0.37	57.70	14.42	43.27	1,192.98	0.04	15.49
	JUN	30	85.37	32.94	0.15	13.12	3.28	9.84	1,193.23	0.01	15.50
	JUL	31	79.16	29.56	0.14	10.86	2.72	8.15	1,193.47	0.01	15.50
	AGO	31	74.25	27.72	0.12	9.26	2.31	6.94	1,193.71	0.01	15.51
	SEP	30	115.26	44.47	0.24	27.79	6.95	20.84	1,193.95	0.02	15.53
	OCT	31	95.79	35.77	0.18	17.50	4.37	13.12	1,194.19	0.01	15.54
	NOV	30	165.60	63.89	1.01	167.42	41.86	125.57	1,194.43	0.11	15.65
	DIC	31	171.12	63.89	1.07	183.35	45.84	137.51	1,194.66	0.13	15.78
13	ENE	31	171.12	63.89	1.96	335.32	83.83	251.49	1,194.90	0.22	16.00
	FEB	29	106.74	42.60	0.21	22.93	5.73	17.20	1,195.13	0.02	16.02
	MAR	31	171.12	63.89	0.65	110.62	27.66	82.97	1,195.36	0.08	16.10
	ABR	30	153.23	59.12	0.37	56.63	14.16	42.47	1,195.59	0.04	16.14
	MAY	31	84.91	31.70	0.15	12.94	3.24	9.71	1,195.82	0.01	16.15
	JUN	30	83.91	32.37	0.15	12.57	3.14	9.42	1,196.05	0.01	16.15
	JUL	31	81.19	30.31	0.14	11.57	2.89	8.68	1,196.27	0.01	16.16
	AGO	31	81.19	30.31	0.14	11.57	2.89	8.68	1,196.50	0.01	16.17
	SEP	30	83.24	32.11	0.15	12.32	3.08	9.24	1,196.72	0.01	16.18
	OCT	31	145.42	54.29	0.34	49.69	12.42	37.27	1,196.94	0.03	16.21
	NOV	30	165.60	63.89	0.47	77.41	19.35	58.05	1,197.16	0.05	16.26
	DIC	31	171.12	63.89	0.70	119.92	29.98	89.94	1,197.38	0.09	16.34
14	ENE	31	171.12	63.89	1.01	172.01	43.00	129.00	1,197.60	0.11	16.46
	FEB	29	154.56	61.69	1.13	174.67	43.67	131.00	1,197.81	0.13	16.59
	MAR	31	171.12	63.89	1.32	225.27	56.32	168.96	1,198.03	0.16	16.75
	ABR	30	165.60	63.89	1.79	295.93	73.98	221.95	1,198.24	0.21	16.96
	MAY	31	171.12	63.89	0.62	106.35	26.59	79.76	1,198.46	0.07	17.03
	JUN	30	101.66	39.22	0.20	20.30	5.08	15.23	1,198.67	0.01	17.04
	JUL	31	84.13	31.41	0.15	12.65	3.16	9.49	1,198.88	0.01	17.05
	AGO	31	69.86	26.08	0.11	7.95	1.99	5.96	1,199.09	0.01	17.05
	SEP	30	80.89	31.21	0.14	11.47	2.87	8.60	1,199.30	0.01	17.06
	OCT	31	131.84	49.23	0.29	38.89	9.72	29.17	1,199.50	0.02	17.08
	NOV	30	161.21	62.19	0.40	64.29	16.07	48.22	1,199.71	0.04	17.13
	DIC	31	115.32	43.06	0.24	27.83	6.96	20.87	1,199.92	0.02	17.15
15	ENE	31	171.12	63.89	1.20	204.69	51.17	153.52	1,200.12	0.14	17.28
	FEB	29	154.56	61.69	0.45	70.19	17.55	52.64	1,200.32	0.05	17.33
	MAR	31	171.12	63.89	2.84	485.28	121.32	363.96	1,200.52	0.35	17.68

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	ABR	30	165.60	63.89	2.62	434.16	108.54	325.62	1,200.72	0.31	17.99
	MAY	31	171.12	63.89	0.65	111.46	27.86	83.59	1,200.92	0.07	18.06
	JUN	30	103.19	39.81	0.20	21.08	5.27	15.81	1,201.12	0.01	18.08
	JUL	31	73.94	27.60	0.12	9.16	2.29	6.87	1,201.32	0.01	18.08
	AGO	31	66.25	24.74	0.11	6.96	1.74	5.22	1,201.52	0.00	18.09
	SEP	30	71.71	27.66	0.12	8.48	2.12	6.36	1,201.71	0.01	18.09
	OCT	31	171.12	63.89	0.56	96.40	24.10	72.30	1,201.91	0.06	18.15
	NOV	30	154.17	59.48	0.37	57.50	14.38	43.13	1,202.10	0.04	18.19
	DIC	31	163.22	60.94	0.41	66.31	16.58	49.73	1,202.29	0.05	18.24
16	ENE	31	171.12	63.89	0.57	98.24	24.56	73.68	1,202.48	0.07	18.30
	FEB	29	154.56	61.69	0.50	77.59	19.40	58.20	1,202.68	0.06	18.36
	MAR	31	171.12	63.89	3.25	555.44	138.86	416.58	1,202.87	0.40	18.76
	ABR	30	165.60	63.89	1.74	288.48	72.12	216.36	1,203.05	0.20	18.97
	MAY	31	171.12	63.89	1.05	180.53	45.13	135.40	1,203.24	0.12	19.08
	JUN	30	79.25	30.57	0.14	10.89	2.72	8.17	1,203.43	0.01	19.09
	JUL	31	74.83	27.94	0.13	9.44	2.36	7.08	1,203.61	0.01	19.09
	AGO	31	71.98	26.88	0.12	8.57	2.14	6.42	1,203.80	0.01	19.10
	SEP	30	70.79	27.31	0.12	8.21	2.05	6.16	1,203.98	0.01	19.10
	OCT	31	146.52	54.70	0.35	50.63	12.66	37.97	1,204.17	0.03	19.14
	NOV	30	165.60	63.89	1.05	174.47	43.62	130.85	1,204.35	0.11	19.25
	DIC	31	171.12	63.89	1.29	220.64	55.16	165.48	1,204.53	0.16	19.40
17	ENE	31	171.12	63.89	1.13	194.12	48.53	145.59	1,204.71	0.13	19.53
	FEB	29	154.56	61.69	0.99	152.38	38.10	114.29	1,204.89	0.11	19.65
	MAR	31	171.12	63.89	2.14	365.89	91.47	274.41	1,205.07	0.26	19.91
	ABR	30	165.60	63.89	1.23	203.88	50.97	152.91	1,205.25	0.14	20.06
	MAY	31	123.60	46.15	0.27	33.09	8.27	24.82	1,205.43	0.02	20.08
	JUN	30	85.72	33.07	0.15	13.25	3.31	9.94	1,205.60	0.01	20.08
	JUL	31	74.87	27.95	0.13	9.45	2.36	7.09	1,205.78	0.01	20.09
	AGO	31	74.31	27.74	0.12	9.27	2.32	6.96	1,205.95	0.01	20.10
	SEP	30	84.52	32.61	0.15	12.80	3.20	9.60	1,206.13	0.01	20.10
	OCT	31	130.36	48.67	0.29	37.80	9.45	28.35	1,206.30	0.02	20.13
	NOV	30	165.60	63.89	0.54	90.20	22.55	67.65	1,206.48	0.06	20.19
	DIC	31	171.12	63.89	1.19	204.32	51.08	153.24	1,206.65	0.15	20.33
18	ENE	31	171.12	63.89	1.81	309.68	77.42	232.26	1,206.82	0.21	20.54
	FEB	29	154.56	61.69	3.66	565.55	141.39	424.16	1,206.99	0.42	20.96

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAR	31	171.12	63.89	4.11	703.43	175.86	527.57	1,207.16	0.51	21.47
	ABR	30	165.60	63.89	0.58	95.63	23.91	71.72	1,207.33	0.07	21.53
	MAY	31	168.48	62.90	0.43	71.79	17.95	53.84	1,207.49	0.05	21.58
	JUN	30	89.33	34.46	0.16	14.69	3.67	11.02	1,207.66	0.01	21.59
	JUL	31	79.14	29.55	0.14	10.86	2.71	8.14	1,207.83	0.01	21.60
	AGO	31	69.86	26.08	0.11	7.95	1.99	5.96	1,207.99	0.01	21.60
	SEP	30	78.15	30.15	0.13	10.52	2.63	7.89	1,208.16	0.01	21.61
	OCT	31	93.46	34.89	0.18	16.45	4.11	12.34	1,208.32	0.01	21.62
	NOV	30	165.60	63.89	0.50	83.31	20.83	62.48	1,208.49	0.05	21.67
	DIC	31	171.12	63.89	0.67	113.98	28.49	85.48	1,208.65	0.08	21.75
19	ENE	31	171.12	63.89	0.63	107.72	26.93	80.79	1,208.81	0.07	21.82
	FEB	29	154.56	61.69	2.10	325.03	81.26	243.77	1,208.98	0.24	22.07
	MAR	31	171.12	63.89	5.87	1,004.34	251.08	753.25	1,209.14	0.72	22.79
	ABR	30	165.60	63.89	2.28	378.09	94.52	283.57	1,209.30	0.27	23.06
	MAY	31	171.12	63.89	1.00	171.21	42.80	128.41	1,209.46	0.11	23.17
	JUN	30	144.26	55.66	0.34	48.71	12.18	36.53	1,209.62	0.03	23.20
	JUL	31	103.88	38.78	0.21	21.43	5.36	16.07	1,209.77	0.01	23.21
	AGO	31	82.49	30.80	0.15	12.04	3.01	9.03	1,209.93	0.01	23.22
	SEP	30	92.33	35.62	0.17	15.96	3.99	11.97	1,210.09	0.01	23.23
	OCT	31	150.97	56.36	0.36	54.56	13.64	40.92	1,210.25	0.03	23.27
	NOV	30	165.60	63.89	1.01	167.50	41.87	125.62	1,210.40	0.11	23.37
	DIC	31	171.12	63.89	2.37	405.86	101.46	304.39	1,210.56	0.29	23.66
20	ENE	31	171.12	63.89	1.61	276.27	69.07	207.20	1,210.71	0.18	23.85
	FEB	29	154.56	61.69	1.05	162.51	40.63	121.89	1,210.87	0.12	23.97
	MAR	31	171.12	63.89	1.29	221.50	55.38	166.13	1,211.02	0.16	24.13
	ABR	30	165.60	63.89	0.71	117.18	29.29	87.88	1,211.17	0.08	24.21
	MAY	31	171.12	63.89	0.45	77.38	19.34	58.03	1,211.32	0.05	24.26
	JUN	30	67.60	26.08	0.11	7.32	1.83	5.49	1,211.48	0.00	24.26
	JUL	31	62.42	23.31	0.10	6.00	1.50	4.50	1,211.63	0.00	24.27
	AGO	31	68.17	25.45	0.11	7.48	1.87	5.61	1,211.78	0.00	24.27
	SEP	30	68.97	26.61	0.11	7.70	1.92	5.77	1,211.93	0.00	24.28
	OCT	31	125.29	46.78	0.27	34.24	8.56	25.68	1,212.08	0.02	24.30
	NOV	30	165.60	63.89	1.07	176.63	44.16	132.47	1,212.23	0.11	24.41
	DIC	31	171.12	63.89	1.20	205.11	51.28	153.83	1,212.37	0.15	24.56
21	ENE	31	171.12	63.89	1.62	276.45	69.11	207.34	1,212.52	0.18	24.74

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	FEB	29	154.56	61.69	0.73	113.56	28.39	85.17	1,212.67	0.08	24.83
	MAR	31	171.12	63.89	1.66	283.45	70.86	212.59	1,212.81	0.20	25.03
	ABR	30	165.60	63.89	0.45	75.00	18.75	56.25	1,212.96	0.05	25.08
	MAY	31	171.12	63.89	0.76	130.63	32.66	97.98	1,213.11	0.08	25.17
	JUN	30	110.50	42.63	0.23	25.01	6.25	18.76	1,213.25	0.02	25.18
	JUL	31	78.51	29.31	0.14	10.64	2.66	7.98	1,213.39	0.01	25.19
	AGO	31	75.44	28.17	0.13	9.63	2.41	7.22	1,213.54	0.01	25.20
	SEP	30	71.67	27.65	0.12	8.47	2.12	6.35	1,213.68	0.01	25.20
	OCT	31	56.76	21.19	0.08	4.73	1.18	3.55	1,213.82	0.00	25.20
	NOV	30	138.33	53.37	0.32	43.85	10.96	32.89	1,213.97	0.03	25.23
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	167.89	41.97	125.92	1,214.11	0.12	25.35
22	ENE	31	171.12	63.89	0.80	136.37	34.09	102.27	1,214.25	0.09	25.44
	FEB	29	154.56	61.69	2.90	448.05	112.01	336.04	1,214.39	0.33	25.78
	MAR	31	171.12	63.89	2.14	365.89	91.47	274.41	1,214.53	0.26	26.04
	ABR	30	165.60	63.89	1.38	227.77	56.94	170.83	1,214.67	0.16	26.20
	MAY	31	171.12	63.89	0.49	83.33	20.83	62.49	1,214.81	0.05	26.25
	JUN	30	75.90	29.28	0.13	9.78	2.44	7.33	1,214.95	0.01	26.26
	JUL	31	63.63	23.76	0.10	6.29	1.57	4.72	1,215.08	0.00	26.26
	AGO	31	63.63	23.76	0.10	6.29	1.57	4.72	1,215.22	0.00	26.27
	SEP	30	72.49	27.97	0.12	8.72	2.18	6.54	1,215.36	0.01	26.27
	OCT	31	93.59	34.94	0.18	16.51	4.13	12.38	1,215.50	0.01	26.29
	NOV	30	165.60	63.89	0.45	75.09	18.77	56.31	1,215.63	0.05	26.33
	DIC	31	171.12	63.89	0.78	132.86	33.22	99.65	1,215.77	0.09	26.43
23	ENE	31	171.12	63.89	3.53	603.28	150.82	452.46	1,215.90	0.40	26.83
	FEB	29	154.56	61.69	6.87	1,062.04	265.51	796.53	1,216.04	0.79	27.62
	MAR	31	171.12	63.89	8.58	1,468.48	367.12	1,101.36	1,216.17	1.06	28.68
	ABR	30	165.60	63.89	4.00	662.15	165.54	496.61	1,216.31	0.47	29.15
	MAY	31	171.12	63.89	0.81	139.44	34.86	104.58	1,216.44	0.09	29.24
	JUN	30	125.11	48.27	0.27	34.12	8.53	25.59	1,216.57	0.02	29.26
	JUL	31	86.79	32.40	0.16	13.67	3.42	10.25	1,216.70	0.01	29.27
	AGO	31	88.46	33.03	0.16	14.34	3.59	10.76	1,216.84	0.01	29.28
	SEP	30	90.45	34.90	0.17	15.16	3.79	11.37	1,216.97	0.01	29.29
	OCT	31	171.12	63.89	0.53	90.97	22.74	68.23	1,217.10	0.06	29.35
	NOV	30	165.60	63.89	0.74	122.98	30.75	92.24	1,217.23	0.08	29.42
	DIC	31	171.12	63.89	0.85	145.94	36.49	109.46	1,217.36	0.10	29.53

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
24	ENE	31	171.12	63.89	1.84	315.56	78.89	236.67	1,217.49	0.21	29.74
	FEB	29	154.56	61.69	1.87	289.70	72.43	217.28	1,217.62	0.22	29.95
	MAR	31	171.12	63.89	1.25	213.78	53.45	160.34	1,217.75	0.15	30.11
	ABR	30	165.60	63.89	2.07	342.84	85.71	257.13	1,217.88	0.24	30.35
	MAY	31	171.12	63.89	0.50	85.29	21.32	63.97	1,218.00	0.05	30.41
	JUN	30	109.35	42.19	0.22	24.36	6.09	18.27	1,218.13	0.02	30.42
	JUL	31	90.68	33.85	0.17	15.25	3.81	11.44	1,218.26	0.01	30.43
	AGO	31	70.59	26.35	0.12	8.16	2.04	6.12	1,218.39	0.01	30.44
	SEP	30	77.20	29.79	0.13	10.20	2.55	7.65	1,218.51	0.01	30.44
	OCT	31	145.32	54.26	0.34	49.60	12.40	37.20	1,218.64	0.03	30.48
	NOV	30	165.60	63.89	1.06	175.09	43.77	131.32	1,218.76	0.11	30.59
DIC	31	171.12	63.89	1.20	205.05	51.26	153.78	1,218.89	0.15	30.73	
25	ENE	31	171.12	63.89	0.74	126.09	31.52	94.56	1,219.01	0.08	30.82
	FEB	29	154.56	61.69	1.61	248.33	62.08	186.25	1,219.14	0.19	31.00
	MAR	31	171.12	63.89	5.13	877.12	219.28	657.84	1,219.26	0.63	31.64
	ABR	30	165.60	63.89	3.07	508.50	127.13	381.38	1,219.38	0.36	32.00
	MAY	31	171.12	63.89	1.16	198.91	49.73	149.18	1,219.51	0.13	32.12
	JUN	30	138.03	53.25	0.32	43.61	10.90	32.71	1,219.63	0.03	32.15
	JUL	31	103.90	38.79	0.21	21.44	5.36	16.08	1,219.75	0.01	32.17
	AGO	31	93.97	35.08	0.18	16.68	4.17	12.51	1,219.88	0.01	32.18
	SEP	30	95.45	36.82	0.18	17.34	4.34	13.01	1,220.00	0.01	32.19
	OCT	31	141.75	52.93	0.33	46.61	11.65	34.96	1,220.12	0.03	32.22
	NOV	30	165.60	63.89	0.55	90.58	22.65	67.94	1,220.24	0.06	32.28
DIC	31	171.12	63.89	1.19	204.32	51.08	153.24	1,220.36	0.15	32.42	
26	ENE	31	171.12	63.89	1.73	295.98	73.99	221.98	1,220.48	0.20	32.62
	FEB	29	154.56	61.69	2.70	417.47	104.37	313.11	1,220.60	0.31	32.93
	MAR	31	171.12	63.89	3.33	569.44	142.36	427.08	1,220.72	0.41	33.34
	ABR	30	165.60	63.89	1.32	218.79	54.70	164.09	1,220.84	0.16	33.49
	MAY	31	171.12	63.89	0.50	85.21	21.30	63.91	1,220.96	0.05	33.55
	JUN	30	77.65	29.96	0.13	10.35	2.59	7.77	1,221.07	0.01	33.56
	JUL	31	71.72	26.78	0.12	8.49	2.12	6.37	1,221.19	0.01	33.56
	AGO	31	69.81	26.06	0.11	7.93	1.98	5.95	1,221.31	0.01	33.57
	SEP	30	88.57	34.17	0.16	14.39	3.60	10.79	1,221.43	0.01	33.57
	OCT	31	95.67	35.72	0.18	17.44	4.36	13.08	1,221.54	0.01	33.59
	NOV	30	165.60	63.89	0.55	90.53	22.63	67.90	1,221.66	0.06	33.64

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
27	DIC	31	171.12	63.89	0.84	143.42	35.85	107.56	1,221.78	0.10	33.75
	ENE	31	171.12	63.89	1.15	196.74	49.18	147.55	1,221.89	0.13	33.88
	FEB	29	154.56	61.69	2.01	311.40	77.85	233.55	1,222.01	0.23	34.11
	MAR	31	171.12	63.89	4.65	795.44	198.86	596.58	1,222.12	0.57	34.68
	ABR	30	165.60	63.89	2.90	480.57	120.14	360.43	1,222.24	0.34	35.02
	MAY	31	167.40	62.50	0.42	70.64	17.66	52.98	1,222.35	0.05	35.07
	JUN	30	110.70	42.71	0.23	25.12	6.28	18.84	1,222.47	0.02	35.08
	JUL	31	86.60	32.33	0.16	13.60	3.40	10.20	1,222.58	0.01	35.09
	AGO	31	80.45	30.03	0.14	11.31	2.83	8.48	1,222.69	0.01	35.10
	SEP	30	107.99	41.66	0.22	23.61	5.90	17.71	1,222.81	0.02	35.12
	OCT	31	162.38	60.63	0.40	65.47	16.37	49.10	1,222.92	0.04	35.16
28	NOV	30	147.89	57.06	0.35	51.82	12.96	38.87	1,223.03	0.03	35.19
	DIC	31	171.12	63.89	0.56	95.59	23.90	71.69	1,223.14	0.07	35.26
	ENE	31	171.12	63.89	0.65	111.53	27.88	83.64	1,223.26	0.07	35.33
	FEB	29	154.56	61.69	2.11	325.92	81.48	244.44	1,223.37	0.24	35.58
	MAR	31	171.12	63.89	2.47	423.10	105.77	317.32	1,223.48	0.31	35.88
	ABR	30	165.60	63.89	0.62	102.44	25.61	76.83	1,223.59	0.07	35.95
	MAY	31	171.12	63.89	0.50	85.31	21.33	63.98	1,223.70	0.05	36.01
	JUN	30	84.31	32.53	0.15	12.72	3.18	9.54	1,223.81	0.01	36.02
	JUL	31	74.31	27.74	0.12	9.27	2.32	6.96	1,223.92	0.01	36.02
	AGO	31	78.55	29.33	0.14	10.65	2.66	7.99	1,224.03	0.01	36.03
	SEP	30	88.76	34.25	0.16	14.46	3.62	10.85	1,224.14	0.01	36.04
29	OCT	31	134.06	50.05	0.30	40.54	10.14	30.41	1,224.25	0.03	36.06
	NOV	30	165.60	63.89	1.03	170.52	42.63	127.89	1,224.36	0.11	36.17
	DIC	31	171.12	63.89	1.38	236.47	59.12	177.36	1,224.47	0.17	36.34
	ENE	31	171.12	63.89	0.83	141.23	35.31	105.92	1,224.57	0.09	36.43
	FEB	29	86.00	34.32	0.16	13.37	3.34	10.02	1,224.68	0.01	36.44
	MAR	31	171.12	63.89	1.01	172.12	43.03	129.09	1,224.79	0.12	36.57
	ABR	30	165.60	63.89	0.94	156.33	39.08	117.24	1,224.90	0.11	36.68
	MAY	31	138.68	51.78	0.32	44.13	11.03	33.10	1,225.00	0.03	36.71
	JUN	30	92.42	35.66	0.17	16.00	4.00	12.00	1,225.11	0.01	36.72
	JUL	31	79.70	29.76	0.14	11.05	2.76	8.29	1,225.22	0.01	36.72
	AGO	31	74.12	27.67	0.12	9.22	2.30	6.91	1,225.32	0.01	36.73
SEP	30	80.76	31.16	0.14	11.42	2.85	8.56	1,225.43	0.01	36.74	
OCT	31	113.74	42.46	0.24	26.88	6.72	20.16	1,225.53	0.02	36.75	

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	NOV	30	165.60	63.89	0.62	103.15	25.79	77.36	1,225.64	0.07	36.82
	DIC	31	171.12	63.89	1.83	313.19	78.30	234.90	1,225.74	0.22	37.04
30	ENE	31	171.12	63.89	1.79	305.77	76.44	229.33	1,225.85	0.20	37.25
	FEB	29	154.56	61.69	2.35	363.37	90.84	272.53	1,225.95	0.27	37.52
	MAR	31	171.12	63.89	2.22	380.35	95.09	285.26	1,226.06	0.27	37.79
	ABR	30	165.60	63.89	0.75	124.65	31.16	93.49	1,226.16	0.09	37.88
	MAY	31	171.12	63.89	0.58	98.44	24.61	73.83	1,226.26	0.06	37.94
	JUN	30	122.41	47.23	0.26	32.30	8.08	24.23	1,226.37	0.02	37.96
	JUL	31	93.47	34.90	0.18	16.46	4.11	12.34	1,226.47	0.01	37.97
	AGO	31	89.02	33.24	0.16	14.57	3.64	10.93	1,226.57	0.01	37.98
	SEP	30	83.27	32.13	0.15	12.33	3.08	9.25	1,226.67	0.01	37.99
	OCT	31	171.12	63.89	0.55	93.29	23.32	69.97	1,226.78	0.06	38.05
	NOV	30	165.60	63.89	0.72	118.51	29.63	88.88	1,226.88	0.08	38.13
	DIC	31	171.12	63.89	0.86	146.92	36.73	110.19	1,226.98	0.10	38.23
31	ENE	31	171.12	63.89	1.40	240.39	60.10	180.29	1,227.08	0.16	38.39
	FEB	29	154.56	61.69	1.52	234.74	58.69	176.06	1,227.18	0.18	38.57
	MAR	31	171.12	63.89	1.78	304.68	76.17	228.51	1,227.28	0.22	38.79
	ABR	30	165.60	63.89	0.65	108.36	27.09	81.27	1,227.38	0.08	38.86
	MAY	31	169.24	63.19	0.43	72.60	18.15	54.45	1,227.48	0.05	38.91
	JUN	30	80.39	31.01	0.14	11.29	2.82	8.47	1,227.58	0.01	38.92
	JUL	31	72.97	27.24	0.12	8.86	2.22	6.65	1,227.68	0.01	38.92
	AGO	31	71.15	26.56	0.12	8.32	2.08	6.24	1,227.78	0.01	38.93
	SEP	30	84.93	32.76	0.15	12.95	3.24	9.71	1,227.88	0.01	38.94
	OCT	31	117.98	44.05	0.25	29.46	7.36	22.09	1,227.98	0.02	38.95
	NOV	30	165.60	63.89	0.55	90.58	22.65	67.94	1,228.08	0.06	39.01
	DIC	31	111.60	41.67	0.23	25.64	6.41	19.23	1,228.18	0.02	39.03
32	ENE	31	171.12	63.89	1.04	178.69	44.67	134.01	1,228.28	0.12	39.15
	FEB	29	154.56	61.69	2.25	347.00	86.75	260.25	1,228.38	0.26	39.41
	MAR	31	171.12	63.89	2.63	449.40	112.35	337.05	1,228.47	0.32	39.73
	ABR	30	165.60	63.89	1.29	213.92	53.48	160.44	1,228.57	0.15	39.88
	MAY	31	171.12	63.89	0.48	82.76	20.69	62.07	1,228.67	0.05	39.94
	JUN	30	106.60	41.13	0.21	22.86	5.72	17.15	1,228.77	0.01	39.95
	JUL	31	96.20	35.92	0.18	17.69	4.42	13.26	1,228.86	0.01	39.96
	AGO	31	89.50	33.42	0.16	14.77	3.69	11.07	1,228.96	0.01	39.97
	SEP	30	89.79	34.64	0.17	14.89	3.72	11.16	1,229.06	0.01	39.98

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	OCT	31	98.56	36.80	0.19	18.79	4.70	14.09	1,229.15	0.01	39.99
	NOV	30	165.60	63.89	0.77	127.09	31.77	95.32	1,229.25	0.08	40.07
	DIC	31	171.12	63.89	1.20	205.11	51.28	153.83	1,229.34	0.15	40.22
33	ENE	31	171.12	63.89	0.44	74.63	18.66	55.97	1,229.44	0.05	40.27
	FEB	29	154.56	61.69	0.77	118.54	29.64	88.91	1,229.53	0.09	40.36
	MAR	31	171.12	63.89	2.51	429.75	107.44	322.31	1,229.63	0.31	40.67
	ABR	30	165.60	63.89	1.38	228.38	57.10	171.29	1,229.72	0.16	40.83
	MAY	31	171.12	63.89	0.46	79.01	19.75	59.25	1,229.82	0.05	40.88
	JUN	30	120.70	46.57	0.26	31.19	7.80	23.39	1,229.91	0.02	40.90
	JUL	31	91.12	34.02	0.17	15.44	3.86	11.58	1,230.01	0.01	40.91
	AGO	31	75.37	28.14	0.13	9.61	2.40	7.21	1,230.10	0.01	40.92
	SEP	30	83.36	32.16	0.15	12.36	3.09	9.27	1,230.19	0.01	40.92
	OCT	31	132.98	49.65	0.30	39.73	9.93	29.80	1,230.29	0.03	40.95
	NOV	30	165.60	63.89	0.70	116.24	29.06	87.18	1,230.38	0.07	41.02
	DIC	31	171.12	63.89	0.72	123.16	30.79	92.37	1,230.47	0.09	41.11
34	ENE	31	171.12	63.89	0.97	165.82	41.46	124.37	1,230.57	0.11	41.22
	FEB	29	154.56	61.69	3.17	490.48	122.62	367.86	1,230.66	0.37	41.59
	MAR	31	171.12	63.89	4.14	708.73	177.18	531.55	1,230.75	0.51	42.10
	ABR	30	165.60	63.89	3.61	598.63	149.66	448.97	1,230.84	0.42	42.52
	MAY	31	171.12	63.89	1.15	196.55	49.14	147.41	1,230.93	0.13	42.65
	JUN	30	112.24	43.30	0.23	26.00	6.50	19.50	1,231.03	0.02	42.67
	JUL	31	90.86	33.92	0.17	15.33	3.83	11.50	1,231.12	0.01	42.68
	AGO	31	81.02	30.25	0.14	11.51	2.88	8.63	1,231.21	0.01	42.68
	SEP	30	67.79	26.15	0.11	7.37	1.84	5.53	1,231.30	0.00	42.69
	OCT	31	105.56	39.41	0.21	22.30	5.58	16.73	1,231.39	0.01	42.70
	NOV	30	76.50	29.51	0.13	9.97	2.49	7.48	1,231.48	0.01	42.71
	DIC	31	171.12	63.89	0.65	111.32	27.83	83.49	1,231.57	0.08	42.79
35	ENE	31	171.12	63.89	1.26	215.32	53.83	161.49	1,231.66	0.14	42.93
	FEB	29	154.56	61.69	1.40	216.58	54.15	162.44	1,231.75	0.16	43.09
	MAR	31	171.12	63.89	2.33	397.97	99.49	298.47	1,231.84	0.29	43.38
	ABR	30	165.60	63.89	2.18	360.49	90.12	270.37	1,231.93	0.26	43.63
	MAY	31	171.12	63.89	1.01	172.70	43.17	129.52	1,232.02	0.11	43.74
	JUN	30	119.17	45.98	0.25	30.21	7.55	22.65	1,232.11	0.02	43.76
	JUL	31	89.48	33.41	0.16	14.76	3.69	11.07	1,232.20	0.01	43.77
	AGO	31	90.43	33.76	0.17	15.15	3.79	11.36	1,232.29	0.01	43.78

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	SEP	30	105.23	40.60	0.21	22.13	5.53	16.60	1,232.38	0.01	43.80
	OCT	31	152.78	57.04	0.37	56.21	14.05	42.16	1,232.46	0.04	43.83
	NOV	30	125.24	48.32	0.27	34.20	8.55	25.65	1,232.55	0.02	43.85
	DIC	31	171.12	63.89	0.76	130.88	32.72	98.16	1,232.64	0.09	43.95
36	ENE	31	171.12	63.89	0.91	155.87	38.97	116.91	1,232.73	0.10	44.05
	FEB	29	154.56	61.69	1.65	254.29	63.57	190.72	1,232.82	0.19	44.24
	MAR	31	171.12	63.89	5.82	995.67	248.92	746.75	1,232.90	0.72	44.96
	ABR	30	165.60	63.89	2.93	485.83	121.46	364.37	1,232.99	0.34	45.30
	MAY	31	171.12	63.89	0.86	147.97	36.99	110.98	1,233.08	0.09	45.40
	JUN	30	146.35	56.46	0.34	50.48	12.62	37.86	1,233.16	0.03	45.43
	JUL	31	88.46	33.03	0.16	14.34	3.59	10.76	1,233.25	0.01	45.44
	AGO	31	84.74	31.64	0.15	12.88	3.22	9.66	1,233.34	0.01	45.45
	SEP	30	76.84	29.64	0.13	10.08	2.52	7.56	1,233.42	0.01	45.45
	OCT	31	171.12	63.89	0.46	77.88	19.47	58.41	1,233.51	0.05	45.50
	NOV	30	165.60	63.89	0.55	90.58	22.65	67.94	1,233.59	0.06	45.56
	DIC	31	171.12	63.89	0.65	111.90	27.98	83.93	1,233.68	0.08	45.64
37	ENE	31	171.12	63.89	0.72	122.77	30.69	92.08	1,233.77	0.08	45.72
	FEB	29	86.00	34.32	0.16	13.37	3.34	10.02	1,233.85	0.01	45.73
	MAR	31	171.12	63.89	1.67	285.92	71.48	214.44	1,233.94	0.21	45.94
	ABR	30	165.60	63.89	1.43	237.48	59.37	178.11	1,234.02	0.17	46.11
	MAY	31	149.84	55.94	0.36	53.55	13.39	40.16	1,234.10	0.03	46.14
	JUN	30	76.02	29.33	0.13	9.82	2.45	7.36	1,234.19	0.01	46.15
	JUL	31	70.59	26.35	0.12	8.16	2.04	6.12	1,234.27	0.01	46.15
	AGO	31	67.91	25.35	0.11	7.40	1.85	5.55	1,234.36	0.00	46.16
	SEP	30	78.49	30.28	0.14	10.63	2.66	7.98	1,234.44	0.01	46.16
	OCT	31	171.12	63.89	0.45	77.62	19.40	58.21	1,234.53	0.05	46.21
	NOV	30	165.60	63.89	0.43	71.58	17.90	53.69	1,234.61	0.05	46.26
	DIC	31	171.12	63.89	1.83	312.40	78.10	234.30	1,234.69	0.22	46.48
38	ENE	31	171.12	63.89	1.40	240.22	60.06	180.17	1,234.78	0.16	46.64
	FEB	29	154.56	61.69	1.41	217.73	54.43	163.29	1,234.86	0.16	46.80
	MAR	31	171.12	63.89	1.96	335.36	83.84	251.52	1,234.94	0.24	47.05
	ABR	30	165.60	63.89	1.09	179.71	44.93	134.79	1,235.02	0.13	47.17
	MAY	31	93.00	34.72	0.17	16.25	4.06	12.19	1,235.11	0.01	47.18
	JUN	30	79.43	30.65	0.14	10.96	2.74	8.22	1,235.19	0.01	47.19
	JUL	31	76.48	28.56	0.13	9.97	2.49	7.48	1,235.27	0.01	47.20

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	AGO	31	75.44	28.17	0.13	9.63	2.41	7.22	1,235.35	0.01	47.20
	SEP	30	94.89	36.61	0.18	17.09	4.27	12.82	1,235.44	0.01	47.21
	OCT	31	88.61	33.08	0.16	14.40	3.60	10.80	1,235.52	0.01	47.22
	NOV	30	152.21	58.72	0.37	55.69	13.92	41.77	1,235.60	0.04	47.26
	DIC	31	171.12	63.89	0.62	106.73	26.68	80.05	1,235.68	0.08	47.33
39	ENE	31	171.12	63.89	0.65	111.87	27.97	83.91	1,235.76	0.07	47.41
	FEB	29	154.56	61.69	2.63	406.62	101.66	304.97	1,235.84	0.30	47.71
	MAR	31	171.12	63.89	3.08	526.75	131.69	395.06	1,235.92	0.38	48.09
	ABR	30	165.60	63.89	1.57	259.21	64.80	194.41	1,236.00	0.18	48.28
	MAY	31	141.36	52.78	0.33	46.29	11.57	34.72	1,236.08	0.03	48.31
	JUN	30	106.51	41.09	0.21	22.81	5.70	17.11	1,236.16	0.01	48.32
	JUL	31	81.38	30.38	0.14	11.64	2.91	8.73	1,236.24	0.01	48.33
	AGO	31	81.26	30.34	0.14	11.60	2.90	8.70	1,236.32	0.01	48.33
	SEP	30	79.21	30.56	0.14	10.88	2.72	8.16	1,236.40	0.01	48.34
	OCT	31	121.74	45.45	0.26	31.86	7.97	23.90	1,236.48	0.02	48.36
	NOV	30	130.54	50.36	0.29	37.93	9.48	28.45	1,236.56	0.02	48.39
	DIC	31	171.12	63.89	1.04	177.30	44.33	132.98	1,236.64	0.13	48.51
40	ENE	31	171.12	63.89	1.98	338.58	84.64	253.93	1,236.72	0.23	48.74
	FEB	29	154.56	61.69	3.20	494.67	123.67	371.00	1,236.80	0.37	49.11
	MAR	31	171.12	63.89	3.90	667.90	166.98	500.93	1,236.88	0.48	49.59
	ABR	30	165.60	63.89	0.66	108.79	27.20	81.59	1,236.96	0.08	49.67
	MAY	31	134.91	50.37	0.31	41.19	10.30	30.89	1,237.04	0.03	49.69
	JUN	30	90.47	34.91	0.17	15.17	3.79	11.38	1,237.12	0.01	49.70
	JUL	31	76.17	28.44	0.13	9.86	2.47	7.40	1,237.19	0.01	49.71
	AGO	31	69.79	26.06	0.11	7.93	1.98	5.95	1,237.27	0.01	49.71
	SEP	30	61.81	23.85	0.09	5.85	1.46	4.39	1,237.35	0.00	49.72
	OCT	31	121.08	45.20	0.26	31.43	7.86	23.57	1,237.43	0.02	49.74
	NOV	30	165.60	63.89	0.62	103.09	25.77	77.32	1,237.51	0.07	49.80
	DIC	31	171.12	63.89	1.05	179.13	44.78	134.35	1,237.58	0.13	49.93
41	ENE	31	171.12	63.89	1.51	258.30	64.58	193.73	1,237.66	0.17	50.10
	FEB	29	154.56	61.69	1.27	196.92	49.23	147.69	1,237.74	0.15	50.25
	MAR	31	171.12	63.89	2.70	462.79	115.70	347.09	1,237.81	0.33	50.58
	ABR	30	165.60	63.89	1.16	192.59	48.15	144.44	1,237.89	0.14	50.72
	MAY	31	171.12	63.89	0.58	98.86	24.71	74.14	1,237.97	0.06	50.78
	JUN	30	98.39	37.96	0.19	18.71	4.68	14.03	1,238.05	0.01	50.79

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUL	31	75.37	28.14	0.13	9.61	2.40	7.21	1,238.12	0.01	50.80
	AGO	31	72.26	26.98	0.12	8.65	2.16	6.49	1,238.20	0.01	50.81
	SEP	30	80.38	31.01	0.14	11.29	2.82	8.47	1,238.27	0.01	50.81
	OCT	31	163.26	60.95	0.41	66.36	16.59	49.77	1,238.35	0.04	50.86
	NOV	30	165.60	63.89	0.58	96.42	24.10	72.31	1,238.43	0.06	50.92
	DIC	31	171.12	63.89	0.78	133.49	33.37	100.11	1,238.50	0.09	51.01
42	ENE	31	171.12	63.89	1.67	286.51	71.63	214.88	1,238.58	0.19	51.20
	FEB	29	154.56	61.69	1.76	272.68	68.17	204.51	1,238.65	0.20	51.41
	MAR	31	171.12	63.89	2.57	440.57	110.14	330.43	1,238.73	0.32	51.72
	ABR	30	165.60	63.89	0.94	156.19	39.05	117.14	1,238.80	0.11	51.83
	MAY	31	171.12	63.89	0.61	104.78	26.19	78.58	1,238.88	0.07	51.90
	JUN	30	105.70	40.78	0.21	22.38	5.59	16.78	1,238.95	0.01	51.92
	JUL	31	82.21	30.69	0.15	11.94	2.99	8.96	1,239.03	0.01	51.92
	AGO	31	82.21	30.69	0.15	11.94	2.99	8.96	1,239.10	0.01	51.93
	SEP	30	79.41	30.64	0.14	10.95	2.74	8.21	1,239.18	0.01	51.94
	OCT	31	53.65	20.03	0.08	4.11	1.03	3.08	1,239.25	0.00	51.94
	NOV	30	81.90	31.60	0.14	11.83	2.96	8.87	1,239.32	0.01	51.95
	DIC	31	117.19	43.75	0.25	28.97	7.24	21.72	1,239.40	0.02	51.97
43	ENE	31	171.12	63.89	1.24	212.06	53.01	159.04	1,239.47	0.14	52.11
	FEB	29	154.56	61.69	2.88	445.84	111.46	334.38	1,239.55	0.33	52.44
	MAR	31	171.12	63.89	3.87	662.70	165.68	497.03	1,239.62	0.48	52.92
	ABR	30	165.60	63.89	2.67	442.49	110.62	331.87	1,239.69	0.31	53.24
	MAY	31	171.12	63.89	0.85	145.01	36.25	108.76	1,239.77	0.09	53.33
	JUN	30	109.43	42.22	0.22	24.41	6.10	18.31	1,239.84	0.02	53.34
	JUL	31	86.51	32.30	0.16	13.56	3.39	10.17	1,239.91	0.01	53.35
	AGO	31	74.68	27.88	0.13	9.39	2.35	7.04	1,239.99	0.01	53.36
	SEP	30	74.09	28.59	0.12	9.21	2.30	6.91	1,240.06	0.01	53.36
	OCT	31	124.30	46.41	0.27	33.56	8.39	25.17	1,240.13	0.02	53.39
	NOV	30	159.41	61.50	0.39	62.51	15.63	46.88	1,240.20	0.04	53.43
	DIC	31	171.12	63.89	0.94	160.77	40.19	120.58	1,240.28	0.11	53.54
44	ENE	31	171.12	63.89	1.62	276.96	69.24	207.72	1,240.35	0.18	53.72
	FEB	29	154.56	61.69	3.90	602.90	150.72	452.17	1,240.42	0.45	54.17
	MAR	31	171.12	63.89	4.55	779.43	194.86	584.57	1,240.49	0.56	54.74
	ABR	30	165.60	63.89	1.89	313.78	78.45	235.34	1,240.56	0.22	54.96
	MAY	31	171.12	63.89	0.47	80.30	20.07	60.22	1,240.64	0.05	55.01

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUN	30	116.05	44.77	0.24	28.27	7.07	21.20	1,240.71	0.02	55.03
	JUL	31	88.46	33.03	0.16	14.34	3.59	10.76	1,240.78	0.01	55.04
	AGO	31	92.18	34.42	0.17	15.90	3.97	11.92	1,240.85	0.01	55.05
	SEP	30	106.20	40.97	0.21	22.64	5.66	16.98	1,240.92	0.01	55.06
	OCT	31	171.12	63.89	0.46	79.26	19.81	59.44	1,240.99	0.05	55.11
	NOV	30	165.60	63.89	1.05	173.57	43.39	130.17	1,241.06	0.11	55.22
	DIC	31	171.12	63.89	1.20	205.20	51.30	153.90	1,241.13	0.15	55.37
45	ENE	31	171.12	63.89	0.87	148.53	37.13	111.40	1,241.20	0.10	55.47
	FEB	29	154.56	61.69	1.17	180.39	45.10	135.29	1,241.27	0.13	55.60
	MAR	31	171.12	63.89	1.73	295.98	73.99	221.98	1,241.35	0.21	55.81
	ABR	30	165.60	63.89	0.95	156.55	39.14	117.41	1,241.42	0.11	55.92
	MAY	31	135.56	50.61	0.31	41.69	10.42	31.26	1,241.49	0.03	55.95
	JUN	30	82.94	32.00	0.15	12.21	3.05	9.15	1,241.56	0.01	55.96
	JUL	31	73.58	27.47	0.12	9.05	2.26	6.79	1,241.63	0.01	55.97
	AGO	31	71.61	26.74	0.12	8.45	2.11	6.34	1,241.70	0.01	55.97
	SEP	30	52.92	20.42	0.08	3.97	0.99	2.98	1,241.76	0.00	55.97
	OCT	31	107.66	40.20	0.22	23.43	5.86	17.58	1,241.83	0.01	55.99
	NOV	30	165.60	63.89	0.56	92.67	23.17	69.50	1,241.90	0.06	56.05
	DIC	31	171.12	63.89	0.94	160.85	40.21	120.64	1,241.97	0.11	56.16
46	ENE	31	171.12	63.89	1.84	315.56	78.89	236.67	1,242.04	0.21	56.37
	FEB	29	154.56	61.69	1.13	174.01	43.50	130.51	1,242.11	0.13	56.50
	MAR	31	171.12	63.89	2.20	376.27	94.07	282.20	1,242.18	0.27	56.77
	ABR	30	165.60	63.89	1.99	329.89	82.47	247.42	1,242.25	0.23	57.01
	MAY	31	164.28	61.33	0.41	67.39	16.85	50.54	1,242.32	0.04	57.05
	JUN	30	83.90	32.37	0.15	12.56	3.14	9.42	1,242.39	0.01	57.06
	JUL	31	78.59	29.34	0.14	10.67	2.67	8.00	1,242.45	0.01	57.06
	AGO	31	73.58	27.47	0.12	9.05	2.26	6.79	1,242.52	0.01	57.07
	SEP	30	73.88	28.50	0.12	9.14	2.29	6.86	1,242.59	0.01	57.08
	OCT	31	110.92	41.41	0.23	25.24	6.31	18.93	1,242.66	0.02	57.09
	NOV	30	165.60	63.89	0.62	103.15	25.79	77.36	1,242.73	0.07	57.16
	DIC	31	171.12	63.89	0.77	132.08	33.02	99.06	1,242.80	0.09	57.25
47	ENE	31	171.12	63.89	2.04	349.47	87.37	262.11	1,242.86	0.23	57.49
	FEB	29	154.56	61.69	2.29	353.24	88.31	264.93	1,242.93	0.26	57.75
	MAR	31	171.12	63.89	3.10	531.01	132.75	398.25	1,243.00	0.38	58.13
	ABR	30	165.60	63.89	1.09	180.38	45.09	135.28	1,243.07	0.13	58.26

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAY	31	171.12	63.89	0.67	114.25	28.56	85.69	1,243.13	0.07	58.33
	JUN	30	118.51	45.72	0.25	29.79	7.45	22.34	1,243.20	0.02	58.35
	JUL	31	83.51	31.18	0.15	12.42	3.10	9.31	1,243.27	0.01	58.36
	AGO	31	82.88	30.94	0.15	12.18	3.05	9.14	1,243.33	0.01	58.37
	SEP	30	95.38	36.80	0.18	17.31	4.33	12.98	1,243.40	0.01	58.38
	OCT	31	94.96	35.46	0.18	17.12	4.28	12.84	1,243.47	0.01	58.39
	NOV	30	157.61	60.81	0.39	60.76	15.19	45.57	1,243.53	0.04	58.43
	DIC	31	154.95	57.85	0.38	58.23	14.56	43.67	1,243.60	0.04	58.47
48	ENE	31	171.12	63.89	1.56	267.09	66.77	200.32	1,243.67	0.18	58.65
	FEB	29	154.56	61.69	4.84	748.24	187.06	561.18	1,243.73	0.56	59.21
	MAR	31	171.12	63.89	5.65	967.12	241.78	725.34	1,243.80	0.70	59.90
	ABR	30	165.60	63.89	3.96	655.09	163.77	491.32	1,243.87	0.46	60.37
	MAY	31	171.12	63.89	1.10	188.39	47.10	141.29	1,243.93	0.12	60.49
	JUN	30	107.76	41.58	0.22	23.49	5.87	17.62	1,244.00	0.01	60.50
	JUL	31	73.75	27.53	0.12	9.10	2.28	6.83	1,244.06	0.01	60.51
	AGO	31	79.09	29.53	0.14	10.84	2.71	8.13	1,244.13	0.01	60.51
	SEP	30	85.29	32.91	0.15	13.09	3.27	9.82	1,244.19	0.01	60.52
	OCT	31	147.01	54.89	0.35	51.06	12.76	38.29	1,244.26	0.03	60.56
	NOV	30	165.60	63.89	0.73	121.62	30.41	91.22	1,244.32	0.08	60.63
	DIC	31	171.12	63.89	1.38	236.54	59.13	177.40	1,244.39	0.17	60.80
49	ENE	31	171.12	63.89	1.25	214.01	53.50	160.51	1,244.45	0.14	60.94
	FEB	29	154.56	61.69	2.85	439.82	109.95	329.86	1,244.52	0.33	61.27
	MAR	31	171.12	63.89	2.52	430.60	107.65	322.95	1,244.58	0.31	61.58
	ABR	30	165.60	63.89	1.11	184.39	46.10	138.29	1,244.65	0.13	61.71
	MAY	31	171.12	63.89	0.72	122.48	30.62	91.86	1,244.71	0.08	61.79
	JUN	30	105.10	40.55	0.21	22.06	5.52	16.55	1,244.78	0.01	61.81
	JUL	31	80.02	29.88	0.14	11.16	2.79	8.37	1,244.84	0.01	61.81
	AGO	31	77.30	28.86	0.13	10.24	2.56	7.68	1,244.91	0.01	61.82
	SEP	30	89.70	34.61	0.17	14.85	3.71	11.13	1,244.97	0.01	61.83
	OCT	31	93.79	35.02	0.18	16.60	4.15	12.45	1,245.04	0.01	61.84
	NOV	30	130.05	50.17	0.29	37.58	9.39	28.18	1,245.10	0.02	61.86
	DIC	31	171.12	63.89	1.04	178.77	44.69	134.08	1,245.16	0.13	61.99
50	ENE	31	171.12	63.89	1.84	315.48	78.87	236.61	1,245.23	0.21	62.20
	FEB	29	154.56	61.69	5.13	792.39	198.10	594.29	1,245.29	0.59	62.79
	MAR	31	171.12	63.89	6.03	1,032.54	258.14	774.41	1,245.35	0.74	63.54

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	ABR	30	165.60	63.89	1.08	178.91	44.73	134.18	1,245.42	0.13	63.66
	MAY	31	118.95	44.41	0.25	30.07	7.52	22.55	1,245.48	0.02	63.68
	JUN	30	114.42	44.14	0.24	27.28	6.82	20.46	1,245.54	0.02	63.70
	JUL	31	101.48	37.89	0.20	20.21	5.05	15.16	1,245.61	0.01	63.71
	AGO	31	89.19	33.30	0.16	14.64	3.66	10.98	1,245.67	0.01	63.72
	SEP	30	90.97	35.10	0.17	15.38	3.85	11.54	1,245.73	0.01	63.73
	OCT	31	163.38	61.00	0.41	66.48	16.62	49.86	1,245.80	0.04	63.77
	NOV	30	165.60	63.89	1.34	221.38	55.35	166.04	1,245.86	0.14	63.92
	DIC	31	171.12	63.89	1.02	175.20	43.80	131.40	1,245.92	0.12	64.04



Anexo 4. Calculo del Volumen muerto proveniente del canal para el Escenario 1

Eficiencia Desarenador

73%

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
1	ENE	31	171.12	63.89	1.33	227.29	56.82	170.47	1124.81	0.15	0.15
	FEB	29	154.56	61.69	2.34	362.30	90.57	271.72	1005.98	0.27	0.42
	MAR	31	171.12	63.89	3.43	586.94	146.73	440.20	1039.93	0.42	0.84
	ABR	30	165.60	63.89	1.87	309.81	77.45	232.36	1057.90	0.22	1.06
	MAY	31	171.12	63.89	0.79	134.52	33.63	100.89	1175.91	0.09	1.15
	JUN	30	116.45	44.93	0.22	25.48	6.37	19.11	1175.91	0.02	1.17
	JUL	31	75.39	28.15	0.12	8.90	2.23	6.68	1175.91	0.01	1.17
	AGO	31	73.25	27.35	0.12	9.04	2.26	6.78	1175.91	0.01	1.18
	SEP	30	66.54	25.67	0.09	6.18	1.55	4.64	1175.91	0.00	1.18
	OCT	31	78.46	29.29	0.12	9.13	2.28	6.85	1175.91	0.01	1.19
	NOV	30	165.60	63.89	0.54	89.83	22.46	67.37	1175.91	0.06	1.25
	DIC	31	171.12	63.89	0.64	109.70	27.43	82.28	1054.52	0.08	1.32
2	ENE	31	171.12	63.89	1.20	205.08	51.27	153.81	1127.83	0.14	1.46
	FEB	29	154.56	61.69	0.97	150.43	37.61	112.82	1129.37	0.10	1.56
	MAR	31	171.12	63.89	2.35	402.76	100.69	302.07	1130.84	0.27	1.83
	ABR	30	165.60	63.89	1.89	313.46	78.36	235.09	1132.24	0.21	2.03
	MAY	31	159.14	59.42	0.33	52.18	13.05	39.14	1133.58	0.03	2.07
	JUN	30	112.74	43.50	0.21	23.50	5.88	17.63	1134.87	0.02	2.09
	JUL	31	102.67	38.33	0.19	19.27	4.82	14.45	1136.11	0.01	2.10
	AGO	31	85.28	31.84	0.16	13.23	3.31	9.92	1137.30	0.01	2.11
	SEP	30	82.53	31.84	0.13	10.59	2.65	7.94	1138.45	0.01	2.11
	OCT	31	171.12	63.89	0.43	74.22	18.55	55.66	1139.56	0.05	2.16
	NOV	30	165.60	63.89	0.63	103.62	25.90	77.71	1140.63	0.07	2.23
	DIC	31	171.12	63.89	0.65	110.56	27.64	82.92	1141.67	0.07	2.30
3	ENE	31	171.12	63.89	0.77	131.98	32.99	98.98	1142.68	0.09	2.39
	FEB	29	154.56	61.69	1.83	282.30	70.58	211.73	1143.65	0.19	2.58
	MAR	31	171.12	63.89	2.98	510.47	127.62	382.85	1144.60	0.33	2.91
	ABR	30	165.60	63.89	1.30	215.11	53.78	161.33	1145.53	0.14	3.05
	MAY	31	171.12	63.89	0.84	143.49	35.87	107.62	1146.43	0.09	3.15
	JUN	30	116.99	45.14	0.22	25.78	6.44	19.33	1147.30	0.02	3.16

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUL	31	79.16	29.56	0.13	10.06	2.51	7.54	1148.16	0.01	3.17
	AGO	31	74.31	27.74	0.13	9.37	2.34	7.03	1148.99	0.01	3.18
	SEP	30	72.08	27.81	0.10	7.55	1.89	5.66	1149.80	0.00	3.18
	OCT	31	109.62	40.93	0.19	21.08	5.27	15.81	1150.60	0.01	3.19
	NOV	30	165.60	63.89	0.56	92.37	23.09	69.28	1151.38	0.06	3.25
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	168.01	42.00	126.01	1152.14	0.11	3.36
4	ENE	31	171.12	63.89	1.28	219.32	54.83	164.49	1152.88	0.14	3.51
	FEB	29	154.56	61.69	0.62	96.24	24.06	72.18	1153.61	0.06	3.57
	MAR	31	171.12	63.89	2.35	402.23	100.56	301.67	1154.32	0.26	3.83
	ABR	30	165.60	63.89	1.70	282.25	70.56	211.69	1155.02	0.18	4.01
	MAY	31	171.12	63.89	0.73	124.51	31.13	93.38	1155.70	0.08	4.09
	JUN	30	106.09	40.93	0.19	20.19	5.05	15.14	1156.37	0.01	4.11
	JUL	31	88.46	33.03	0.15	13.28	3.32	9.96	1157.03	0.01	4.12
	AGO	31	72.45	27.05	0.12	8.80	2.20	6.60	1157.68	0.01	4.12
	SEP	30	74.17	28.61	0.11	8.11	2.03	6.08	1158.32	0.01	4.13
	OCT	31	129.79	48.46	0.25	32.15	8.04	24.11	1158.94	0.02	4.15
	NOV	30	134.21	51.78	0.26	34.25	8.56	25.69	1159.55	0.02	4.17
	DIC	31	171.12	63.89	0.40	68.73	17.18	51.55	1160.16	0.05	4.22
5	ENE	31	171.12	63.89	0.65	111.22	27.81	83.42	1160.75	0.07	4.29
	FEB	29	154.56	61.69	0.51	78.90	19.72	59.17	1161.33	0.06	4.35
	MAR	31	171.12	63.89	1.10	187.43	46.86	140.57	1161.91	0.14	4.49
	ABR	30	165.60	63.89	0.54	89.48	22.37	67.11	1162.47	0.06	4.55
	MAY	31	147.31	55.00	0.29	43.02	10.76	32.27	1163.03	0.03	4.58
	JUN	30	67.16	25.91	0.10	6.44	1.61	4.83	1163.57	0.00	4.58
	JUL	31	62.22	23.23	0.09	5.51	1.38	4.13	1164.11	0.00	4.58
	AGO	31	52.51	19.60	0.07	3.93	0.98	2.95	1164.65	0.00	4.59
	SEP	30	67.96	26.22	0.10	6.52	1.63	4.89	1165.17	0.00	4.59
	OCT	31	89.33	33.35	0.14	12.63	3.16	9.48	1165.68	0.01	4.60
	NOV	30	81.90	31.60	0.12	9.97	2.49	7.47	1166.19	0.01	4.61
	DIC	31	171.12	63.89	0.60	102.75	25.69	77.06	1166.70	0.07	4.68
6	ENE	31	171.12	63.89	1.07	183.56	45.89	137.67	1167.19	0.12	4.80
	FEB	29	154.56	61.69	1.27	196.47	49.12	147.35	1167.68	0.15	4.95
	MAR	31	171.12	63.89	1.59	272.62	68.15	204.46	1168.16	0.20	5.14
	ABR	30	165.60	63.89	0.73	120.25	30.06	90.19	1168.64	0.09	5.23

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAY	31	171.12	63.89	0.48	82.42	20.61	61.82	1169.10	0.05	5.28
	JUN	30	80.61	31.10	0.13	10.16	2.54	7.62	1169.57	0.01	5.29
	JUL	31	69.86	26.08	0.11	7.36	1.84	5.52	1170.02	0.00	5.29
	AGO	31	66.31	24.76	0.11	7.05	1.76	5.29	1170.48	0.00	5.30
	SEP	30	65.64	25.32	0.09	5.98	1.49	4.48	1170.92	0.00	5.30
	OCT	31	102.06	38.10	0.17	17.63	4.41	13.22	1171.36	0.01	5.31
	NOV	30	131.15	50.60	0.25	32.34	8.08	24.25	1171.80	0.02	5.33
	DIC	31	171.12	63.89	0.40	68.48	17.12	51.36	1172.23	0.05	5.38
7	ENE	31	171.12	63.89	0.77	132.55	33.14	99.41	1172.65	0.09	5.47
	FEB	29	154.56	61.69	2.10	324.29	81.07	243.22	1173.08	0.24	5.71
	MAR	31	171.12	63.89	2.77	473.52	118.38	355.14	1173.49	0.34	6.05
	ABR	30	165.60	63.89	1.76	292.01	73.00	219.01	1173.90	0.21	6.26
	MAY	31	171.12	63.89	0.39	66.29	16.57	49.72	1174.31	0.04	6.30
	JUN	30	76.34	29.45	0.12	8.87	2.22	6.65	1174.71	0.01	6.31
	JUL	31	70.42	26.29	0.11	7.51	1.88	5.63	1175.11	0.00	6.31
	AGO	31	66.25	24.74	0.11	7.04	1.76	5.28	1175.50	0.00	6.32
	SEP	30	60.86	23.48	0.08	4.95	1.24	3.71	1175.89	0.00	6.32
	OCT	31	156.22	58.32	0.33	51.10	12.77	38.32	1176.28	0.03	6.35
	NOV	30	123.41	47.61	0.23	27.77	6.94	20.83	1176.66	0.02	6.37
	DIC	31	171.12	63.89	0.48	82.02	20.51	61.52	1177.04	0.06	6.43
8	ENE	31	171.12	63.89	1.56	266.12	66.53	199.59	1177.41	0.18	6.61
	FEB	29	154.56	61.69	2.36	365.49	91.37	274.12	1177.78	0.27	6.88
	MAR	31	171.12	63.89	3.54	606.39	151.60	454.79	1178.15	0.44	7.32
	ABR	30	165.60	63.89	2.39	395.39	98.85	296.54	1178.51	0.28	7.60
	MAY	31	171.12	63.89	0.48	82.05	20.51	61.54	1178.87	0.05	7.65
	JUN	30	122.02	47.07	0.23	28.63	7.16	21.48	1179.22	0.02	7.67
	JUL	31	97.15	36.27	0.17	16.78	4.19	12.58	1179.57	0.01	7.68
	AGO	31	90.68	33.85	0.17	15.42	3.85	11.56	1179.92	0.01	7.69
	SEP	30	86.47	33.36	0.14	11.90	2.98	8.93	1180.27	0.01	7.69
	OCT	31	171.12	63.89	0.42	71.03	17.76	53.28	1180.61	0.05	7.74
	NOV	30	165.60	63.89	0.39	64.42	16.11	48.32	1180.95	0.04	7.78
	DIC	31	171.12	63.89	0.70	120.35	30.09	90.26	1181.29	0.09	7.87
9	ENE	31	171.12	63.89	2.04	349.68	87.42	262.26	1181.62	0.23	8.10
	FEB	29	154.56	61.69	2.47	381.31	95.33	285.98	1181.95	0.28	8.38

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAR	31	171.12	63.89	3.52	602.56	150.64	451.92	1182.28	0.43	8.82
	ABR	30	165.60	63.89	2.50	414.61	103.65	310.95	1182.60	0.29	9.11
	MAY	31	171.12	63.89	0.69	118.39	29.60	88.79	1182.93	0.08	9.19
	JUN	30	115.93	44.73	0.22	25.20	6.30	18.90	1183.24	0.02	9.20
	JUL	31	97.15	36.27	0.17	16.78	4.19	12.58	1183.56	0.01	9.22
	AGO	31	88.63	33.09	0.16	14.56	3.64	10.92	1183.87	0.01	9.22
	SEP	30	83.14	32.08	0.13	10.79	2.70	8.09	1184.19	0.01	9.23
	OCT	31	159.40	59.51	0.34	53.74	13.44	40.31	1184.49	0.03	9.27
	NOV	30	134.21	51.78	0.26	34.25	8.56	25.69	1184.80	0.02	9.29
	DIC	31	171.12	63.89	0.46	78.30	19.58	58.73	1185.10	0.06	9.34
10	ENE	31	171.12	63.89	1.84	315.43	78.86	236.57	1185.41	0.21	9.55
	FEB	29	154.56	61.69	1.01	156.61	39.15	117.46	1185.70	0.12	9.67
	MAR	31	171.12	63.89	1.78	304.53	76.13	228.40	1186.00	0.22	9.89
	ABR	30	165.60	63.89	0.76	125.53	31.38	94.15	1186.29	0.09	9.98
	MAY	31	165.73	61.88	0.35	57.75	14.44	43.31	1186.59	0.04	10.02
	JUN	30	100.75	38.87	0.18	17.74	4.44	13.31	1186.88	0.01	10.03
	JUL	31	89.47	33.40	0.15	13.66	3.41	10.24	1187.16	0.01	10.04
	AGO	31	77.30	28.86	0.13	10.35	2.59	7.76	1187.45	0.01	10.04
	SEP	30	73.45	28.34	0.11	7.92	1.98	5.94	1187.73	0.01	10.05
	OCT	31	98.44	36.75	0.16	16.11	4.03	12.08	1188.01	0.01	10.06
	NOV	30	165.60	63.89	0.36	59.12	14.78	44.34	1188.29	0.04	10.10
	DIC	31	171.12	63.89	0.58	98.58	24.64	73.93	1188.57	0.07	10.17
11	ENE	31	171.12	63.89	1.37	234.89	58.72	176.17	1188.84	0.16	10.32
	FEB	29	154.56	61.69	1.38	213.08	53.27	159.81	1189.11	0.16	10.48
	MAR	31	171.12	63.89	1.73	296.11	74.03	222.08	1189.39	0.21	10.70
	ABR	30	165.60	63.89	1.17	193.06	48.26	144.79	1189.65	0.14	10.83
	MAY	31	94.15	35.15	0.15	14.05	3.51	10.54	1189.92	0.01	10.84
	JUN	30	80.72	31.14	0.13	10.19	2.55	7.65	1190.19	0.01	10.85
	JUL	31	73.58	27.47	0.11	8.38	2.09	6.28	1190.45	0.01	10.85
	AGO	31	68.00	25.39	0.11	7.51	1.88	5.63	1190.71	0.00	10.86
	SEP	30	74.20	28.63	0.11	8.12	2.03	6.09	1190.97	0.01	10.86
	OCT	31	110.55	41.27	0.19	21.53	5.38	16.14	1191.23	0.01	10.88
	NOV	30	165.60	63.89	0.36	59.70	14.92	44.77	1191.48	0.04	10.92
	DIC	31	171.12	63.89	0.67	114.77	28.69	86.08	1191.74	0.08	11.00

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
12	ENE	31	171.12	63.89	1.11	190.65	47.66	142.98	1191.99	0.13	11.13
	FEB	29	154.56	61.69	1.27	195.73	48.93	146.80	1192.24	0.15	11.27
	MAR	31	171.12	63.89	1.56	267.72	66.93	200.79	1192.49	0.19	11.46
	ABR	30	165.60	63.89	0.88	145.07	36.27	108.81	1192.74	0.10	11.57
	MAY	31	154.38	57.64	0.31	48.37	12.09	36.28	1192.98	0.03	11.60
	JUN	30	85.37	32.94	0.14	11.72	2.93	8.79	1193.23	0.01	11.61
	JUL	31	79.16	29.56	0.13	10.06	2.51	7.54	1193.47	0.01	11.61
	AGO	31	74.25	27.72	0.13	9.35	2.34	7.02	1193.71	0.01	11.62
	SEP	30	115.26	44.47	0.21	24.42	6.10	18.31	1193.95	0.02	11.63
	OCT	31	95.79	35.77	0.16	15.05	3.76	11.28	1194.19	0.01	11.64
	NOV	30	165.60	63.89	0.85	141.06	35.27	105.80	1194.43	0.09	11.73
	DIC	31	171.12	63.89	0.88	150.19	37.55	112.64	1194.66	0.11	11.84
13	ENE	31	171.12	63.89	1.56	266.12	66.53	199.59	1194.90	0.18	12.02
	FEB	29	106.74	42.60	0.15	15.71	3.93	11.78	1195.13	0.01	12.03
	MAR	31	171.12	63.89	0.47	80.26	20.07	60.20	1195.36	0.06	12.09
	ABR	30	153.23	59.12	0.27	40.96	10.24	30.72	1195.59	0.03	12.12
	MAY	31	84.91	31.70	0.13	10.85	2.71	8.14	1195.82	0.01	12.12
	JUN	30	83.91	32.37	0.13	11.23	2.81	8.42	1196.05	0.01	12.13
	JUL	31	81.19	30.31	0.13	10.71	2.68	8.03	1196.27	0.01	12.14
	AGO	31	81.19	30.31	0.14	11.70	2.92	8.77	1196.50	0.01	12.14
	SEP	30	83.24	32.11	0.13	10.82	2.71	8.12	1196.72	0.01	12.15
	OCT	31	145.42	54.29	0.29	42.72	10.68	32.04	1196.94	0.03	12.18
	NOV	30	165.60	63.89	0.39	65.22	16.30	48.91	1197.16	0.04	12.22
	DIC	31	171.12	63.89	0.57	98.23	24.56	73.67	1197.38	0.07	12.29
14	ENE	31	171.12	63.89	0.80	136.51	34.13	102.38	1197.60	0.09	12.38
	FEB	29	154.56	61.69	0.77	119.67	29.92	89.75	1197.81	0.09	12.47
	MAR	31	171.12	63.89	0.96	163.44	40.86	122.58	1198.03	0.12	12.59
	ABR	30	165.60	63.89	1.29	214.08	53.52	160.56	1198.24	0.15	12.74
	MAY	31	171.12	63.89	0.52	89.15	22.29	66.86	1198.46	0.06	12.80
	JUN	30	101.66	39.22	0.18	18.14	4.54	13.61	1198.67	0.01	12.81
	JUL	31	84.13	31.41	0.14	11.71	2.93	8.78	1198.88	0.01	12.82
	AGO	31	69.86	26.08	0.11	8.03	2.01	6.02	1199.09	0.01	12.82
	SEP	30	80.89	31.21	0.12	10.08	2.52	7.56	1199.30	0.01	12.83
	OCT	31	131.84	49.23	0.25	33.44	8.36	25.08	1199.50	0.02	12.85

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	NOV	30	161.21	62.19	0.34	54.17	13.54	40.63	1199.71	0.03	12.88
	DIC	31	115.32	43.06	0.20	22.79	5.70	17.09	1199.92	0.02	12.90
15	ENE	31	171.12	63.89	0.95	162.45	40.61	121.83	1200.12	0.11	13.01
	FEB	29	154.56	61.69	0.31	48.09	12.02	36.07	1200.32	0.04	13.04
	MAR	31	171.12	63.89	2.06	352.09	88.02	264.06	1200.52	0.25	13.30
	ABR	30	165.60	63.89	1.90	314.08	78.52	235.56	1200.72	0.22	13.52
	MAY	31	171.12	63.89	0.55	93.43	23.36	70.08	1200.92	0.06	13.58
	JUN	30	103.19	39.81	0.18	18.84	4.71	14.13	1201.12	0.01	13.59
	JUL	31	73.94	27.60	0.11	8.48	2.12	6.36	1201.32	0.01	13.60
	AGO	31	66.25	24.74	0.11	7.04	1.76	5.28	1201.52	0.00	13.60
	SEP	30	71.71	27.66	0.10	7.45	1.86	5.59	1201.71	0.00	13.61
	OCT	31	171.12	63.89	0.48	82.88	20.72	62.16	1201.91	0.05	13.66
	NOV	30	154.17	59.48	0.31	48.45	12.11	36.34	1202.10	0.03	13.69
	DIC	31	163.22	60.94	0.33	54.32	13.58	40.74	1202.29	0.04	13.73
16	ENE	31	171.12	63.89	0.46	77.97	19.49	58.47	1202.48	0.05	13.78
	FEB	29	154.56	61.69	0.34	53.16	13.29	39.87	1202.68	0.04	13.82
	MAR	31	171.12	63.89	2.35	402.99	100.75	302.24	1202.87	0.29	14.11
	ABR	30	165.60	63.89	1.26	208.69	52.17	156.52	1203.05	0.15	14.26
	MAY	31	171.12	63.89	0.88	151.34	37.83	113.50	1203.24	0.10	14.36
	JUN	30	79.25	30.57	0.12	9.73	2.43	7.30	1203.43	0.01	14.36
	JUL	31	74.83	27.94	0.12	8.74	2.18	6.55	1203.61	0.01	14.37
	AGO	31	71.98	26.88	0.12	8.66	2.16	6.49	1203.80	0.01	14.38
	SEP	30	70.79	27.31	0.10	7.22	1.80	5.41	1203.98	0.00	14.38
	OCT	31	146.52	54.70	0.30	43.53	10.88	32.65	1204.17	0.03	14.41
	NOV	30	165.60	63.89	0.89	147.00	36.75	110.25	1204.35	0.09	14.50
	DIC	31	171.12	63.89	1.06	180.73	45.18	135.55	1204.53	0.13	14.63
17	ENE	31	171.12	63.89	0.90	154.06	38.51	115.54	1204.71	0.10	14.73
	FEB	29	154.56	61.69	0.68	104.40	26.10	78.30	1204.89	0.08	14.81
	MAR	31	171.12	63.89	1.55	265.46	66.37	199.10	1205.07	0.19	15.00
	ABR	30	165.60	63.89	0.89	147.49	36.87	110.62	1205.25	0.10	15.11
	MAY	31	123.60	46.15	0.22	27.74	6.93	20.80	1205.43	0.02	15.13
	JUN	30	85.72	33.07	0.14	11.84	2.96	8.88	1205.60	0.01	15.13
	JUL	31	74.87	27.95	0.12	8.75	2.19	6.56	1205.78	0.01	15.14
	AGO	31	74.31	27.74	0.13	9.37	2.34	7.03	1205.95	0.01	15.15

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	SEP	30	84.52	32.61	0.13	11.24	2.81	8.43	1206.13	0.01	15.15
	OCT	31	130.36	48.67	0.25	32.50	8.13	24.38	1206.30	0.02	15.17
	NOV	30	165.60	63.89	0.46	76.00	19.00	57.00	1206.48	0.05	15.22
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	167.37	41.84	125.53	1206.65	0.12	15.34
18	ENE	31	171.12	63.89	1.44	245.77	61.44	184.32	1206.82	0.16	15.51
	FEB	29	154.56	61.69	2.51	387.46	96.87	290.60	1206.99	0.29	15.79
	MAR	31	171.12	63.89	2.98	510.36	127.59	382.77	1207.16	0.37	16.16
	ABR	30	165.60	63.89	0.42	69.18	17.29	51.88	1207.33	0.05	16.21
	MAY	31	168.48	62.90	0.36	60.18	15.04	45.13	1207.49	0.04	16.25
	JUN	30	89.33	34.46	0.15	13.13	3.28	9.85	1207.66	0.01	16.26
	JUL	31	79.14	29.55	0.13	10.05	2.51	7.54	1207.83	0.01	16.26
	AGO	31	69.86	26.08	0.11	8.03	2.01	6.02	1207.99	0.01	16.27
	SEP	30	78.15	30.15	0.12	9.24	2.31	6.93	1208.16	0.01	16.27
	OCT	31	93.46	34.89	0.15	14.15	3.54	10.61	1208.32	0.01	16.28
	NOV	30	165.60	63.89	0.42	70.19	17.55	52.64	1208.49	0.04	16.33
	DIC	31	171.12	63.89	0.55	93.36	23.34	70.02	1208.65	0.07	16.39
19	ENE	31	171.12	63.89	0.50	85.49	21.37	64.12	1208.81	0.06	16.45
	FEB	29	154.56	61.69	1.44	222.68	55.67	167.01	1208.98	0.17	16.62
	MAR	31	171.12	63.89	4.26	728.68	182.17	546.51	1209.14	0.53	17.14
	ABR	30	165.60	63.89	1.65	273.51	68.38	205.13	1209.30	0.19	17.34
	MAY	31	171.12	63.89	0.84	143.52	35.88	107.64	1209.46	0.09	17.43
	JUN	30	144.26	55.66	0.30	43.52	10.88	32.64	1209.62	0.03	17.46
	JUL	31	103.88	38.78	0.19	19.84	4.96	14.88	1209.77	0.01	17.47
	AGO	31	82.49	30.80	0.15	12.17	3.04	9.13	1209.93	0.01	17.48
	SEP	30	92.33	35.62	0.15	14.02	3.51	10.52	1210.09	0.01	17.49
	OCT	31	150.97	56.36	0.31	46.91	11.73	35.18	1210.25	0.03	17.52
	NOV	30	165.60	63.89	0.85	141.12	35.28	105.84	1210.40	0.09	17.61
	DIC	31	171.12	63.89	1.94	332.46	83.11	249.34	1210.56	0.24	17.84
20	ENE	31	171.12	63.89	1.28	219.25	54.81	164.44	1210.71	0.15	17.99
	FEB	29	154.56	61.69	0.72	111.34	27.83	83.50	1210.87	0.08	18.07
	MAR	31	171.12	63.89	0.94	160.71	40.18	120.53	1211.02	0.12	18.19
	ABR	30	165.60	63.89	0.51	84.77	21.19	63.58	1211.17	0.06	18.25
	MAY	31	171.12	63.89	0.38	64.86	16.22	48.65	1211.32	0.04	18.29
	JUN	30	67.60	26.08	0.10	6.54	1.64	4.91	1211.48	0.00	18.29

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUL	31	62.42	23.31	0.09	5.55	1.39	4.16	1211.63	0.00	18.30
	AGO	31	68.17	25.45	0.11	7.56	1.89	5.67	1211.78	0.00	18.30
	SEP	30	68.97	26.61	0.10	6.76	1.69	5.07	1211.93	0.00	18.31
	OCT	31	125.29	46.78	0.23	29.44	7.36	22.08	1212.08	0.02	18.33
	NOV	30	165.60	63.89	0.90	148.82	37.20	111.61	1212.23	0.09	18.42
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	168.01	42.00	126.01	1212.37	0.12	18.54
21	ENE	31	171.12	63.89	1.28	219.40	54.85	164.55	1212.52	0.15	18.69
	FEB	29	154.56	61.69	0.50	77.80	19.45	58.35	1212.67	0.06	18.74
	MAR	31	171.12	63.89	1.20	205.65	51.41	154.24	1212.81	0.15	18.89
	ABR	30	165.60	63.89	0.33	54.26	13.56	40.69	1212.96	0.04	18.93
	MAY	31	171.12	63.89	0.64	109.51	27.38	82.13	1213.11	0.07	19.00
	JUN	30	110.50	42.63	0.20	22.35	5.59	16.76	1213.25	0.01	19.01
	JUL	31	78.51	29.31	0.13	9.85	2.46	7.39	1213.39	0.01	19.02
	AGO	31	75.44	28.17	0.13	9.73	2.43	7.30	1213.54	0.01	19.03
	SEP	30	71.67	27.65	0.10	7.44	1.86	5.58	1213.68	0.00	19.03
	OCT	31	56.76	21.19	0.07	4.07	1.02	3.05	1213.82	0.00	19.03
	NOV	30	138.33	53.37	0.27	36.95	9.24	27.71	1213.97	0.02	19.06
	DIC	31	171.12	63.89	0.80	137.53	34.38	103.15	1214.11	0.10	19.16
22	ENE	31	171.12	63.89	0.63	108.22	27.06	81.17	1214.25	0.07	19.23
	FEB	29	154.56	61.69	1.99	306.96	76.74	230.22	1214.39	0.23	19.46
	MAR	31	171.12	63.89	1.55	265.46	66.37	199.10	1214.53	0.19	19.65
	ABR	30	165.60	63.89	1.00	164.77	41.19	123.58	1214.67	0.12	19.76
	MAY	31	171.12	63.89	0.41	69.85	17.46	52.39	1214.81	0.04	19.81
	JUN	30	75.90	29.28	0.12	8.74	2.18	6.55	1214.95	0.01	19.82
	JUL	31	63.63	23.76	0.09	5.83	1.46	4.37	1215.08	0.00	19.82
	AGO	31	63.63	23.76	0.10	6.36	1.59	4.77	1215.22	0.00	19.82
	SEP	30	72.49	27.97	0.11	7.66	1.92	5.75	1215.36	0.00	19.83
	OCT	31	93.59	34.94	0.15	14.20	3.55	10.65	1215.50	0.01	19.84
	NOV	30	165.60	63.89	0.38	63.26	15.82	47.45	1215.63	0.04	19.88
	DIC	31	171.12	63.89	0.64	108.83	27.21	81.63	1215.77	0.08	19.95
23	ENE	31	171.12	63.89	2.80	478.77	119.69	359.08	1215.90	0.32	20.27
	FEB	29	154.56	61.69	4.71	727.61	181.90	545.71	1216.04	0.54	20.82
	MAR	31	171.12	63.89	6.23	1065.43	266.36	799.07	1216.17	0.77	21.58
	ABR	30	165.60	63.89	2.89	479.00	119.75	359.25	1216.31	0.34	21.92

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAY	31	171.12	63.89	0.68	116.89	29.22	87.67	1216.44	0.07	22.00
	JUN	30	125.11	48.27	0.24	30.49	7.62	22.86	1216.57	0.02	22.02
	JUL	31	86.79	32.40	0.15	12.66	3.16	9.49	1216.70	0.01	22.03
	AGO	31	88.46	33.03	0.16	14.49	3.62	10.87	1216.84	0.01	22.03
	SEP	30	90.45	34.90	0.15	13.32	3.33	9.99	1216.97	0.01	22.04
	OCT	31	171.12	63.89	0.46	78.22	19.55	58.66	1217.10	0.05	22.09
	NOV	30	165.60	63.89	0.63	103.62	25.90	77.71	1217.23	0.07	22.16
	DIC	31	171.12	63.89	0.70	119.55	29.89	89.66	1217.36	0.09	22.24
24	ENE	31	171.12	63.89	1.46	250.44	62.61	187.83	1217.49	0.17	22.41
	FEB	29	154.56	61.69	1.28	198.48	49.62	148.86	1217.62	0.15	22.56
	MAR	31	171.12	63.89	0.91	155.11	38.78	116.33	1217.75	0.11	22.67
	ABR	30	165.60	63.89	1.50	248.01	62.00	186.01	1217.88	0.18	22.85
	MAY	31	171.12	63.89	0.42	71.50	17.87	53.62	1218.00	0.05	22.89
	JUN	30	109.35	42.19	0.20	21.77	5.44	16.33	1218.13	0.01	22.91
	JUL	31	90.68	33.85	0.16	14.12	3.53	10.59	1218.26	0.01	22.92
	AGO	31	70.59	26.35	0.12	8.24	2.06	6.18	1218.39	0.01	22.92
	SEP	30	77.20	29.79	0.12	8.97	2.24	6.73	1218.51	0.01	22.93
	OCT	31	145.32	54.26	0.29	42.65	10.66	31.98	1218.64	0.03	22.95
	NOV	30	165.60	63.89	0.89	147.53	36.88	110.64	1218.76	0.09	23.05
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	167.96	41.99	125.97	1218.89	0.12	23.17
25	ENE	31	171.12	63.89	0.58	100.06	25.02	75.05	1219.01	0.07	23.23
	FEB	29	154.56	61.69	1.10	170.14	42.53	127.60	1219.14	0.13	23.36
	MAR	31	171.12	63.89	3.72	636.38	159.09	477.28	1219.26	0.46	23.82
	ABR	30	165.60	63.89	2.22	367.85	91.96	275.89	1219.38	0.26	24.08
	MAY	31	171.12	63.89	0.97	166.75	41.69	125.06	1219.51	0.11	24.19
	JUN	30	138.03	53.25	0.28	38.97	9.74	29.23	1219.63	0.02	24.21
	JUL	31	103.90	38.79	0.19	19.85	4.96	14.89	1219.75	0.01	24.22
	AGO	31	93.97	35.08	0.18	16.85	4.21	12.64	1219.88	0.01	24.24
	SEP	30	95.45	36.82	0.16	15.24	3.81	11.43	1220.00	0.01	24.25
	OCT	31	141.75	52.93	0.28	40.08	10.02	30.06	1220.12	0.03	24.27
	NOV	30	165.60	63.89	0.46	76.32	19.08	57.24	1220.24	0.05	24.32
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	167.37	41.84	125.53	1220.36	0.12	24.44
	ENE	31	171.12	63.89	1.37	234.89	58.72	176.17	1220.48	0.16	24.60
	FEB	29	154.56	61.69	1.85	286.01	71.50	214.51	1220.60	0.21	24.81

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAR	31	171.12	63.89	2.41	413.15	103.29	309.86	1220.72	0.30	25.11
	ABR	30	165.60	63.89	0.96	158.27	39.57	118.70	1220.84	0.11	25.22
	MAY	31	171.12	63.89	0.42	71.43	17.86	53.57	1220.96	0.05	25.27
	JUN	30	77.65	29.96	0.12	9.25	2.31	6.94	1221.07	0.01	25.27
	JUL	31	71.72	26.78	0.11	7.86	1.96	5.89	1221.19	0.01	25.28
	AGO	31	69.81	26.06	0.11	8.02	2.00	6.01	1221.31	0.01	25.28
	SEP	30	88.57	34.17	0.14	12.64	3.16	9.48	1221.43	0.01	25.29
	OCT	31	95.67	35.72	0.16	15.00	3.75	11.25	1221.54	0.01	25.30
	NOV	30	165.60	63.89	0.46	76.28	19.07	57.21	1221.66	0.05	25.35
	DIC	31	171.12	63.89	0.69	117.48	29.37	88.11	1221.78	0.08	25.43
27	ENE	31	171.12	63.89	0.91	156.13	39.03	117.10	1221.89	0.10	25.54
	FEB	29	154.56	61.69	1.38	213.34	53.33	160.00	1222.01	0.16	25.70
	MAR	31	171.12	63.89	3.37	577.12	144.28	432.84	1222.12	0.42	26.11
	ABR	30	165.60	63.89	2.10	347.65	86.91	260.74	1222.24	0.25	26.36
	MAY	31	167.40	62.50	0.35	59.22	14.80	44.41	1222.35	0.04	26.40
	JUN	30	110.70	42.71	0.20	22.45	5.61	16.84	1222.47	0.01	26.41
	JUL	31	86.60	32.33	0.15	12.59	3.15	9.44	1222.58	0.01	26.42
	AGO	31	80.45	30.03	0.14	11.43	2.86	8.57	1222.69	0.01	26.42
	SEP	30	107.99	41.66	0.19	20.75	5.19	15.56	1222.81	0.01	26.44
	OCT	31	162.38	60.63	0.35	56.29	14.07	42.22	1222.92	0.04	26.47
	NOV	30	147.89	57.06	0.30	43.66	10.92	32.75	1223.03	0.03	26.50
	DIC	31	171.12	63.89	0.46	78.30	19.58	58.73	1223.14	0.06	26.56
28	ENE	31	171.12	63.89	0.52	88.51	22.13	66.38	1223.26	0.06	26.62
	FEB	29	154.56	61.69	1.44	223.29	55.82	167.47	1223.37	0.17	26.78
	MAR	31	171.12	63.89	1.79	306.97	76.74	230.23	1223.48	0.22	27.00
	ABR	30	165.60	63.89	0.45	74.11	18.53	55.58	1223.59	0.05	27.06
	MAY	31	171.12	63.89	0.42	71.52	17.88	53.64	1223.70	0.05	27.10
	JUN	30	84.31	32.53	0.13	11.36	2.84	8.52	1223.81	0.01	27.11
	JUL	31	74.31	27.74	0.12	8.59	2.15	6.44	1223.92	0.01	27.11
	AGO	31	78.55	29.33	0.14	10.77	2.69	8.08	1224.03	0.01	27.12
	SEP	30	88.76	34.25	0.14	12.71	3.18	9.53	1224.14	0.01	27.13
	OCT	31	134.06	50.05	0.26	34.86	8.71	26.14	1224.25	0.02	27.15
	NOV	30	165.60	63.89	0.87	143.67	35.92	107.76	1224.36	0.09	27.24
	DIC	31	171.12	63.89	1.13	193.71	48.43	145.28	1224.47	0.14	27.38

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
29	ENE	31	171.12	63.89	0.65	112.08	28.02	84.06	1224.57	0.07	27.46
	FEB	29	86.00	34.32	0.11	9.16	2.29	6.87	1224.68	0.01	27.46
	MAR	31	171.12	63.89	0.73	124.88	31.22	93.66	1224.79	0.09	27.55
	ABR	30	165.60	63.89	0.68	113.09	28.27	84.82	1224.90	0.08	27.63
	MAY	31	138.68	51.78	0.27	36.99	9.25	27.75	1225.00	0.02	27.66
	JUN	30	92.42	35.66	0.15	14.30	3.57	10.72	1225.11	0.01	27.67
	JUL	31	79.70	29.76	0.13	10.23	2.56	7.67	1225.22	0.01	27.67
	AGO	31	74.12	27.67	0.13	9.31	2.33	6.99	1225.32	0.01	27.68
	SEP	30	80.76	31.16	0.12	10.03	2.51	7.53	1225.43	0.01	27.69
	OCT	31	113.74	42.46	0.20	23.11	5.78	17.33	1225.53	0.01	27.70
	NOV	30	165.60	63.89	0.52	86.91	21.73	65.18	1225.64	0.06	27.76
	DIC	31	171.12	63.89	1.50	256.55	64.14	192.41	1225.74	0.18	27.94
30	ENE	31	171.12	63.89	1.42	242.67	60.67	182.00	1225.85	0.16	28.10
	FEB	29	154.56	61.69	1.61	248.95	62.24	186.71	1225.95	0.19	28.29
	MAR	31	171.12	63.89	1.61	275.95	68.99	206.97	1226.06	0.20	28.48
	ABR	30	165.60	63.89	0.54	90.17	22.54	67.63	1226.16	0.06	28.55
	MAY	31	171.12	63.89	0.48	82.52	20.63	61.89	1226.26	0.05	28.60
	JUN	30	122.41	47.23	0.24	28.87	7.22	21.65	1226.37	0.02	28.62
	JUL	31	93.47	34.90	0.16	15.23	3.81	11.42	1226.47	0.01	28.63
	AGO	31	89.02	33.24	0.17	14.72	3.68	11.04	1226.57	0.01	28.64
	SEP	30	83.27	32.13	0.13	10.83	2.71	8.13	1226.67	0.01	28.65
	OCT	31	171.12	63.89	0.47	80.21	20.05	60.16	1226.78	0.05	28.70
	NOV	30	165.60	63.89	0.60	99.85	24.96	74.89	1226.88	0.06	28.76
	DIC	31	171.12	63.89	0.70	120.35	30.09	90.26	1226.98	0.09	28.85
31	ENE	31	171.12	63.89	1.11	190.77	47.69	143.08	1227.08	0.13	28.97
	FEB	29	154.56	61.69	1.04	160.82	40.21	120.62	1227.18	0.12	29.09
	MAR	31	171.12	63.89	1.29	221.06	55.26	165.79	1227.28	0.16	29.25
	ABR	30	165.60	63.89	0.47	78.39	19.60	58.79	1227.38	0.06	29.31
	MAY	31	169.24	63.19	0.36	60.86	15.22	45.65	1227.48	0.04	29.35
	JUN	30	80.39	31.01	0.13	10.09	2.52	7.57	1227.58	0.01	29.35
	JUL	31	72.97	27.24	0.11	8.20	2.05	6.15	1227.68	0.01	29.36
	AGO	31	71.15	26.56	0.12	8.41	2.10	6.31	1227.78	0.01	29.36
	SEP	30	84.93	32.76	0.13	11.38	2.84	8.53	1227.88	0.01	29.37
	OCT	31	117.98	44.05	0.21	25.33	6.33	18.99	1227.98	0.02	29.39

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	NOV	30	165.60	63.89	0.46	76.32	19.08	57.24	1228.08	0.05	29.44
	DIC	31	111.60	41.67	0.19	21.00	5.25	15.75	1228.18	0.01	29.45
32	ENE	31	171.12	63.89	0.83	141.81	35.45	106.36	1228.28	0.09	29.55
	FEB	29	154.56	61.69	1.54	237.73	59.43	178.30	1228.38	0.18	29.72
	MAR	31	171.12	63.89	1.91	326.05	81.51	244.54	1228.47	0.24	29.96
	ABR	30	165.60	63.89	0.93	154.75	38.69	116.06	1228.57	0.11	30.07
	MAY	31	171.12	63.89	0.41	69.37	17.34	52.03	1228.67	0.04	30.11
	JUN	30	106.60	41.13	0.19	20.43	5.11	15.32	1228.77	0.01	30.12
	JUL	31	96.20	35.92	0.17	16.37	4.09	12.28	1228.86	0.01	30.13
	AGO	31	89.50	33.42	0.17	14.92	3.73	11.19	1228.96	0.01	30.14
	SEP	30	89.79	34.64	0.15	13.08	3.27	9.81	1229.06	0.01	30.15
	OCT	31	98.56	36.80	0.16	16.16	4.04	12.12	1229.15	0.01	30.16
	NOV	30	165.60	63.89	0.65	107.08	26.77	80.31	1229.25	0.07	30.23
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	168.01	42.00	126.01	1229.34	0.12	30.35
33	ENE	31	171.12	63.89	0.35	59.23	14.81	44.42	1229.44	0.04	30.39
	FEB	29	154.56	61.69	0.53	81.21	20.30	60.91	1229.53	0.06	30.45
	MAR	31	171.12	63.89	1.82	311.80	77.95	233.85	1229.63	0.22	30.67
	ABR	30	165.60	63.89	1.00	165.21	41.30	123.91	1229.72	0.12	30.79
	MAY	31	171.12	63.89	0.39	66.23	16.56	49.67	1229.82	0.04	30.83
	JUN	30	120.70	46.57	0.23	27.87	6.97	20.90	1229.91	0.02	30.85
	JUL	31	91.12	34.02	0.16	14.30	3.57	10.72	1230.01	0.01	30.86
	AGO	31	75.37	28.14	0.13	9.71	2.43	7.28	1230.10	0.01	30.87
	SEP	30	83.36	32.16	0.13	10.86	2.72	8.15	1230.19	0.01	30.87
	OCT	31	132.98	49.65	0.26	34.16	8.54	25.62	1230.29	0.02	30.90
	NOV	30	165.60	63.89	0.59	97.94	24.49	73.46	1230.38	0.06	30.96
	DIC	31	171.12	63.89	0.59	100.89	25.22	75.67	1230.47	0.07	31.03
34	ENE	31	171.12	63.89	0.77	131.60	32.90	98.70	1230.57	0.09	31.12
	FEB	29	154.56	61.69	2.17	336.03	84.01	252.02	1230.66	0.25	31.37
	MAR	31	171.12	63.89	3.00	514.21	128.55	385.65	1230.75	0.37	31.74
	ABR	30	165.60	63.89	2.62	433.05	108.26	324.79	1230.84	0.31	32.05
	MAY	31	171.12	63.89	0.96	164.77	41.19	123.58	1230.93	0.11	32.15
	JUN	30	112.24	43.30	0.21	23.24	5.81	17.43	1231.03	0.01	32.17
	JUL	31	90.86	33.92	0.16	14.19	3.55	10.65	1231.12	0.01	32.18
	AGO	31	81.02	30.25	0.14	11.64	2.91	8.73	1231.21	0.01	32.18

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	SEP	30	67.79	26.15	0.10	6.48	1.62	4.86	1231.30	0.00	32.19
	OCT	31	105.56	39.41	0.18	19.18	4.79	14.38	1231.39	0.01	32.20
	NOV	30	76.50	29.51	0.11	8.40	2.10	6.30	1231.48	0.01	32.20
	DIC	31	171.12	63.89	0.53	91.19	22.80	68.39	1231.57	0.06	32.27
35	ENE	31	171.12	63.89	1.00	170.88	42.72	128.16	1231.66	0.11	32.38
	FEB	29	154.56	61.69	0.96	148.38	37.10	111.29	1231.75	0.11	32.49
	MAR	31	171.12	63.89	1.69	288.74	72.18	216.55	1231.84	0.21	32.70
	ABR	30	165.60	63.89	1.57	260.78	65.19	195.58	1231.93	0.18	32.89
	MAY	31	171.12	63.89	0.85	144.77	36.19	108.58	1232.02	0.09	32.98
	JUN	30	119.17	45.98	0.23	26.99	6.75	20.24	1232.11	0.02	33.00
	JUL	31	89.48	33.41	0.15	13.66	3.42	10.25	1232.20	0.01	33.00
	AGO	31	90.43	33.76	0.17	15.31	3.83	11.49	1232.29	0.01	33.01
	SEP	30	105.23	40.60	0.18	19.45	4.86	14.59	1232.38	0.01	33.03
	OCT	31	152.78	57.04	0.32	48.33	12.08	36.25	1232.46	0.03	33.06
	NOV	30	125.24	48.32	0.23	28.82	7.20	21.61	1232.55	0.02	33.08
	DIC	31	171.12	63.89	0.63	107.21	26.80	80.41	1232.64	0.08	33.15
36	ENE	31	171.12	63.89	0.72	123.70	30.93	92.78	1232.73	0.08	33.23
	FEB	29	154.56	61.69	1.13	174.21	43.55	130.66	1232.82	0.13	33.36
	MAR	31	171.12	63.89	4.22	722.39	180.60	541.79	1232.90	0.52	33.88
	ABR	30	165.60	63.89	2.12	351.45	87.86	263.59	1232.99	0.25	34.13
	MAY	31	171.12	63.89	0.72	124.05	31.01	93.03	1233.08	0.08	34.21
	JUN	30	146.35	56.46	0.31	45.11	11.28	33.83	1233.16	0.03	34.24
	JUL	31	88.46	33.03	0.15	13.28	3.32	9.96	1233.25	0.01	34.25
	AGO	31	84.74	31.64	0.15	13.02	3.25	9.76	1233.34	0.01	34.26
	SEP	30	76.84	29.64	0.12	8.86	2.22	6.65	1233.42	0.01	34.26
	OCT	31	171.12	63.89	0.39	66.96	16.74	50.22	1233.51	0.04	34.31
	NOV	30	165.60	63.89	0.46	76.32	19.08	57.24	1233.59	0.05	34.36
	DIC	31	171.12	63.89	0.54	91.66	22.92	68.75	1233.68	0.07	34.42
37	ENE	31	171.12	63.89	0.57	97.43	24.36	73.07	1233.77	0.06	34.49
	FEB	29	86.00	34.32	0.11	9.16	2.29	6.87	1233.85	0.01	34.49
	MAR	31	171.12	63.89	1.21	207.45	51.86	155.58	1233.94	0.15	34.64
	ABR	30	165.60	63.89	1.04	171.79	42.95	128.85	1234.02	0.12	34.76
	MAY	31	149.84	55.94	0.30	44.89	11.22	33.67	1234.10	0.03	34.79
	JUN	30	76.02	29.33	0.12	8.77	2.19	6.58	1234.19	0.01	34.80

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	JUL	31	70.59	26.35	0.11	7.55	1.89	5.66	1234.27	0.00	34.80
	AGO	31	67.91	25.35	0.11	7.48	1.87	5.61	1234.36	0.00	34.81
	SEP	30	78.49	30.28	0.12	9.34	2.34	7.01	1234.44	0.01	34.82
	OCT	31	171.12	63.89	0.39	66.73	16.68	50.05	1234.53	0.04	34.86
	NOV	30	165.60	63.89	0.36	60.31	15.08	45.23	1234.61	0.04	34.90
	DIC	31	171.12	63.89	1.50	255.90	63.98	191.93	1234.69	0.18	35.08
38	ENE	31	171.12	63.89	1.11	190.65	47.66	142.98	1234.78	0.13	35.21
	FEB	29	154.56	61.69	0.97	149.17	37.29	111.87	1234.86	0.11	35.32
	MAR	31	171.12	63.89	1.42	243.32	60.83	182.49	1234.94	0.18	35.49
	ABR	30	165.60	63.89	0.79	130.01	32.50	97.50	1235.02	0.09	35.58
	MAY	31	93.00	34.72	0.15	13.62	3.41	10.22	1235.11	0.01	35.59
	JUN	30	79.43	30.65	0.12	9.79	2.45	7.34	1235.19	0.01	35.60
	JUL	31	76.48	28.56	0.12	9.23	2.31	6.92	1235.27	0.01	35.60
	AGO	31	75.44	28.17	0.13	9.73	2.43	7.30	1235.35	0.01	35.61
	SEP	30	94.89	36.61	0.16	15.02	3.75	11.26	1235.44	0.01	35.62
	OCT	31	88.61	33.08	0.14	12.38	3.10	9.29	1235.52	0.01	35.63
	NOV	30	152.21	58.72	0.31	46.92	11.73	35.19	1235.60	0.03	35.66
	DIC	31	171.12	63.89	0.51	87.43	21.86	65.57	1235.68	0.06	35.72
39	ENE	31	171.12	63.89	0.52	88.79	22.20	66.59	1235.76	0.06	35.78
	FEB	29	154.56	61.69	1.80	278.58	69.64	208.93	1235.84	0.21	35.99
	MAR	31	171.12	63.89	2.23	382.18	95.54	286.63	1235.92	0.28	36.26
	ABR	30	165.60	63.89	1.13	187.52	46.88	140.64	1236.00	0.13	36.40
	MAY	31	141.36	52.78	0.27	38.81	9.70	29.10	1236.08	0.02	36.42
	JUN	30	106.51	41.09	0.19	20.39	5.10	15.29	1236.16	0.01	36.43
	JUL	31	81.38	30.38	0.13	10.77	2.69	8.08	1236.24	0.01	36.44
	AGO	31	81.26	30.34	0.14	11.72	2.93	8.79	1236.32	0.01	36.45
	SEP	30	79.21	30.56	0.12	9.56	2.39	7.17	1236.40	0.01	36.45
	OCT	31	121.74	45.45	0.23	27.39	6.85	20.55	1236.48	0.02	36.47
	NOV	30	130.54	50.36	0.24	31.96	7.99	23.97	1236.56	0.02	36.49
	DIC	31	171.12	63.89	0.85	145.24	36.31	108.93	1236.64	0.10	36.59
40	ENE	31	171.12	63.89	1.57	268.70	67.18	201.53	1236.72	0.18	36.77
	FEB	29	154.56	61.69	2.19	338.90	84.73	254.18	1236.80	0.25	37.03
	MAR	31	171.12	63.89	2.83	484.58	121.15	363.44	1236.88	0.35	37.38
	ABR	30	165.60	63.89	0.48	78.70	19.67	59.02	1236.96	0.06	37.43

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAY	31	134.91	50.37	0.26	34.53	8.63	25.89	1237.04	0.02	37.45
	JUN	30	90.47	34.91	0.15	13.56	3.39	10.17	1237.12	0.01	37.46
	JUL	31	76.17	28.44	0.12	9.13	2.28	6.85	1237.19	0.01	37.47
	AGO	31	69.79	26.06	0.11	8.01	2.00	6.01	1237.27	0.01	37.47
	SEP	30	61.81	23.85	0.08	5.14	1.29	3.86	1237.35	0.00	37.48
	OCT	31	121.08	45.20	0.22	27.02	6.76	20.27	1237.43	0.02	37.49
	NOV	30	165.60	63.89	0.52	86.86	21.72	65.15	1237.51	0.06	37.55
	DIC	31	171.12	63.89	0.86	146.74	36.68	110.05	1237.58	0.10	37.65
41	ENE	31	171.12	63.89	1.20	204.99	51.25	153.74	1237.66	0.14	37.79
	FEB	29	154.56	61.69	0.87	134.91	33.73	101.18	1237.74	0.10	37.89
	MAR	31	171.12	63.89	1.96	335.77	83.94	251.83	1237.81	0.24	38.13
	ABR	30	165.60	63.89	0.84	139.32	34.83	104.49	1237.89	0.10	38.23
	MAY	31	171.12	63.89	0.48	82.87	20.72	62.15	1237.97	0.05	38.28
	JUN	30	98.39	37.96	0.17	16.72	4.18	12.54	1238.05	0.01	38.30
	JUL	31	75.37	28.14	0.12	8.89	2.22	6.67	1238.12	0.01	38.30
	AGO	31	72.26	26.98	0.12	8.74	2.19	6.56	1238.20	0.01	38.31
	SEP	30	80.38	31.01	0.12	9.92	2.48	7.44	1238.27	0.01	38.31
	OCT	31	163.26	60.95	0.35	57.05	14.26	42.79	1238.35	0.04	38.35
	NOV	30	165.60	63.89	0.49	81.24	20.31	60.93	1238.43	0.05	38.40
	DIC	31	171.12	63.89	0.64	109.35	27.34	82.01	1238.50	0.08	38.48
42	ENE	31	171.12	63.89	1.33	227.38	56.85	170.54	1238.58	0.15	38.63
	FEB	29	154.56	61.69	1.21	186.81	46.70	140.11	1238.65	0.14	38.77
	MAR	31	171.12	63.89	1.87	319.65	79.91	239.74	1238.73	0.23	39.00
	ABR	30	165.60	63.89	0.68	112.99	28.25	84.74	1238.80	0.08	39.08
	MAY	31	171.12	63.89	0.51	87.84	21.96	65.88	1238.88	0.06	39.14
	JUN	30	105.70	40.78	0.19	20.00	5.00	15.00	1238.95	0.01	39.15
	JUL	31	82.21	30.69	0.13	11.05	2.76	8.29	1239.03	0.01	39.16
	AGO	31	82.21	30.69	0.15	12.07	3.02	9.05	1239.10	0.01	39.17
	SEP	30	79.41	30.64	0.12	9.62	2.40	7.21	1239.18	0.01	39.17
	OCT	31	53.65	20.03	0.07	3.53	0.88	2.65	1239.25	0.00	39.17
	NOV	30	81.90	31.60	0.12	9.97	2.49	7.47	1239.32	0.01	39.18
	DIC	31	117.19	43.75	0.20	23.73	5.93	17.80	1239.40	0.02	39.20
43	ENE	31	171.12	63.89	0.98	168.29	42.07	126.22	1239.47	0.11	39.31
	FEB	29	154.56	61.69	1.98	305.45	76.36	229.09	1239.55	0.23	39.54

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	MAR	31	171.12	63.89	2.81	480.81	120.20	360.61	1239.62	0.35	39.88
	ABR	30	165.60	63.89	1.93	320.10	80.03	240.08	1239.69	0.23	40.11
	MAY	31	171.12	63.89	0.71	121.56	30.39	91.17	1239.77	0.08	40.19
	JUN	30	109.43	42.22	0.20	21.81	5.45	16.36	1239.84	0.01	40.20
	JUL	31	86.51	32.30	0.15	12.56	3.14	9.42	1239.91	0.01	40.21
	AGO	31	74.68	27.88	0.13	9.49	2.37	7.12	1239.99	0.01	40.22
	SEP	30	74.09	28.59	0.11	8.09	2.02	6.07	1240.06	0.01	40.22
	OCT	31	124.30	46.41	0.23	28.86	7.21	21.64	1240.13	0.02	40.24
	NOV	30	159.41	61.50	0.33	52.67	13.17	39.50	1240.20	0.03	40.27
	DIC	31	171.12	63.89	0.77	131.69	32.92	98.77	1240.28	0.09	40.37
44	ENE	31	171.12	63.89	1.28	219.80	54.95	164.85	1240.35	0.15	40.51
	FEB	29	154.56	61.69	2.67	413.05	103.26	309.79	1240.42	0.31	40.82
	MAR	31	171.12	63.89	3.30	565.50	141.38	424.13	1240.49	0.41	41.23
	ABR	30	165.60	63.89	1.37	226.99	56.75	170.24	1240.56	0.16	41.39
	MAY	31	171.12	63.89	0.39	67.32	16.83	50.49	1240.64	0.04	41.43
	JUN	30	116.05	44.77	0.22	25.26	6.31	18.94	1240.71	0.02	41.45
	JUL	31	88.46	33.03	0.15	13.28	3.32	9.96	1240.78	0.01	41.46
	AGO	31	92.18	34.42	0.17	16.07	4.02	12.05	1240.85	0.01	41.47
	SEP	30	106.20	40.97	0.19	19.90	4.97	14.92	1240.92	0.01	41.48
	OCT	31	171.12	63.89	0.40	68.14	17.04	51.11	1240.99	0.04	41.52
	NOV	30	165.60	63.89	0.88	146.24	36.56	109.68	1241.06	0.09	41.62
	DIC	31	171.12	63.89	0.98	168.09	42.02	126.07	1241.13	0.12	41.74
45	ENE	31	171.12	63.89	0.69	117.88	29.47	88.41	1241.20	0.08	41.82
	FEB	29	154.56	61.69	0.80	123.59	30.90	92.69	1241.27	0.09	41.91
	MAR	31	171.12	63.89	1.25	214.74	53.68	161.05	1241.35	0.15	42.06
	ABR	30	165.60	63.89	0.68	113.25	28.31	84.94	1241.42	0.08	42.14
	MAY	31	135.56	50.61	0.26	34.94	8.74	26.21	1241.49	0.02	42.17
	JUN	30	82.94	32.00	0.13	10.91	2.73	8.18	1241.56	0.01	42.17
	JUL	31	73.58	27.47	0.11	8.38	2.09	6.28	1241.63	0.01	42.18
	AGO	31	71.61	26.74	0.12	8.54	2.14	6.41	1241.70	0.01	42.18
	SEP	30	52.92	20.42	0.07	3.49	0.87	2.62	1241.76	0.00	42.18
	OCT	31	107.66	40.20	0.19	20.15	5.04	15.11	1241.83	0.01	42.20
	NOV	30	165.60	63.89	0.47	78.08	19.52	58.56	1241.90	0.05	42.25
	DIC	31	171.12	63.89	0.77	131.76	32.94	98.82	1241.97	0.09	42.34

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
46	ENE	31	171.12	63.89	1.46	250.44	62.61	187.83	1242.04	0.17	42.51
	FEB	29	154.56	61.69	0.77	119.22	29.80	89.41	1242.11	0.09	42.60
	MAR	31	171.12	63.89	1.60	273.00	68.25	204.75	1242.18	0.20	42.79
	ABR	30	165.60	63.89	1.44	238.64	59.66	178.98	1242.25	0.17	42.96
	MAY	31	164.28	61.33	0.34	56.49	14.12	42.37	1242.32	0.04	43.00
	JUN	30	83.90	32.37	0.13	11.23	2.81	8.42	1242.39	0.01	43.01
	JUL	31	78.59	29.34	0.13	9.87	2.47	7.41	1242.45	0.01	43.01
	AGO	31	73.58	27.47	0.12	9.15	2.29	6.86	1242.52	0.01	43.02
	SEP	30	73.88	28.50	0.11	8.03	2.01	6.02	1242.59	0.01	43.02
	OCT	31	110.92	41.41	0.20	21.70	5.43	16.28	1242.66	0.01	43.04
	NOV	30	165.60	63.89	0.52	86.91	21.73	65.18	1242.73	0.06	43.09
	DIC	31	171.12	63.89	0.63	108.19	27.05	81.14	1242.80	0.08	43.17
47	ENE	31	171.12	63.89	1.62	277.35	69.34	208.01	1242.86	0.18	43.35
	FEB	29	154.56	61.69	1.57	242.01	60.50	181.50	1242.93	0.18	43.53
	MAR	31	171.12	63.89	2.25	385.26	96.32	288.95	1243.00	0.28	43.81
	ABR	30	165.60	63.89	0.79	130.48	32.62	97.86	1243.07	0.09	43.91
	MAY	31	171.12	63.89	0.56	95.78	23.94	71.83	1243.13	0.06	43.97
	JUN	30	118.51	45.72	0.22	26.62	6.66	19.97	1243.20	0.02	43.98
	JUL	31	83.51	31.18	0.14	11.50	2.87	8.62	1243.27	0.01	43.99
	AGO	31	82.88	30.94	0.15	12.31	3.08	9.24	1243.33	0.01	44.00
	SEP	30	95.38	36.80	0.16	15.21	3.80	11.41	1243.40	0.01	44.01
	OCT	31	94.96	35.46	0.16	14.72	3.68	11.04	1243.47	0.01	44.02
	NOV	30	157.61	60.81	0.32	51.19	12.80	38.40	1243.53	0.03	44.05
	DIC	31	154.95	57.85	0.31	47.70	11.92	35.77	1243.60	0.03	44.08
48	ENE	31	171.12	63.89	1.24	211.97	52.99	158.98	1243.67	0.14	44.23
	FEB	29	154.56	61.69	3.32	512.63	128.16	384.47	1243.73	0.38	44.61
	MAR	31	171.12	63.89	4.10	701.68	175.42	526.26	1243.80	0.51	45.11
	ABR	30	165.60	63.89	2.86	473.90	118.47	355.42	1243.87	0.34	45.45
	MAY	31	171.12	63.89	0.92	157.93	39.48	118.45	1243.93	0.10	45.55
	JUN	30	107.76	41.58	0.19	20.99	5.25	15.74	1244.00	0.01	45.56
	JUL	31	73.75	27.53	0.11	8.42	2.11	6.32	1244.06	0.01	45.57
	AGO	31	79.09	29.53	0.14	10.95	2.74	8.21	1244.13	0.01	45.58
	SEP	30	85.29	32.91	0.13	11.50	2.88	8.63	1244.19	0.01	45.58
	OCT	31	147.01	54.89	0.30	43.90	10.97	32.92	1244.26	0.03	45.61

AÑO	MES	DIAS	EMBALSE ENTRA		CONCENT	EMBALSE- SOLIDOS			VOL. MUERTO		
			MMC	m3/s	g/l	W(entra) Tn	W(sal) Tn	Delta Tn	Densidad	MMC	Acum
	NOV	30	165.60	63.89	0.62	102.48	25.62	76.86	1244.32	0.07	45.68
	DIC	31	171.12	63.89	1.13	193.76	48.44	145.32	1244.39	0.14	45.81
49	ENE	31	171.12	63.89	0.99	169.84	42.46	127.38	1244.45	0.11	45.93
	FEB	29	154.56	61.69	1.95	301.32	75.33	225.99	1244.52	0.22	46.15
	MAR	31	171.12	63.89	1.83	312.42	78.10	234.31	1244.58	0.23	46.38
	ABR	30	165.60	63.89	0.81	133.39	33.35	100.04	1244.65	0.09	46.47
	MAY	31	171.12	63.89	0.60	102.67	25.67	77.01	1244.71	0.07	46.54
	JUN	30	105.10	40.55	0.19	19.72	4.93	14.79	1244.78	0.01	46.55
	JUL	31	80.02	29.88	0.13	10.33	2.58	7.75	1244.84	0.01	46.56
	AGO	31	77.30	28.86	0.13	10.35	2.59	7.76	1244.91	0.01	46.56
	SEP	30	89.70	34.61	0.15	13.05	3.26	9.78	1244.97	0.01	46.57
	OCT	31	93.79	35.02	0.15	14.27	3.57	10.70	1245.04	0.01	46.58
	NOV	30	130.05	50.17	0.24	31.66	7.92	23.75	1245.10	0.02	46.60
	DIC	31	171.12	63.89	0.86	146.44	36.61	109.83	1245.16	0.10	46.70
50	ENE	31	171.12	63.89	1.46	250.37	62.59	187.78	1245.23	0.17	46.87
	FEB	29	154.56	61.69	3.51	542.87	135.72	407.15	1245.29	0.40	47.28
	MAR	31	171.12	63.89	4.38	749.14	187.29	561.86	1245.35	0.54	47.82
	ABR	30	165.60	63.89	0.78	129.42	32.36	97.07	1245.42	0.09	47.91
	MAY	31	118.95	44.41	0.21	25.20	6.30	18.90	1245.48	0.02	47.92
	JUN	30	114.42	44.14	0.21	24.38	6.10	18.29	1245.54	0.02	47.94
	JUL	31	101.48	37.89	0.18	18.71	4.68	14.03	1245.61	0.01	47.95
	AGO	31	89.19	33.30	0.17	14.79	3.70	11.09	1245.67	0.01	47.96
	SEP	30	90.97	35.10	0.15	13.52	3.38	10.14	1245.73	0.01	47.97
	OCT	31	163.38	61.00	0.35	57.15	14.29	42.87	1245.80	0.04	48.01
	NOV	30	165.60	63.89	1.13	186.53	46.63	139.90	1245.86	0.12	48.13
	DIC	31	171.12	63.89	0.84	143.52	35.88	107.64	1245.92	0.10	48.23