UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA

SECCIÓN DE POSGRADO

GESTIÓN SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA FUNDICIÓN DEL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA

TESIS

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS

CON MENCIÓN EN:

MINERÍA Y MEDIO AMBIENTE

PRESENTADO POR:

DERCY SAÚL SOTO VILLARROEL

LIMA - PERU

2010

ÍNDICE

RESUMEN **4**
ABSTRACT **5**
I. INTRODUCCIÓN **6**
II. ANTECEDENTES **7**
2.1. Descripción de procesos en el Complejo Metalúrgico de La Oroya 15
2.1.1. Balance metalúrgico por circuitos 17
2.1.2. Diagramas de flujo por circuitos 22
2.2. Ubicación del área de estudio 27
2.2.1. Plano de Ubicación 27
2.2.2. Plano General del Complejo Metalúrgico de La Oroya 31
2.3. Análisis situacional de las fuentes de captación de aguas 32
2.3.1. Río Tishgo 32
2.3.2. Manantial Cuchimachay 35
2.3.3. Río Mantaro 38
2.4. Costos por derecho de consumo de aguas 39
III. LEGISLACIÓN AMBIENTAL **41**
3.1. Marco Legal 41
3.2. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000 43
3.3. Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2004 47
IV. CLIMATOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS **48**
4.1. Superficie de las cuencas 53
4.2. La variación de la precipitación pluvial media anual 54
4.3. La temperatura media anual 55
4.4. El valor de la columna de la evaporación física 56
4.5. La Ecología (zonas de vida) en estas cuencas 57
V. GEOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS **61**
5.1. Geología Distrital 61
5.2. Geología Local 65
5.3. La Columna Litológica y el Tectonismo 70
VI. LA GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA EN ESTUDIO **78**
6.1. Geomorfología Distrital 78
6.2. Geomorfología Local 84
VII. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS **89**
7.1. Caracterización de las fuentes de agua en el Complejo Metalúrgico de La Oroya 89
7.2. Registro de caudales autorizados y captados. 93
7.3. En épocas de estiaje 96
7.4. En épocas de lluvias 96
7.5. Determinación de la calidad de las aguas mediante los análisis físico-químicos y bacteriológicos 97
VIII. EL BALANCE DE LAS AGUAS EN EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA **101**
8.1. Diagrama del balance de aguas a Enero del 2003 (m^3/min) 103
8.2. Diagrama del balance de aguas a Enero del 2005 (m^3/min) 105
8.3. Diagrama del balance de aguas a Enero del 2006 (m^3/min) 107
8.4. Diagrama del balance de aguas a Diciembre del 2009 (m^3/min) 109

8.5. Diagrama del balance de aguas a Diciembre del 2012, con Proyectos de Modernización (m^3/min) 111
IX. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PROGRESIVA DE PROYECTOS.... 113
9.1. Proyectos operacionales 113
9.1.1. Recirculación de aguas de refrigeración en las fundiciones de cobre y plomo 113
9.1.2. Recirculación de aguas de refrigeración en la refinería de zinc 113
9.2. Proyectos PAMA 114
9.2.1. Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales 114
9.2.2. Sistema de enfriamiento de agua para granulación de escorias 118
9.3. Proyectos de Modernización 119
9.3.1. Demanda general de agua industrial 119
9.3.2. Planta de Ablandamiento de Agua 121
9.3.3. Planta de Agua Pulida para el caldero del horno ISASMELT de la Fundición de Cobre 129
9.3.4. Sistemas de enfriamiento de agua 130
X. ANÁLISIS ECONÓMICO 131
10.1. Parámetros del Proyecto 131
10.2. Inversión de Capital 131
10.3. Análisis Económico 131
10.4. Periodo de Retorno de la Inversión 133
10.5. Valor Anual Neto 133
10.6. Tasa Interna de Rentabilidad 133
XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 134
11.1. Conclusiones 134
11.2. Recomendaciones 135
APÉNDICES 136
BIBLIOGRAFÍA 159
PLANOS 160

RESUMEN

La creciente necesidad de lograr el equilibrio hidrológico que asegure el suministro suficiente de agua a la población, se logrará armonizando su demanda, mediante el uso eficiente y responsable de este recurso. Actualmente existen graves problemas de disponibilidad, desperdicio y contaminación del agua, que frente a una situación de escasez, la amenaza se concentra sobre tres aspectos fundamentales del bienestar humano: la producción de alimentos, la salud y la estabilidad política y social.

Por estas razones, la presente Tesis está empeñada en lograr una gestión sustentable del recurso hídrico en los procesos del Complejo Metalúrgico de La Oroya, buscando reducir los flujos en las fuentes de captación desde 85.40 m^3/min (1,423.33 l/s) a 22.97 m^3/min (382.83 l/s), en un periodo de 10 años, independientemente de las demandas de los diversos proyectos a ejecutarse.

El proyecto se sustenta en la implementación de una nueva cultura operativa con sistemas en circuito cerrado, recirculando el agua en los procesos y usando solo agua fresca para fines de reposición por evaporación, compensación por pérdidas y drenajes.

Los objetivos son los siguientes:

- Eliminar la captación del agua del Río Mantaro, 48 m^3/min. (800 l/s).
- Reducir el caudal de captación de la fuente del Río Tishgo, de 34 m^3/min a 19.57 m^3/min, representado una reducción efectiva del 42% (14.43 m^3/min) (240.5 l/s).
- Reducir los costos por derecho de consumo de agua, de S/. 711 000 /año a S/. 230 000 /año.
- Obtener un beneficio total para el año 2012, de US$ 1 309 000.00
- Disponer de sistemas confiables para el suministro de agua en diferentes épocas del año, en especial en épocas de estiaje.
- Reducir costos de mantenimiento y operación; debido al consumo de agua de mejor calidad.
- Eliminar efluentes, logrando cero impacto negativo a la cuenca del río Mantaro.
- Lograr mayor disponibilidad de caudal de agua para atender otras prioridades del entorno comunitario.

Para lograr las metas indicadas, se investigó la disponibilidad y demanda de las fuentes de agua, la geología de las cuencas hidrográficas del río Tishgo y del manantial Cuchimachay, la climatología, la caracterización físico - química en diferentes épocas del año. Asimismo, se elaboró la actualización de los balances de agua en el Complejo Metalúrgico de La Oroya, en función de la optimización en la demanda de los procesos, e implementación progresiva de los proyectos PAMA y proyectos de modernización.

Finalmente, el análisis económico evidencia la viabilidad de la Tesis, logrando un Valor Actual Neto (VAN) positivo y una Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) mayor a la tasa de interés del mercado financiero.

ABSTRACT

The increasing need to achieve the hydrological balance that assures the sufficient supply of water the population, will be achieved harmonizing the demand, by means the efficient use and responsible for this resource. Nowadays there are serious problems of availability, losses and water pollution, that in a shortage situation, the threat centers on three fundamental aspects of the human well-being: the food production, the health and the political and social stability.

For these reasons, the present Thesis proposes to reach a sustainable management of the water resource in the processes of La Oroya Metallurgical Complex. Seeking to reduce the flows in the captation of sources, from 85.40 m^3/min (1,423.33 l/s) to 22.97 m^3/min (382.83 l/s), in a period of 10 years, independently of the demands of future projects.

The project is sustained in the implementation of a new operative culture by systems in closed circuit, re-circulating the water in the processes and using alone cold water for reinstatement for evaporation, losses and drainages.

The objectives are the following ones:

- Eliminate the capture of the water of the Rio Mantaro, 48 m^3/min (800 l/s).
- Reduce the flow of capture of the source of the Tishgo River, of 34 m^3/min to 19.57 m^3/min, meaning an effective reduction of 42 % (14.43 m^3/min).
- Reduce the costs for right of water consumption, of S/. 711,000 / year to S/. 230,000 / year.
- Obtain a total benefit for the year 2012, of US$ 1,309,000.
- Have reliable systems for the water supply in different epochs of the year, especially in epochs of low water.
- Reduce costs of maintenance and operation; due to the water consumption of better quality.
- Eliminate effluents, achieving zero negative impact to the basin of the Mantaro River.
- Achieve major availability of water flow to attend to other priorities of the communities and La Oroya population.

To achieve the indicated goals, there was investigated the availability and demand of the water sources, the geology of the hydrographic basins of the Tishgo river and Cuchimachay water source, the climatology, the physical & chemical characterization in different epochs of the year. Likewise, the update of the water balance sheets were elaborated in La Oroya Metallurgical Complex, depending on the optimization in the demand of the processes, progressive implementation of the PAMA projects and modernization projects.

Finally, the economic analysis demonstrates the viability of the Thesis, achieving a Net Present Value (NPV) positive and an Internal Rate of Return (IRR) bigger than the rate of interest of the financial market.

I. INTRODUCCIÓN

El uso racional y óptimo de las aguas es una obligación moral, técnica, económica y social en los diferentes procesos del Complejo Metalúrgico de La Oroya. Por esta razón, proponemos alcanzar el objetivo de implementar el 100% de circuitos cerrados en sistemas de enfriamiento para las diferentes operaciones de la Fundición.

Un hecho inicial y relevante fue la eliminación de la captación de aguas del río Mantaro, con un impacto económico inmediato y un precedente para continuar con la implementación de los proyectos siguientes.

La legislación ambiental peruana y la adopción de los sistemas de gestión de calidad (ISO 9001:2000) y ambiental (ISO 14001) facilitan el desarrollo de los proyectos en sus diferentes etapas de Ingeniería, Construcción, Comisionamiento y puesta en marcha.

Es importante resaltar que el análisis de la climatología en la presente Tesis, tiene una base de información de 80 años, suficiente para proyectar las tendencias de su disponibilidad en el futuro.

La geología de las cuencas hidrográficas y la geomorfología de La Oroya, muestran características favorables para la captación de fuentes de agua en el área de estudio.

La caracterización de las fuentes de agua de Tishgo y Cuchimachay se realizaron con monitoreos en las estaciones de estiaje y avenidas. Este estudio es relevante para la selección de tecnología y equipos durante la implementación de los proyectos operacionales, proyectos PAMA y proyectos de modernización.

Los balances de agua desde el año 2003 hasta el año 2012, muestran los cambios sustanciales y agresivos en las fuentes de captación, los procesos productivos y los efluentes finales, con el consecuente ahorro de costos mostrado en el capítulo de análisis económico.

La implementación de los proyectos se inició con inversiones mínimas y lideradas por las áreas operativas, sensibilizando en los usuarios de las plantas un uso adecuado y responsable del recurso hídrico.

Finalmente, debemos indicar que con la puesta en servicio de la Planta de Tratamiento de aguas Industriales y de la Planta de Aguas Residuales, el efluente final del Complejo Metalúrgico de La Oroya impacta positivamente al Río Mantaro, toda vez que su caracterización lo clasifica como agua de clase III, apta para la agricultura.

II. ANTECEDENTES

En 1922 la compañía estadounidense Cerro de Pasco Copper Corporation construyó la fundición y las refinerías de La Oroya, especialmente diseñadas para procesar el mineral polimetálico típico de los Andes centrales. En 1974, la compañía Cerro de Pasco Corporation fue expropiada bajo el régimen de la dictadura del General Velasco Alvarado.

En Octubre de 1997, la empresa Doe Run Company adquirió el Complejo Metalúrgico de La Oroya por US$ 247.9 millones, luego de un proceso de subasta pública en el cual el primer postor (Industrias Peñoles de México) decidió no ejecutar su oferta. En 1998, Doe Run Company también adquirió del Estado Peruano una mina subterránea de cobre denominada Cobriza.

A su llegada al Perú, Doe Run se comprometió a invertir US$ 107.6 millones en un programa de mejoras ambientales previamente desarrollado por Centromin Perú y aprobado por el Ministerio Peruano de Energía y Minas, conocido por su acrónimo PAMA (Programa de Adecuación y Manejo Ambiental) . El PAMA resultó ineficiente, en términos de concepto, diseño e ingeniería pues fracasó en abordar las prioridades ambientales sobresalientes (por ejemplo, cómo reducir el nivel de plomo en el aire en La Oroya); tampoco previó adecuadamente la verdadera dimensión requerida para cada uno de los proyectos de mejoras ambientales. Además, el PAMA tal como fue diseñado por Centromin Perú, subestimó totalmente las inversiones requeridas para su ejecución.

Estas insuficiencias condujeron a una serie de cambios en la envergadura de los proyectos incluidos en el PAMA, así como en la inversión requerida. La última de estas modificaciones tuvo lugar en Octubre de 2009 y dada la considerable complejidad de las nuevas obligaciones que conllevaba, se otorgó una extensión de 30 meses para completar la ejecución de los proyectos. El nivel de inversión realizado a la fecha es de US$ 316 millones de dólares (ver detalles en el **cuadro 2.1**) y se planifica invertir 155 millones de dólares adicionales para continuar con las mejoras ambientales, superando en 4 veces los US$ 107.6 millones de dólares inicialmente comprometidos.

Comenzando el año 2007 Doe Run Perú asumió un nuevo reto con optimismo; estableciendo una nueva relación con la empresa The Doe Run Company of St. Louis, Missouri, convirtiéndose en una filial independiente, pero continuando con la visión de proveer metales Premium y servicios afines a nivel mundial. Este nuevo acuerdo liberó a Doe Run Perú de los pasivos de su anterior compañía matriz, permitiéndole aumentar casi al doble su facilidad crediticia.

Doe Run Perú está actualmente desarrollando la fase final del PAMA, y asignando todos los recursos necesarios para completarla en los plazos previstos, para optimizar sus operaciones y potenciar las capacidades de sus trabajadores a fin de enfrentar los canales competitivos de los mercados mundiales. Además, Doe Run Perú y The Renco Group Inc. se han comprometido a diferir la distribución de dividendos o realizar pagos análogos a sus accionistas hasta que se complete el PAMA.

El Complejo Metalúrgico de La Oroya fue construido en un cruce de caminos inhabitado, ubicado a 3,775 metros sobre el nivel del mar, localizado entre la ciudad de Lima, el puerto del Callao y las minas de la compañía Cerro de Pasco Corporation. Con el tiempo, la ciudad de La Oroya creció y se desarrolló paralelamente al Complejo Metalúrgico. Las **Fotografías N^{o} 1 y 2** muestran el terreno y la fundición de La Oroya en los años 1920 y actual, respectivamente.

En 1974 el gobierno militar del General Velasco Alvarado expropió el Complejo Metalúrgico y otros activos de la compañía Cerro de Pasco Corporation, asignándolos a una nueva empresa de propiedad del Estado llamada Centromin Perú. Esta empresa estatal fue responsable por la administración del Complejo Metalúrgico hasta su transferencia al sector privado en 1997. Después de una subasta pública durante la cual el primer postor (Industrias Peñoles de México) retiró su oferta, Doe Run Perú negoció los términos de su adquisición y adquirió el Complejo Metalúrgico de Centromin Perú en Octubre de 1997.

Los previos dueños del Complejo Metalúrgico, incluyendo al Estado Peruano entre 1974 y 1997, hicieron un seguimiento insuficiente de políticas ambientales, lo cual resultó en la acumulación de severas responsabilidades ambientales en detrimento de la población de La Oroya. Como parte de los acuerdos adoptados en 1997, el Estado Peruano reconoció su responsabilidad en la limpieza y solución del problema de los suelos de La Oroya así como la de afrontar todos los asuntos de contaminación ambiental resultado de 75 años de contaminación incontrolada, así como durante el período del PAMA y su ampliación.

Además, el Estado Peruano retuvo su responsabilidad por todos los asuntos relativos a la salud de terceros, incluyendo pero sin limitarse a los residentes de La Oroya, y también aquellos relacionados a la operación del Complejo Metalúrgico a través del PAMA y su ampliación tomando en consideración que Doe Run Perú completaría los proyectos del PAMA, esfuerzos que Doe Run Perú siempre ha realizado y que continuarán teniendo el pleno respaldo de sus propietarios, incrementado por el compromiso por escrito de los actuales propietarios de no cobrar dividendos o realizar pagos similares a los accionistas sino hasta que el PAMA y su extensión estén completados.

Al completarse la adquisición, Doe Run Perú adoptó nuevas metas para modernizar el Complejo Metalúrgico y para optimizar su desempeño ambiental. Como parte del proceso de mejora continua, desde 1997 las emisiones de polvo y metales se han reducido en un 60%. Además, todo impacto contaminante mensurable de metales en el Río Mantaro y el río Yauli ha sido virtualmente eliminado. Finalmente, el nivel de plomo, arsénico y cadmio en el aire de La Oroya se ha reducido en un 61.7%, 72% y 81% respectivamente. Con la culminación de la Planta de Ácido Sulfúrico del circuito de plomo en Septiembre de 2008 se ha reducido en casi 50% las emisiones de SO_2 y con implementación de la planta de ácido sulfúrico del circuito de cobre y su actualización tecnológica (último proyecto faltante del PAMA) las emisiones se encontrarán bajo control.

También, queda pendiente de parte del Estado Peruano, remediar la contaminación que afecta los suelos de la ciudad de La Oroya. Conforme a la información publicada por Activos Mineros – una agencia del estado sucesor de Centromin Perú – los estudios de base requeridos para este esfuerzo se encuentran actualmente en ejecución. Finalmente, desde el 2003 el Ministerio de Salud Peruano ha desarrollado una asociación privada y pública para colaborar en actividades destinadas a reducir los niveles de plomo en sangre en infantes y población bajo riesgo. El programa, que cuenta con el apoyo financiero y logístico de Doe Run Perú y del Gobierno Regional de Junín, está mostrando resultados alentadores. Los últimos exámenes conducidos por el Ministerio de Salud apuntan a mejoras en el promedio de plomo en sangre de niños menores a seis años en La Oroya.

LOGROS AMBIENTALES:

El Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) del Complejo Metalúrgico de La Oroya, incluyó el compromiso de ejecución de 9 proyectos con una inversión inicial de aproximadamente 107.6 millones de dólares. A la fecha se ha ejecutado 8 de los 9 proyectos y el último se encuentra con un avance del 52%. El monto inicial comprometido, luego de una revisión, fue ampliado a aproximadamente 244.7 millones de dólares, sin embargo a Julio 2009 se ha invertido más de 316 millones de dólares (ver **Cuadro N^{o} 2.1**), los que han sido íntegramente financiados por Doe Run Perú.

Cuando Doe Run Perú inició la operación del Complejo Metalúrgico encontró una descarga de efluentes industriales al Río Mantaro de 49 m^3 por minuto, emisiones de plomo y arsénico de 38 y 28 mg/m3 por la Chimenea Principal respectivamente y una concentración de plomo de 3.5 ug/m3 en la calidad de aire. Después de 10 años la descarga ha bajado a 5 m3/minuto de agua tratada que es apta para la agricultura, ha disminuido en 42 y 61% respectivamente las emisiones de Plomo y Arsénico y la concentración de plomo está por debajo del Estándar mensual de Calidad de Aire.

Con la puesta en operación de las Plantas de Acido Sulfúrico en el circuito de Zinc y en el circuito de Plomo se ha logrado una reducción sustancial de SO_2 y con la próxima implementación de la planta de Acido Sulfúrico en el circuito de Cobre las emisiones de SO_2 estarán bajo control.

Doe Run Perú no contamina los ríos Yauli o Mantaro, ni ningún otro río o afluente. Los proyectos ejecutados dentro del PAMA para implementar una planta de tratamiento de aguas industriales y otras de tratamiento de aguas servidas ha permitido garantizar desde el 2007 que las aguas descargadas a estos ríos sean de Clase III aptas para la agricultura.

Las emisiones de polvo y metal de la chimenea principal en el Complejo Metalúrgico de La Oroya se han reducido en casi un 60% comparado con 1997. Como resultado de ello, Doe Run Perú cumple con los requerimientos permisibles de emisiones de partículas, plomo y arsénico. Desde Diciembre 2007, el nivel de plomo en el aire en la ciudad de La Oroya se ha reducido en un

61.7% comparado con el año 1997 y el nivel de arsénico y de cadmio en el aire de La Oroya disminuyó de 84.66% y 66.6% respectivamente. Los niveles de plomo en la sangre de trabajadores expuestos disminuyeron en un 38% comparado con el año 1997 y ahora cumplen con los requerimientos establecidos por la Organización Internacional del Trabajo.

Con la culminación de la Planta de Ácido Sulfúrico para el Circuito de Cobre y su Actualización Tecnológica (proyectos sobre el que se tiene un 52% de avance) será posible una mayor reducción en emisiones de polvo y partículas así como en niveles de plomo en el aire y adicionalmente permitirá lograr los estándares establecidos para emisiones de SO_2.

En el **Gráfico N^o 2.1** se resume la gestión operacional y ambiental del Complejo Metalúrgico de La Oroya en el período 1922 – 2007.

En el **Gráfico N^o 2.2** se resume la gestión ambiental del Complejo Metalúrgico de La Oroya en el período 1922 – 2009.

CUADRO Nº 2.1

CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS PROYECTOS AMBIENTALES DE DOE RUN PERU S.R.L.

PROYECTOS PAMA:				
Nº	**PROYECTO**	**OBJETIVO**	**INVERSION (US$ Millones)**	**EN OPERACION**
1	Estaciones de Monitoreo Ambiental	Monitorear la calidad del aire en el entorno del Complejo Metalúrgico de La Oroya.	0.63	Octubre 1999
2	Manipuleo de Escorias de Cobre y Plomo	Eliminar las descargas de agua y escorias de las fundiciones de cobre y plomo al Río Mantaro.	9.71	Enero 2001
3	Disposición de Trióxido de Arsénico (As_2O_3)	Disponer de manera ambientalmente segura el Trióxido de Arsénico (As_2O_3).	2.42	Febrero 2001
4.1	Tratamiento de Agua Madre de Refinería de Cobre	Eliminar el efluente ácido ferroso de la Refinería de Cobre, al Río Yauli.	3.11	Diciembre 2003
4.2	Planta de Tratamiento de Aguas Industriales	Control de efluentes al Río Mantaro, por debajo de límites permisibles.	37.40	Enero 2007
5	Depósito de Ferritas - Huanchán	Disponer de manera ambientalmente segura las ferritas del circuito de zinc.	2.12	Noviembre 2002
6	Remediación del depósito de Escorias - Huanchán	Definir el sistema a ser aplicado en el cierre del depósito de escorias de Huanchán	1.09	Mayo 2004
7	Manejo de Residuos Sólidos	Disponer de manera ambientalmente segura los residuos domésticos - Cochabamba	2.60	
8	Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas: 1. Huaymanta, 32 l/s 2. Chúlec, 4 l/s 3. Fundición, 8 l/s	Tratar aguas servidas de viviendas de trabajadores y plantas industriales	7.26	Marzo 2006 Junio 2006 Noviembre 2006
9.1	Plantas de Ácido Sulfúrico: 1. Circuito Zinc 2. Circuito de Plomo 3. Circuito de Cobre	Control de emisiones gaseosas por debajo de límites permisibles	160.90	Enero 2007 Octubre 2008 Avance 52%
9.2	Modificación del Circuito de Cobre	Acondicionamiento de gases para la nueva planta de ácido sulfúrico	62.80	Avance 52%
Total Proyectos PAMA:			**290.04**	
PROYECTOS AMBIENTALES COMPLEMENTARIOS:				
Nº	**PROYECTO**	**OBJETIVO**	**INVERSION (US$ Millones)**	**EN OPERACION**
1	Reducción de material particulado por chimenea	Reducción de emisiones de polvo en la Fundición	7.30	Enero 2007
2	Reducción de emisiones fugitivas	Reducción de emisiones fugitivas en la Fundición	12.00	Enero 2001
3	Reducción de emisiones fugitivas	Pavimentación, adquisición de carros barredores	2.70	Febrero 2001
4	Reducción de emisiones fugitivas	Varios	4.00	Febrero 2001
Total Proyectos Complementarios:			**26.00**	
TOTAL PROYECTOS AMBIENTALES (A Febrero 2010)			**316.04**	

Fotografía N° 1: Área inhabitada, antes de la construcción del Complejo Metalúrgico de La Oroya

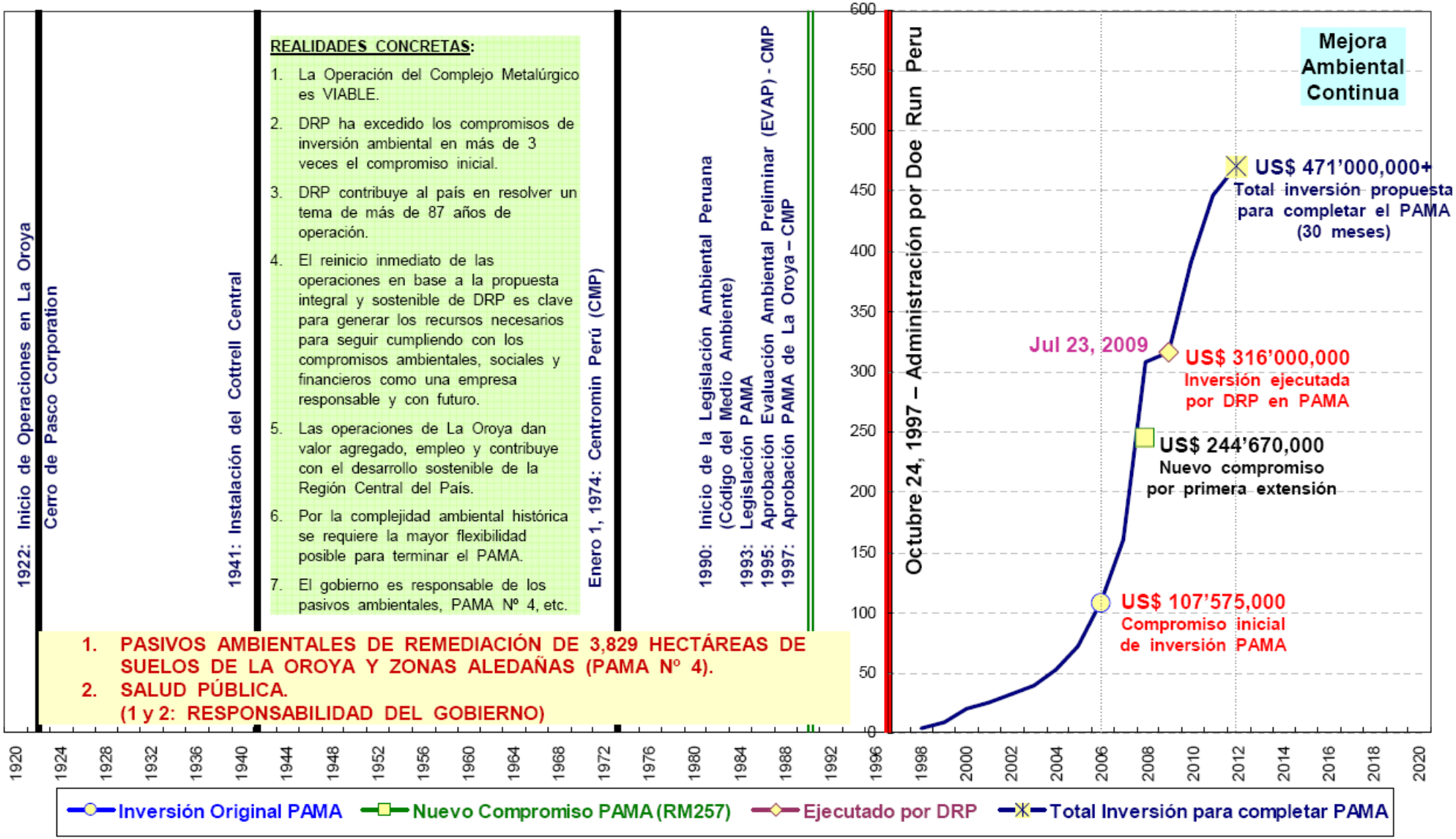
Fotografía N° 2: Complejo Metalúrgico de La Oroya y población de la Oroya antigua aledaña

Fuente: Proyectos PAMA – Doe Run Perú S.R.L.

GRAFICO N° 2.1: GESTIÓN OPERACIONAL Y AMBIENTAL DEL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA 1922 - 2007

Fuente: Proyectos PAMA – Doe Run Perú S.R.L.

GRAFICO Nº 2.2: GESTIÓN AMBIENTAL DEL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA 1922 - 2009



12 AÑOS DE OPERACIÓN DEL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA POR DRP, 52 AÑOS POR LA CERRO DE PASCO CORPORATION Y 23 AÑOS POR CENTROMIN PERÚ

Fuente: Proyectos PAMA – Doe Run Perú S.R.L.

2.1. Descripción de procesos en el Complejo Metalúrgico de La Oroya

La Fundición del Complejo Metalúrgico de La Oroya está compuesta por los circuitos de cobre, plomo y zinc; en las cuales se producen 9 metales y 11 sub productos. La sinergia de los circuitos es importante para lograr las máximas recuperaciones y la rentabilidad del negocio, El cuadro siguiente muestra las purezas y producciones anuales de cada producto.

49 patentes y 20 productos en total son el resultado de sus 88 años de operación con amplia experiencia y tecnología propia.

La características principales de estos productos se indican en el **Cuadro N° 2.2.**

El diagrama de flujo de los circuitos de cobre, plomo y zinc, y su interrelación entre éstos, se muestra en el **Diagrama N° 2.1**.

CUADRO N° 2.2

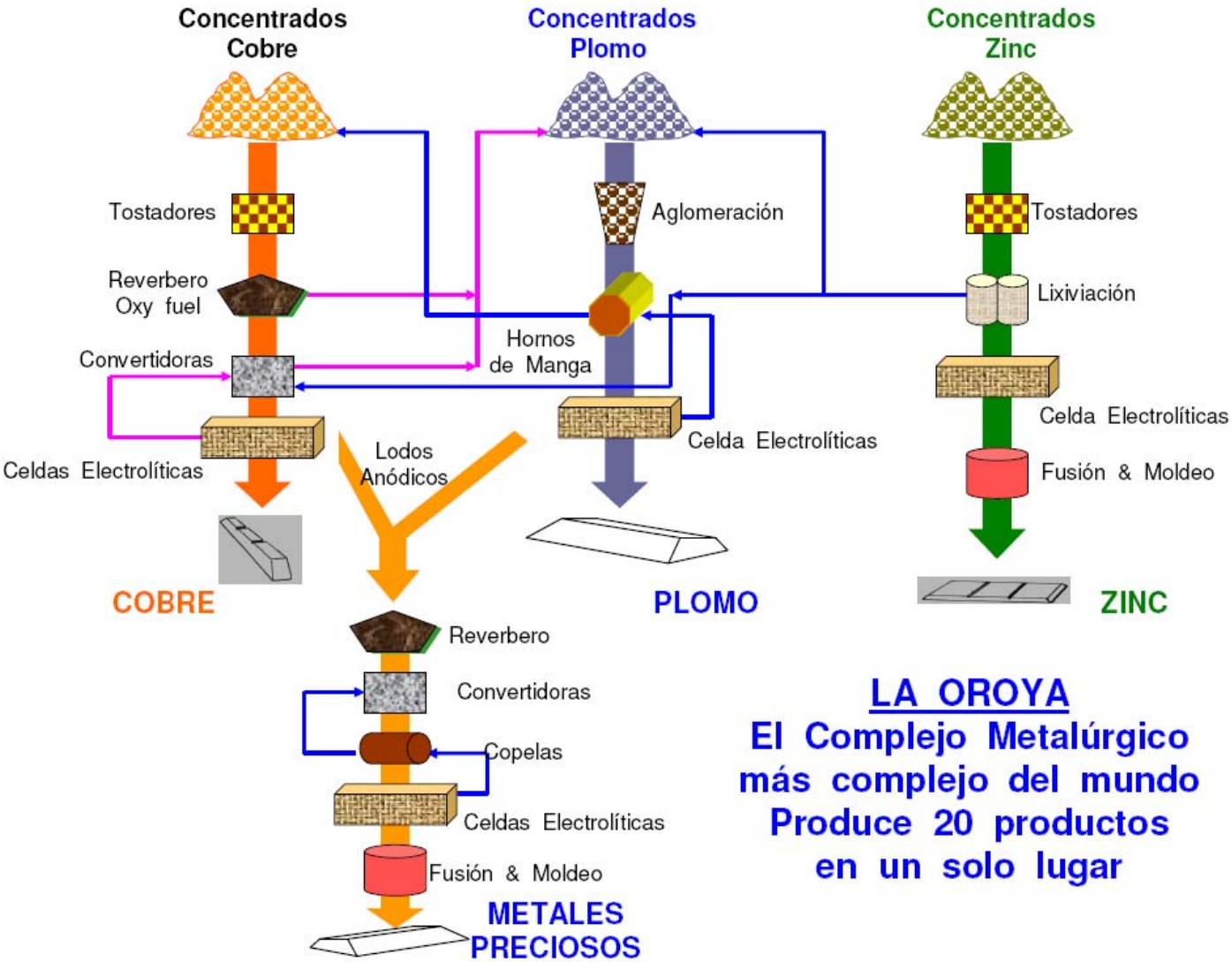
METALES PRODUCIDOS EN DOE RUN PERU S.R.L.

METAL / SUB PRODUCTO	PUREZA (%)	UNIDAD	PRODUCCION ANUAL (*)
Zinc Refinado	99.996	TM	43,000
Plomo Refinado	99.997	TM	120,000
Cobre Refinado	99.975	TM	60,000
Plata Refinada	99.996	TM	1,000
Oro Bullón	99.800	Kg	1,800
Bismuto Refinado	99.999	TM	960
Cadmio	99.994	TM	150
Indio	99.991	Kg	6,300
Telurio	99.940	TM	36
Antimonio	97.500	TM	500
Selenio	99.910	TM	24
Polvo de zinc	98.000	TM	5
Ácido Sulfúrico	98.500	TM	160,000
Oleum	105.600		
Trióxido de Arsénico	97.000	TM	360
Sulfato de Cobre	24.600	TM	3,000
Sulfato de Zinc	35.000	TM	2,600
Concentrado Zinc-Plata	4,900 g/t	TM	1,600
Óxido de Zinc		TM	Variable
Bisulfito de Sodio		TM	Variable

(*): Producción media anual estimada

DIAGRAMA N° 2.1

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS CIRCUITOS DE COBRE, PLOMO Y ZINC



2.1.1. Balance metalúrgico por circuitos

Los balances metalúrgicos de los circuitos de cobre, plomo y zinc se detallan en los **Cuadros N^{o} 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6**, para el período Noviembre 2008 – Marzo 2009 (Producción regular antes de paralizar las operaciones).

CUADRO N° 2.3

BALANCE METALURGICO – CIRCUITO DE COBRE
NOVIEMBRE 2008 – MARZO 2009

	Cu T.M.S.	Pb T.M.S.	Ag Kg	Au Kg
INVENTARIO INICIAL	7,266.00	1,459.49	84,355.02	285.36
CONTENIDO EN ALIMENTACION DE COBRE RECIBIDO	16,814.72	1,717.40	95,328.50	309.63
TRANSFERENCIA DE CONCENTRADOS COMPLEJOS AL CALLAO				
CONTENIDO EN RECIRCULANTES DE COBRE RECIBIDO	54.02	124.11	3,115.30	0.44
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE ZINC	188.69	33.15	411.92	0.71
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE PLOMO	2,247.11	683.93	24,278.96	6.30
TOTAL METAL DISPONIBLE	26,570.54	4,018.08	207,489.70	602.44
MENOS INVENTARIO FINAL	4,732.80	579.56	54,762.62	150.95
TOTAL METAL TRATADO	21,837.74	3,438.52	152,727.09	451.49
TOTAL METAL PRODUCIDO	21,149.33	1,394.07	155,234.29	460.45
PERDIDAS POR RECUPERACION	688.41	2,044.45	-2,507.20	-8.97
PRODUCCION				
COBRE REFINADO	20,615.09			
METALES CONTENIDOS EN COBRE BLISTER (PARA VENTA)				
COBRE BLISTER PARA EL CALLAO				
COBRE EN SULFATO	307.55			
ORO REFINADO				444.64
PLATA REFINADA			145,288.22	
TRANSFERENCIA AL CIRCUITO DE PLOMO	214.46	1,282.99	3,563.23	6.37
PRODUCCION DE RESIDUOS ANODICOS EN EL CIRCUITO DE PLOMO	12.23	111.08	6,382.85	9.45
COBRE REFINADO: SERVICIO A TERCEROS				
TOTAL METAL PRODUCIDO	21,149.33	1,394.07	155,234.29	460.45
RECUPERACION	**96.85**	**40.54**	**101.64**	**101.99**
	3.15	59.46	-1.64	-1.99

CUADRO N° 2.4

BALANCE METALURGICO – CIRCUITO DE PLOMO
NOVIEMBRE 2008 – MARZO 2009

	Cu T.M.S.	Pb T.M.S.	Ag Kg	Au Kg
INVENTARIO INICIAL	632.08	7,903.10	95,425.01	55.31
CONTENIDO EN ALIMENTACION DE PLOMO RECIBIDO	2,008.02	37,477.18	252,571.09	89.71
CONTENIDO EN RECIRCULANTES DE PLOMO RECIBIDO	31.55	109.78	1,602.29	0.21
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE ZINC	10.44	197.72	488.57	0.56
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE COBRE	214.46	1,282.99	3,563.23	6.37
PRODUCCION DE RESIDUOS ANODICOS DEL CIRCUITO DE COBRE	12.23	111.08	6,382.85	9.45
TOTAL METAL DISPONIBLE	2,908.78	47,081.85	360,033.02	161.62
MENOS INVENTARIO FINAL	298.14	3,736.81	41,375.62	16.49
TOTAL METAL TRATADO	2,610.83	43,345.03	318,657.38	145.13
TOTAL METAL PRODUCIDO	2,247.11	41,055.20	314,984.14	145.73
PERDIDAS POR RECUPERACION	363.72	2,289.83	3,673.23	-0.60
PRODUCCION				
METALES CONTENIDOS EN PLOMO BULLON (PARA VENTA)				
PLOMO REFINADO		40,371.27		
ORO REFINADO				139.43
PLATA REFINADA			290,705.19	
TRANSFERENCIA AL CIRCUITO DE COBRE	2,247.11	683.93	24,278.96	6.30
TRANSFERENCIAS AL CIRCUITO DE ZINC				
TOTAL METAL PRODUCIDO	2,247.11	41,055.20	314,984.14	145.73
RECUPERACION	**86.07**	**94.72**	**98.85**	**100.41**
	13.93	5.28	1.15	-0.41

CUADRO N° 2.5

BALANCE METALURGICO – CIRCUITOS DE COBRE Y PLOMO
NOVIEMBRE 2008 – MARZO 2009

	Cu T.M.S.	Pb T.M.S.	Ag Kg	Au Kg
INVENTARIO INICIAL	7,898.08	9,362.58	179,780.03	340.67
CONTENIDO EN ALIMENTACION DE COBRE	16,814.72	1,717.40	95,328.50	309.63
CONTENIDO EN ALIMENTACION DE PLOMO	2,008.02	37,477.18	252,571.07	89.71
CONTENIDO EN RECIRCULANTES DE COBRE	54.02	124.11	3,115.30	0.44
CONTENIDO EN RECIRCULANTES DE PLOMO	31.55	109.78	1,602.29	0.21
CONCENTRADOS Cu/Ag COMPLEJOS - STOCK LA OROYA 2003				
CONTENIDO EN ALIMENTACION DE RECIRCULANTES ADICIONALES	18,908.31	39,428.47	352,617.16	399.99
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE ZINC - COBRE	188.69	33.15	411.92	0.71
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE ZINC - PLOMO	10.44	197.72	488.57	0.56
TOTAL TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE ZINC	199.12	230.88	900.49	1.27
TOTAL RECIBIDO	19,107.44	39,659.34	353,517.65	401.26
TOTAL METAL DISPONIBLE	45,714.70	88,219.52	885,014.35	1,140.65
MENOS INVENTARIO FINAL	5,030.94	4,316.38	96,138.24	167.44
TOTAL METAL TRATADO	21,974.54	44,705.55	437,159.43	574.50
TOTAL METAL PRODUCIDO	20,922.64	40,371.27	435,993.40	584.06
PERDIDAS POR RECUPERACION	1,051.90	4,334.28	1,166.03	-9.56
PRODUCCION				
COBRE REFINADO	20,615.09			
METALES CONTENIDOS EN COBRE BLISTER (PARA VENTA)				
METALES CONTENIDOS EN COBRE BLISTER				
COBRE EN SULFATO	307.55			
PLOMO REFINADO		40,371.27		
METALES CONTENIDOS EN PLOMO BULLON				
ORO REFINADO				584.06
PLATA REFINADA			435,993.40	
TRANSFERENCIA AL CIRCUITO DE ZINC				
COBRE REFINADO DEL SERVICIO TOLL				
TOTAL METAL PRODUCIDO	20,922.64	40,371.27	435,993.40	584.06
RECUPERACION	**95.21**	**90.30**	**99.73**	**101.66**
	4.79	9.70	0.27	-1.66

CUADRO N° 2.6

BALANCE METALURGICO – CIRCUITO DE ZINC
NOVIEMBRE 2008 – MARZO 2009

	Cu T.M.S.	Pb T.M.S.	Ag Kg	Zn T.M.S.
INVENTARIO INICIAL	100.64	21.62	556.71	2,185.72
CONTENIDO EN ALIMENTACION DE ZINC RECIBIDO	167.30	257.89	6,347.30	16,207.46
TRATAMIENTO DE RESIDUOS RECUPERADOS DE HUANCHAN				
CONCENTRADO Zn-Ag DE NUEVA PLANTA	0.35	1.33	80.03	12.48
RESIDUO FERRITA DE ZINC DE CIRCUNVALACION A ZILERET	6.46	15.61	171.66	107.09
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE COBRE				
CONTENIDO EN TRANSFERENCIAS DEL CIRCUITO DE PLOMO				
SULFATO DE ZINC RETORNADO DEL CALLAO				
TOTAL METAL DISPONIBLE	274.74	296.45	7,155.70	18,512.75
MENOS INVENTARIO FINAL	20.54	18.62	116.62	1,057.69
TOTAL METAL TRATADO	254.20	277.83	7,039.08	17,455.06
TOTAL METAL PRODUCIDO	213.52	251.78	6,029.79	15,988.21
PERDIDAS POR RECUPERACION	40.68	26.05	1,009.29	1,466.85
PRODUCCION				
ZINC REFINADO				15,327.15
POLVO DE ZINC				4.58
SULFATO DE ZINC				409.74
TRANSFERENCIA AL CIRCUITO DE COBRE	195.21	40.96	527.15	
TRANSFERENCIA AL CIRCUITO DE PLOMO	10.44	197.72	488.96	
RESIDUOS DE PURIFICACION PARA VENTA				
OXIDO ESFUMADO DE ZINC PARA VENTA				
CONCENTRADO Zn/Ag PARA VENTA	7.87	13.10	5,013.68	246.74
TOTAL METAL PRODUCIDO	213.52	251.78	6,029.79	15,988.21
RECUPERACION	**84.00**	**90.62**	**85.66**	**91.60**
	16.00	9.38	14.34	8.40

2.1.2. Diagramas de flujo por circuitos

Los diagramas de flujo para los circuitos de zinc, cobre y plomo se detallan en los **Diagramas N^{o} 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5.**

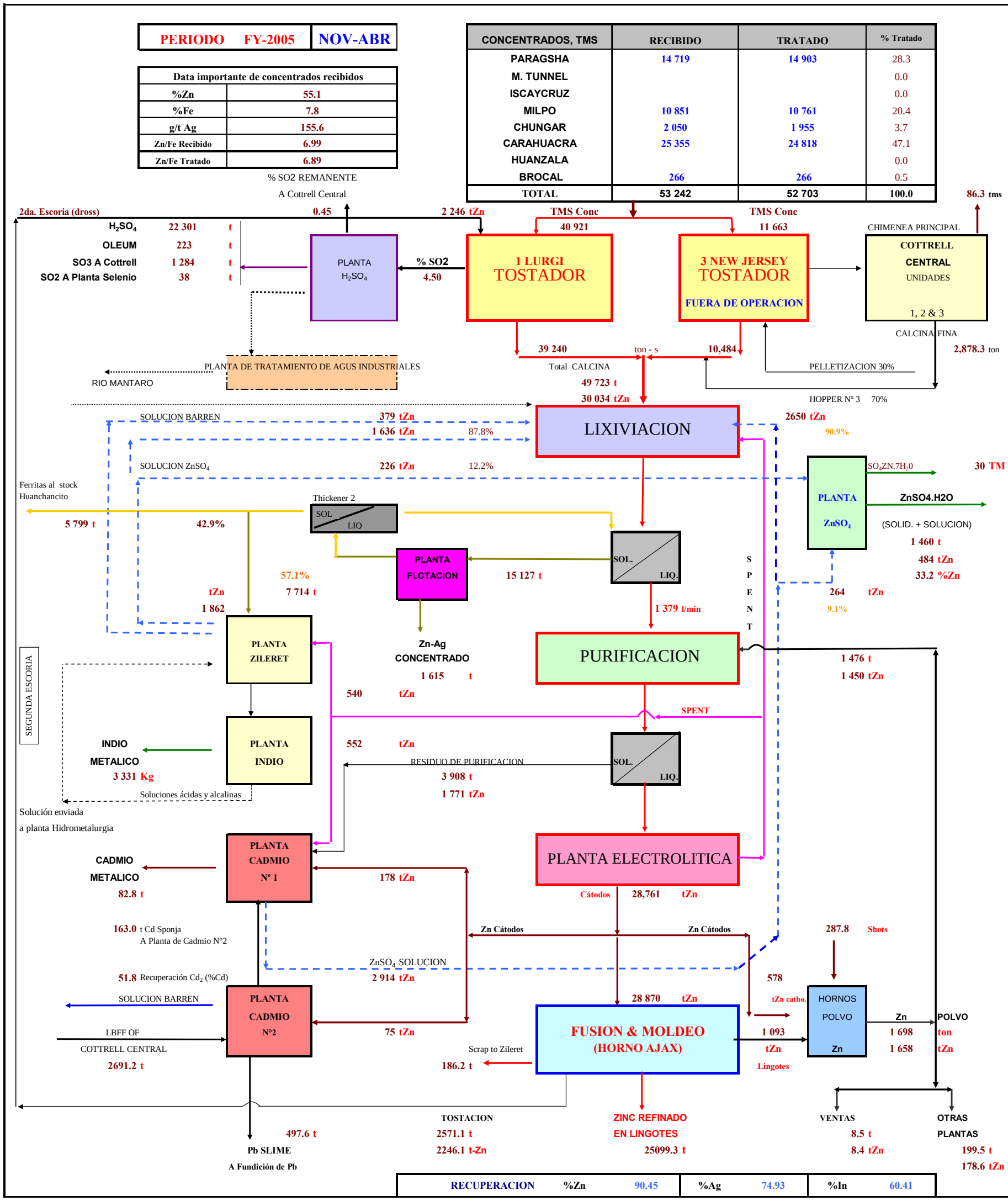
DIAGRAMA N° 2.2

DIAGRAMA DE FLUJO – CIRCUITO DE ZINC

PERIODO FY-2005	NOV-ABR

Data importante de concentrados recibidos	
%Zn	55.1
%Fe	7.8
g/t Ag	155.6
Zn/Fe Recibido	6.99
Zn/Fe Tratado	6.89

CONCENTRADOS, TMS	RECIBIDO	TRATADO	% Tratado
PARAGSHA	14 719	14 903	28.3
M. TUNNEL			0.0
ISCAYCRUZ			0.0
MILPO	10 851	10 761	20.4
CHUNGAR	2 050	1 955	3.7
CARAHUACRA	25 355	24 818	47.1
HUANZALA			0.0
BROCAL	266	266	0.5
TOTAL	53 242	52 703	100.0



RECUPERACION	%Zn	90.45	%Ag	74.93	%In	60.41

DIAGRAMA N^{0} 2.3

DIAGRAMA DE FLUJO – CIRCUITO DE COBRE ACTUAL

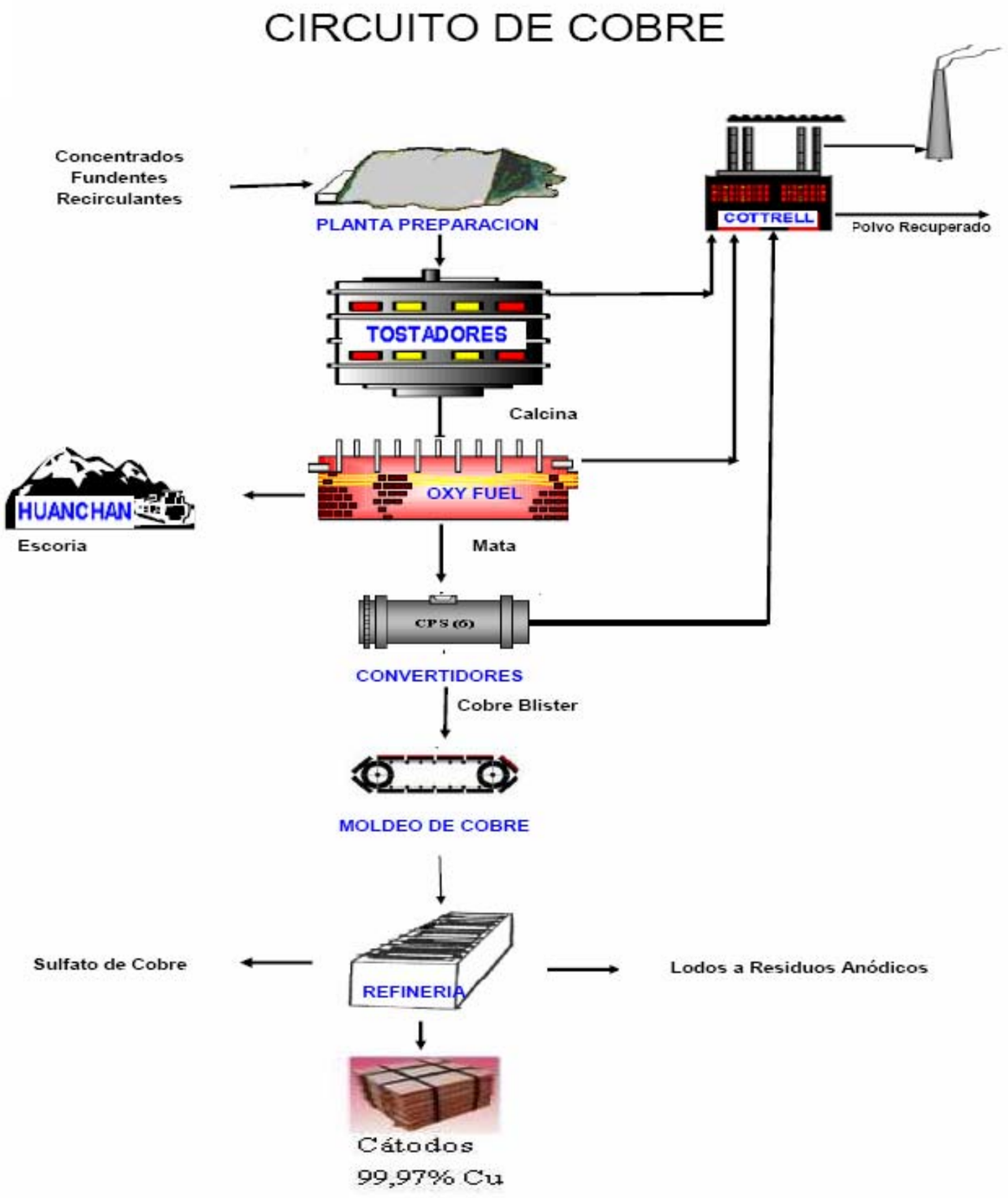


DIAGRAMA N° 2.4

DIAGRAMA DE FLUJO – CIRCUITO DE COBRE
A PARTIR DEL AÑ0 2012

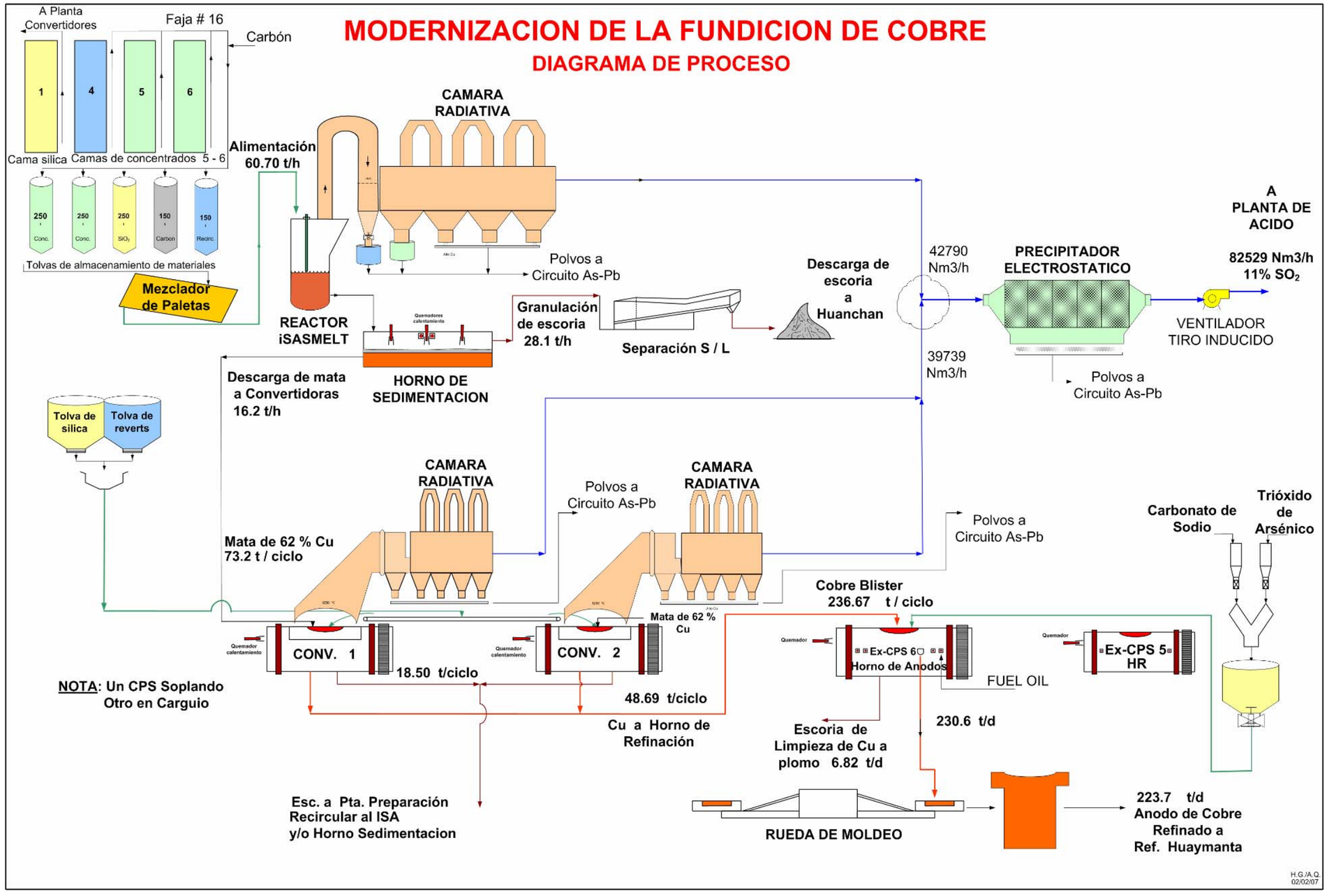
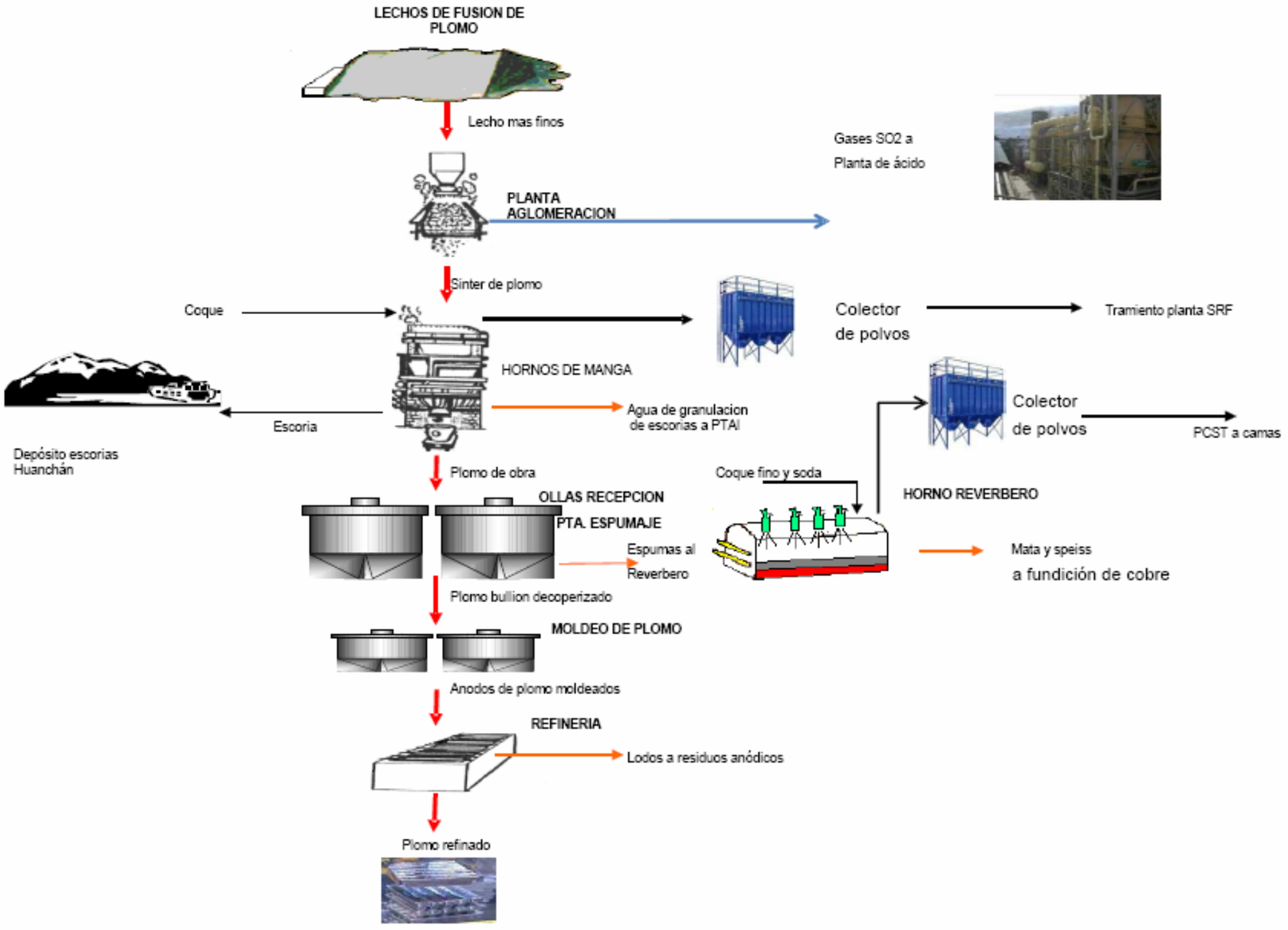


DIAGRAMA N° 2.5

DIAGRAMA DE FLUJO – CIRCUITO DE PLOMO



2.2. Ubicación del área de estudio

El Complejo Metalúrgico de La Oroya está ubicado en los andes centrales del Perú, aproximadamente a 180 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en la Región Junín, Provincia Yauli, Distrito de La Oroya. Localizado a 3,775 metros sobre el nivel del mar.

Para llegar desde la Costa es necesario atravesar la cordillera de los andes, alcanzando durante la travesía, en su punto más alto denominado Ticlio, los 4,818 metros sobre el nivel del mar.

Esta ubicación es estratégica para el Complejo Metalúrgico de La Oroya, por las siguientes fortalezas:

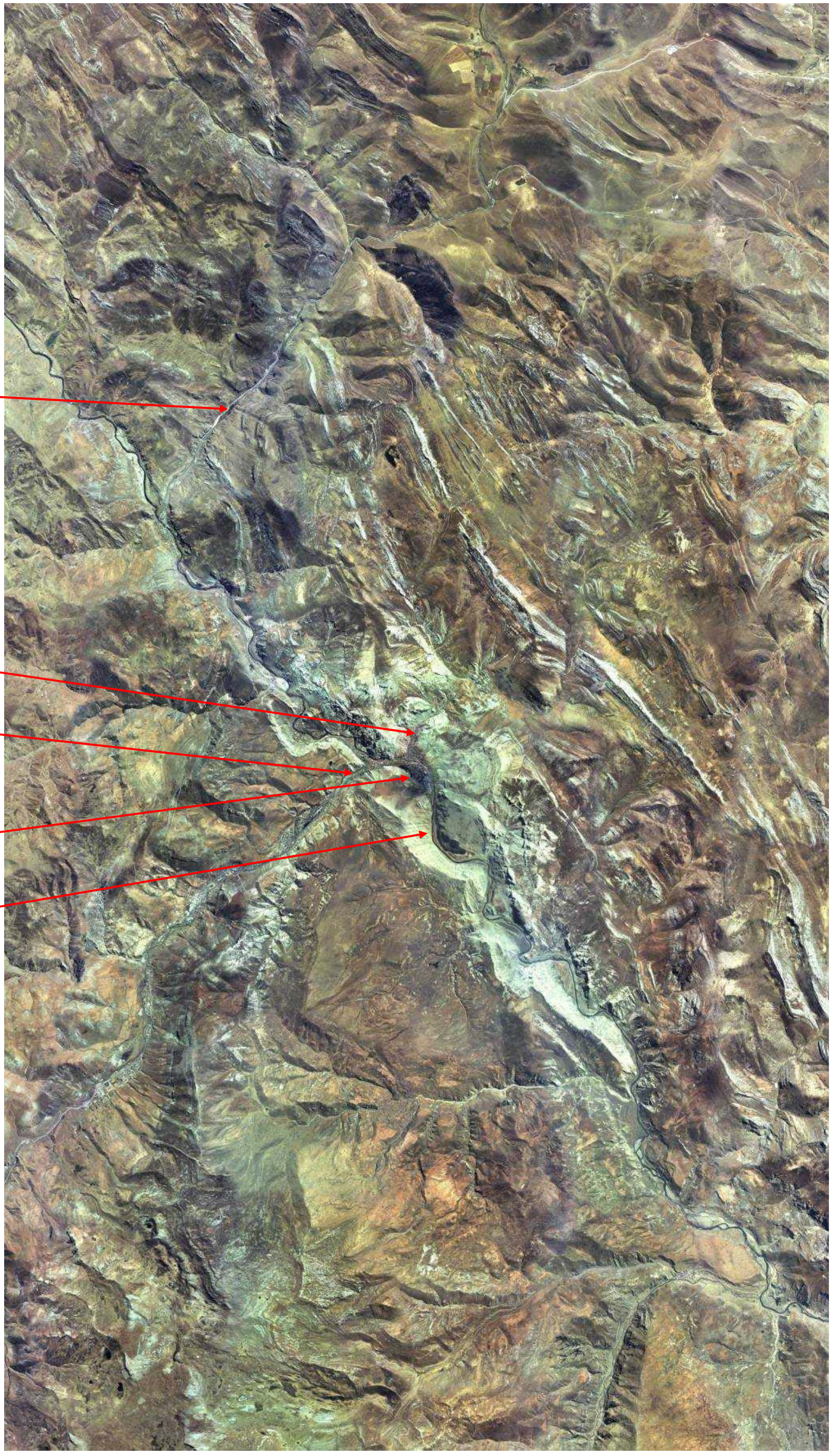
- Cercanía a la mayoría de minas polimetálicas de la región central del país.
- Transporte ferroviario disponible a través de la empresa Ferrocarril Central Andino (Ex Enafer) en la ruta La Oroya – Lima – Callao.
- Transporte terrestre con excelente infraestructura vial hacia Lima – Callao y centros mineros de la región.

2.2.1. Plano de Ubicación

La fotografía aerográfica, muestra la ubicación general del Complejo Metalúrgico de La Oroya, con referencia a las cuencas hidrográficas de los Ríos Yauli, Mantaro, Tishgo y micro cuenca del manantial Cuchimachay.

Los **Planos N^{o} T-001-09 y T-002-09** muestran la ubicación del proyecto en estudio.

FOTOGRAFÍA AEROGRÁFICA DE LA OROYA



2.2.2. Plano General del Complejo Metalúrgico de La Oroya

En la sección Planos, el Plano General del Complejo Metalúrgico de La Oroya **N° T-003-09,** muestra el arreglo y distribución de plantas en la Fundición.

2.3. Análisis situacional de las fuentes de captación de aguas

2.3.1. Río Tishgo

La bocatoma del Río Tishgo, se encuentra en la superficie del valle joven, ubicada a 3,880 m.s.n.m. Su cuenca hidrográfica pertenece a la vertiente del Atlántico por la confluencia con el Río Mantaro a la altura del Distrito de Paccha. Ver **Fotografías N^{o} 4 y 5.**

El sistema de agua del Río Tishgo está compuesto de una bocatoma; consistente en una poza de represamiento, filtros tipo mallas, 2 válvulas de compuerta y dos pozas desarenadoras. Asimismo, la red matriz de agua tiene una longitud de tubería de 15 kilómetros por un diámetro promedio de 32"Ø. **Ver Fotografía N^{o} 3.**

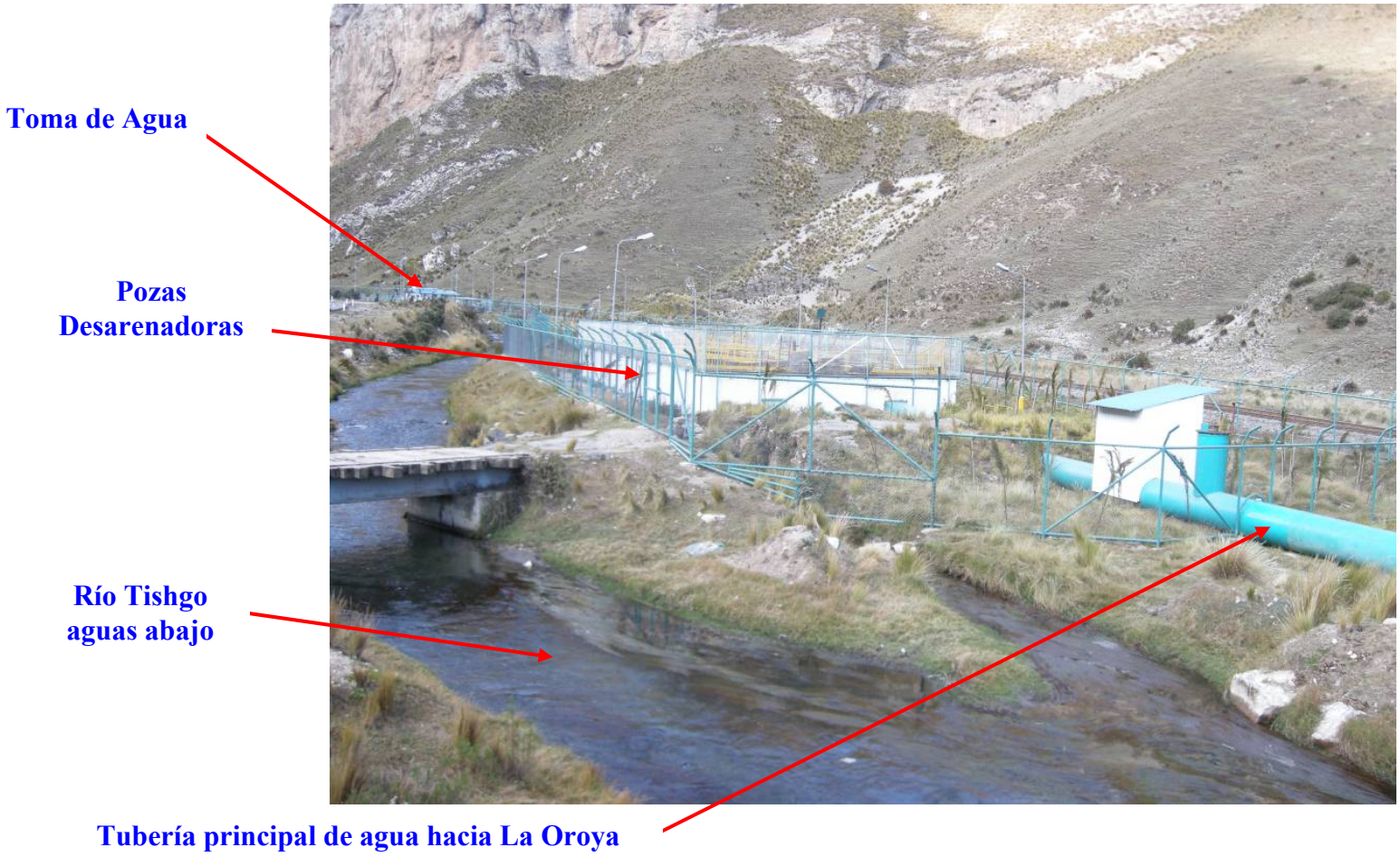
El suministro de agua mediante esta red sirve para el sistema industrial del Complejo Metalúrgico de La Oroya, así como para una parte importante de la población de la ciudad de La Oroya.

Las características principales de este sistema son las siguientes:

Autorización **(*)**	: Resolución Administrativa N^{o} 127-2003-INRENA-IRH/ATDRM
Caudal total autorizado	: 800 litros / segundo
Caudal de uso actual	: 420 litros / segundo
Usos	: Poblacional y Minero

(*): Ver Apéndices N^{o} 1 y 2.

Fotografía N° 3: Bocatoma de agua del Río Tishgo



Fotografías N° 4 y 5: Confluencia de la sub cuenca del Río Tishgo con el Río Mantaro – Distrito de Paccha

2.3.2. Manantial Cuchimachay

El ojo de agua de Cuchimachay se encuentra en la superficie del valle joven, en la micro cuenca Cuchimachay, ubicado a 4,112 m.s.n.m. Su afloramiento se presenta en una roca perteneciente a la formación Condorsinga. Pertenece a la vertiente Atlántico por su confluencia con el Río Mantaro a la altura del puente peatonal "Cascabel" de La Oroya Antigua. Ver **Fotografía N° 7**

El manantial de agua de Cuchimachay está compuesto de una bocatoma; consistente en una poza de captación, filtros tipo mallas y una válvula de compuerta. Asimismo, la red matriz de agua tiene una longitud aproximada de 5 kilómetros con un diámetro promedio de 8"Ø. Ver **Fotografía N° 6.**

El agua de esta fuente es la de mejor calidad comparada a las otras; sin embargo, el caudal de explotación es mínimo para cubrir la demanda.

En el **Plano N° T-004-09** (Sección Planos), se observa la topografía de las cuencas hidrográficas de la Provincia de Yauli - La Oroya, resaltando en particular las cuencas que son parte del estudio.

Las características principales de este sistema son las siguientes:

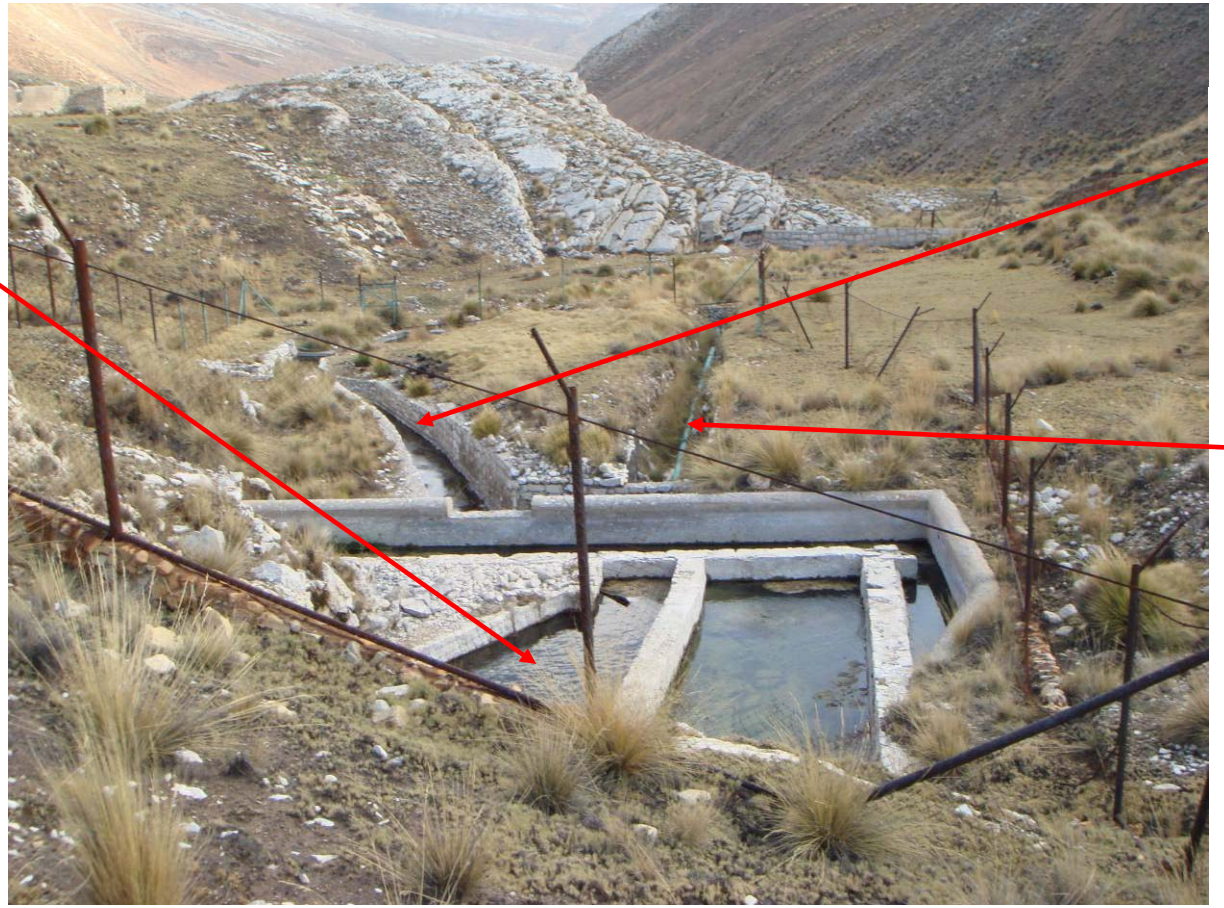
Autorización (*)	: Resolución Administrativa N° 035-1998-INRENA-IRH/ATDRM
Caudal total autorizado	: 120 litros / segundo
Caudal de uso actual	: 56.67 litros / segundo
Usos	: Poblacional y Minero

(*): Ver Apéndice N° 3

En épocas de lluvia, el caudal máximo que brota en el ojo del Manantial de Cuchimachay es de 250 litros/segundo; mientras que en épocas de estiaje, se observó un caudal máximo de 160 litros/segundo.

Fotografía N° 6: Bocatoma del manantial Cuchimachay

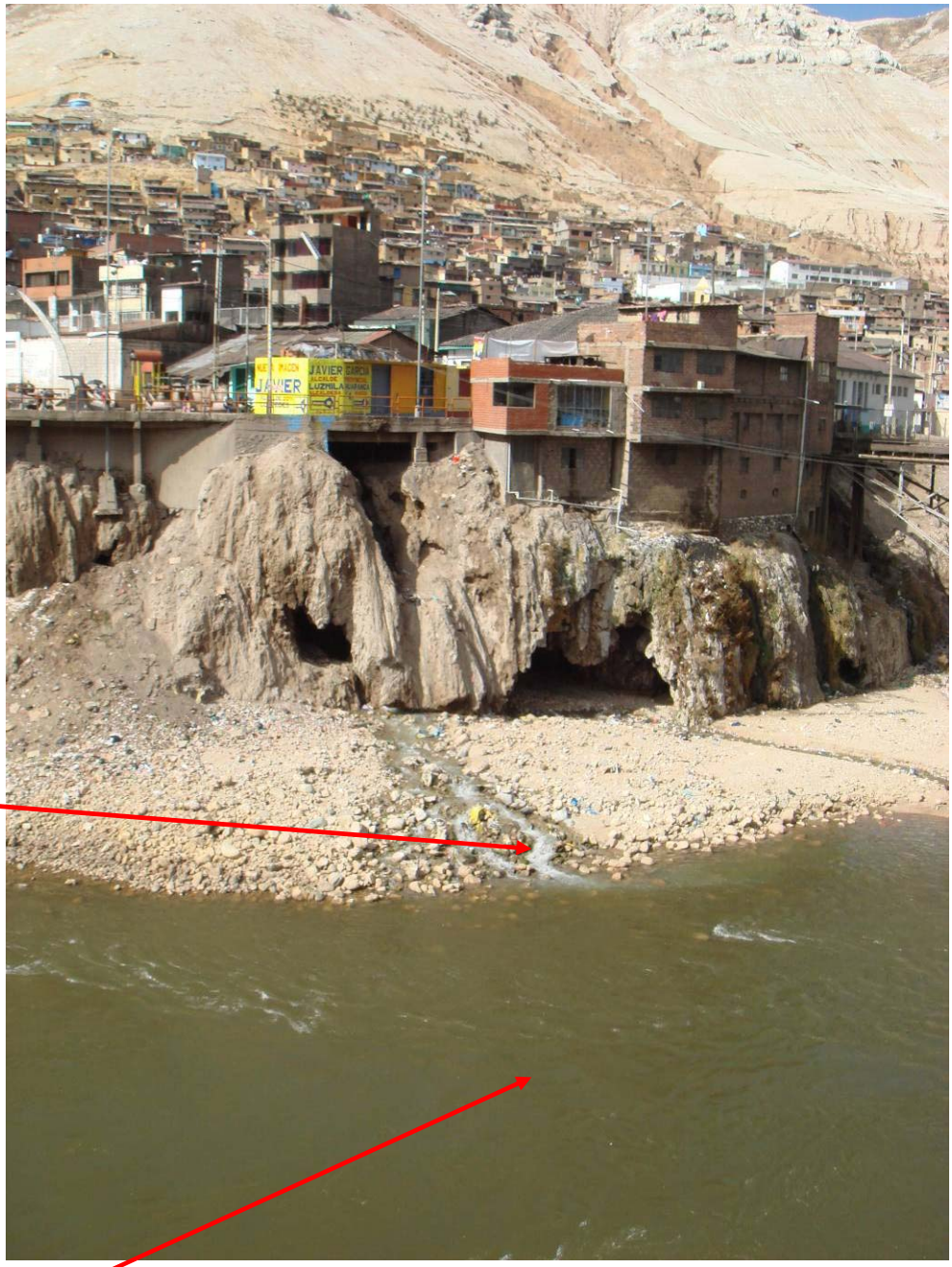
Ojo del manantial



Micro Cuenca Cuchimachay aguas abajo

Tubería matriz

Fotografía N° 7: Confluencia de la micro cuenca Cuchimachay con el Río Mantaro – La Oroya Antigua



2.3.3. Río Mantaro

Hasta el año 2005 se tenía una autorización para la explotación de 1,000 litros/segundo mediante una estación de bombeo. La Resolución Administrativa indicada en el **Apéndice N° 5,** señala con detalles el resultado de la optimización en la demanda de agua para el proceso industrial del Complejo Metalúrgico de La Oroya.

A la fecha solo se tiene una autorización de explotación de 10 litros/segundo, con el criterio de alguna contingencia futura. Sin embargo, las condiciones actuales ameritan solicitar la cancelación de esta autorización.

Las características principales de este sistema son las siguientes:

Autorización (*)	: Resolución Administrativa N° 088-2006-INRENA-IRH/ATDRM
Caudal total autorizado	: 10 litros / segundo
Usos	: Ninguno

(*): Ver Apéndice N° 5

Fotografía N° 8: Estación de Bombas Mantaro clausurada y verificada según resolución N° 088-2006-INRENA-IRH/ATDRM

2.4. Costos por derecho de consumo de aguas

Los costos por concepto de uso de estas fuentes de agua se aplican de acuerdo a las tarifas indicadas en el Decreto Supremo N° 017-2004-AG **(Apéndice N° 6)**.

En el **Cuadro N° 2.7,** se muestran los costos anuales por consumo de agua de las diferentes fuentes, desde el año 2000 hasta el año 2012 (proyectado).

Los caudales de explotación autorizados en cada fuente se muestran en los **Apéndices N° 1, 2, 3, 4 y 5**.

El sistema de captación y distribución de las fuentes de agua (caudales de explotación), afectos a la obligación de pagos se muestran en el **Plano N° T-005-09** (sección planos).

CUADRO Nº 2.7

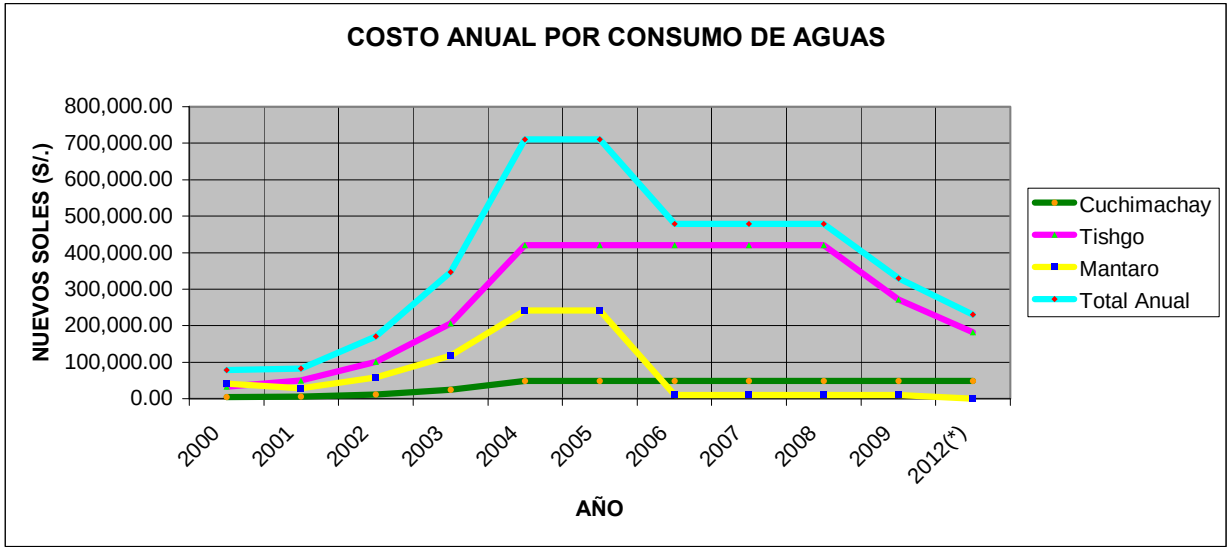
COSTOS POR CONSUMO DE AGUAS (S/.)

FUENTE	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012(*)
CUCHIMACHAY MINERO	4,919.62	5,493.68	11,266.70	22,993.53	47,099.65	47,099.65	47,099.65	47,099.65	47,099.65	47,259.85	47,259.85
CUCHIMACHAY POBLACIONAL		123.62	254.81	522.24	1,069.70	1,069.70	1,069.70	1,069.70	1,069.70	1,002.84	1,002.84
TOTAL CUCHIMACHAY	**4,919.62**	**5,617.30**	**11,521.51**	**23,515.77**	**48,169.35**	**48,169.35**	**48,169.35**	**48,169.35**	**48,169.35**	**48,262.69**	**48,262.69**
TISHGO MINERO	32,797.44	46,887.72	96,159.57	196,148.87	401,788.82	401,788.82	401,788.82	401,788.82	401,788.82	250,236.90	160,202.88
TISHGO POBLACIONAL		2,194.27	4,522.89	9,269.69	18,987.19	18,987.19	18,987.19	18,987.19	18,987.19	21,327.17	21,327.17
TOTAL TISHGO	**32,797.44**	**49,081.99**	**100,682.46**	**205,418.56**	**420,776.02**	**420,776.02**	**420,776.02**	**420,776.02**	**420,776.02**	**271,564.06**	**181,530.05**
MANTARO	**40,996.80**	**28,169.48**	**57,771.30**	**118,252.43**	**242,226.75**	**242,226.75**	**9,612.17**	**9,612.17**	**9,612.17**	**9,612.17**	**0.00**
TOTAL ANUAL	**78,713.86**	**82,868.77**	**169,975.27**	**347,186.76**	**711,172.12**	**711,172.12**	**478,557.54**	**478,557.54**	**478,557.54**	**329,438.93**	**229,792.74**

(*): Con la implementación de Proyectos de Modernización

TARIFAS	**S/. / m³**
Tarifa por uso minero	0.03048
Tarifa por uso poblacional	0.00424

Fuente: Decreto Supremo Nº 017-2004-AG



III. LEGISLACIÓN AMBIENTAL

3.1. Marco Legal

La legislación ambiental peruana relacionada con la presente Tesis, incluye a los siguientes sectores:

- MINISTERIO DEL AMBIENTE: Creado el 14 de Mayo del 2008, como ente rector del sector ambiental nacional, que coordina en los niveles de gobierno local, regional y nacional.

- CONAM: Institución adscrita a la Presidencia del Consejo de Ministros, cuya función es definir la Política Nacional del Ambiente y articular y reforzar la gestión ambiental asignada a los diversos sectores e instituciones de la administración pública.

- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS: Dirección de Asuntos Ambientales Mineros. Tiene como función proponer la política y normas legales relacionadas con la conservación del medio ambiente en el sector de minería, evaluar, calificar y aprobar a las instituciones autorizadas a realizar el EIA (*), DIA(*) y PAMA(*); así como evaluar los EIA y PAMA del sector Minero.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA: El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), organismo público descentralizado. Encargado de promover el uso racional y la conservación de los recursos naturales con activa participación del Sector Privado.

- MINISTERIO DE SALUD: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA). Órgano de línea técnico-normativo a nivel nacional, encargado de normar, supervisar, controlar, evaluar y concertar con los gobiernos regionales, locales y demás componentes del Sistema Nacional de Salud los aspectos de protección del ambiente, saneamiento básico, la salud ocupacional, higiene alimentaría, zoonosis y protección del medio ambiente.

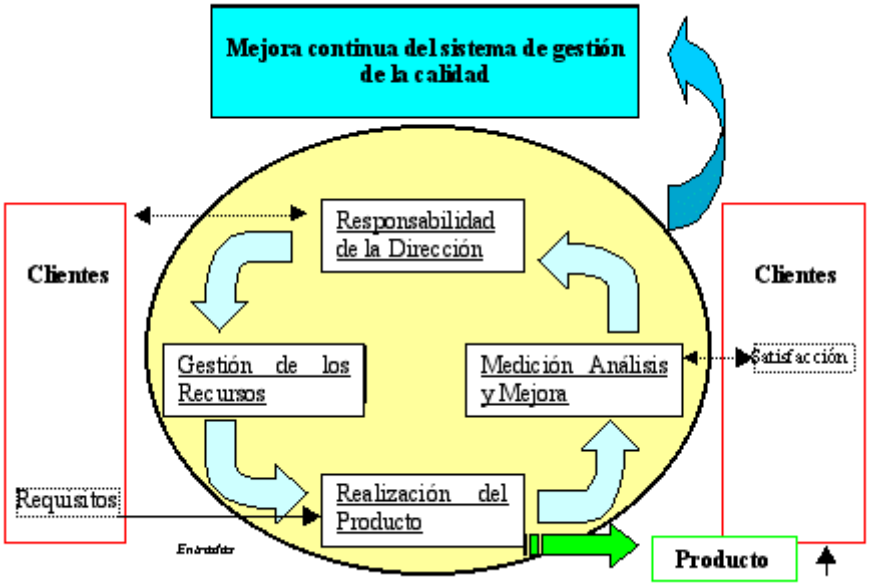
(*)
EIA: Estudio de Impacto Ambiental
DIA: Declaración de Impacto Ambiental
PAMA: Programa de Adecuación y Manejo Ambiental

Las normas con mayor relevancia relacionadas con la gestión del recurso hídrico para el Complejo Metalúrgico de La Oroya, son las siguientes:

Código Legal	Título	Nº Artículo	Aplicación
Ley 28611 16 Septiembre, 2005	Ley General del Ambiente	5, 85.2	Licencia de Uso de Aguas
Decreto Legislativo 613 08 Septiembre, 1990	Código del Ambiente y los Recursos Naturales	108 - 112	Destino final de las aguas residuales
Decreto Legislativo 757 13 Noviembre, 1991	Ley Marco para el crecimiento de la inversión privada	Inciso a) de la primera disposición final	General
Ley 26821 25 Junio, 1997	Ley Orgánica del Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales	19	Licencia de Uso de Aguas
Decreto Ley 17752 24 Julio, 1969	Ley General de Aguas	8, 28, 29, 30, 31 y 88	Licencia de Uso de Aguas
Decreto Ley 17752 24 Julio, 1969	Ley General de Aguas	12, 91	Pago anual de la tarifa por el uso de aguas
Ley 26821 25 Junio, 1997	Ley Orgánica del Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales	20, 29	Pago anual de la tarifa por el uso de aguas
Decreto Supremo 261-69-AP 13 Diciembre, 1969	Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas	21, 22	Pago anual de la tarifa por el uso de aguas
Decreto Supremo 003-90-AG 11 Febrero, 1990	Reglamento de Tarifay Cuotas por el Uso de Agua	1, 57	Pago anual de la tarifa por el uso de aguas
Decreto Supremo No 017-2004-AG 28 Abril, 2004	Tarifas por uso de aguas	1, 2	Pago anual de la tarifa por el uso de aguas
Decreto Supremo 016-93-EM 23 Abril, 1993	Reglamento sobre protección del medio ambiente	31-43	Calidad del Ambiente
Resolución Ministerial 011-96-EM/VMM 13 Enero, 1996	Niveles Máximos Permisibles para Efluentes Líquidos	1-13	Efluentes líquidos
Resolución Administrativa 077-2008-ATDRM-DRA/J 21 Abril, 2008	Cancelación de recibo No 2008004149	Específico	Pago anual por consumo de agua Tishgo, Uso Minero
Resolución Administrativa 078-2008-ATDRM-DRA/J 21 Abril, 2008	Cancelación de recibo No 2008004150	Específico	Pago anual por consumo de agua Mantaro, Mantaro Uso Minero
Resolución Administrativa 108-2008-ATDRM-DRA/J 21 Abril, 2008	Cancelación de recibo No 2008004273	Específico	Pago anual por consumo de agua Cuchimachay, Uso Poblacional
Resolución Administrativa 109-2008-ATDRM-DRA/J 21 Abril, 2008	Cancelación de recibo No 2008004274	Específico	Pago anual por consumo de agua Tishgo, Uso Poblacional
Resolución Administrativa 346-2008-ATDRM-DRA/J 29 Abril, 2008	Cancelación de recibo No 2008006077	Específico	Pago anual por consumo de agua Cuchimachay, Uso Minero

3.2. Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000

La Norma 9001:2000, promueve la adopción de un enfoque de procesos para la mejora continua del sistema de gestión de la calidad.



La implementación progresiva de los planes y proyectos propuestos, no son ajenos al sistema de gestión de calidad ISO 9001:2000, por lo que a continuación resaltamos con una línea subrayada**,** los requisitos aplicables a la presente Tesis.

El **capítulo 4 de la Norma ISO 9001:2000,** detalla los siguientes requerimientos:

4. Sistema de Gestión de la Calidad

4.1 Requerimientos Generales

La organización debe:

a) Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad.
b) Determinar la secuencia e interacción estos procesos.
c) Determinar criterios para asegurar que la operación y el control de estos procesos, son eficaces.
d) Asegurar la disponibilidad de recursos e información.
e) Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.

f) Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planeados y la mejora continua de estos procesos.

4.2 Requerimientos de la Documentación

4.2.1. Generalidades.

La documentación del sistema de gestión de la calidad debe incluir:

a) Política de calidad y objetivos de la calidad
b) Manual de Calidad
c) Procedimientos documentados
d) Los documentos necesarios para asegurar la eficaz planificación, operación y control de los procesos.
e) Los registros necesarios para demostrar el funcionamiento y eficacia del sistema de gestión de la calidad.

4.2.2 Manual de Calidad.

Debe incluir:

a) El alcance del sistema de gestión de la calidad.
b) Los procedimientos documentados.
c) Descripción de la interacción entre los procesos.

4.2.3 Control de Documentos.

Debe ser establecido para definir los controles necesarios:

a) Aprobar los documentos, antes de su emisión.
b) Revisar y actualizar los documentos y aprobarlos nuevamente.
c) Asegurar que los cambios y la revisión estén identificados.
d) Asegurar que las versiones de los documentos están disponibles.
e) Asegurar que los documentos permanezcan legibles.
f) Asegurar que los documentos externos están identificados.
g) Prevenir el uso no intencionado de documentos obsoletos.

4.2.4 Control de los registros.

5. Responsabilidad de la Dirección

5.1 Compromiso de la Dirección
5.2 Enfoque al cliente
5.3 Política de Calidad
5.4 Planificación
5.4.1 Objetivos de la Calidad.

5.4.2 Planificación del sistema de gestión de calidad.
5.5. Responsabilidad, autoridad y comunicación
5.5.1 Responsabilidad y Autoridad.
5.5.2 Representante de la Dirección.
5.5.3 Comunicación Interna
5.6 Revisión por la Dirección
5.6.1 Generalidades
5.6.2 Información para la revisión.
5.6.3 Resultados de la revisión.

6. Gestión de Recursos

6.1 Provisión de Recursos
6.2 Recursos Humanos
6.2.1 Generalidades.
6.2.2 Competencia, toma de conciencia y formación.
6.3 Infraestructura
6.4 Ambiente de trabajo

7. Realización del producto

7.1 Planificación de la Realización del Producto
7.2 Procesos relacionados con el cliente
7.2.1 Determinación de los requisitos relacionados al producto.
7.2.2 Revisión de los requisitos relacionados con el producto.
7.2.3 Comunicación con el cliente.
7.3 Diseño y Desarrollo
7.3.1 Planificación del diseño y desarrollo.
7.3.2 Elementos de entrada para el diseño y desarrollo.
7.3.3 Resultados del diseño y desarrollo.
7.3.4 Revisión del diseño y desarrollo.
7.3.5 Verificación del diseño y desarrollo.
7.3.6 Validación del diseño y desarrollo.
7.3.7 Control de los cambios del diseño y desarrollo.
7.4 Compras
7.4.1 Procesos de compras.
7.4.2 Información de las compras.
7.4.3 Verificación de los productos comprados.
7.5 Producción y prestación del servicio
7.5.1 Control de la producción y de la prestación del servicio.
7.5.2 Validación de los procesos de la producción y de la prestación del servicio.
7.5.3 Identificación y trazabilidad.
7.5.4 Propiedad del cliente.
7.5.5 Preservación del producto.
7.6 Control de los dispositivos de seguimiento y medición

8. Medición, Análisis y Mejora
8.1 Generalidades
8.2 Seguimiento y Medición

8.2.1 Satisfacción del cliente
8.2.2 Auditoría interna
8.2.3 Seguimiento y medición de los procesos
8.2.4 Seguimiento y medición del producto
8.3 Control del producto no conforme
8.4 Análisis de datos
8.5 Mejora
8.5.1 Mejora Continua
8.5.2 Acción Correctiva
8.5.3 Acción Preventiva

3.3. Sistema de Gestión Ambiental ISO 14001:2004

El interés en adoptar la norma ISO 14001:2004 como sistema de gestión ambiental conlleva a una responsabilidad moral, técnica, legal y penal, en ese estricto orden descrito.
Razón por la cual la ejecución de los proyectos implementados y futuros a desarrollarse, planteados en la presente Tesis, acoge los requisitos de la norma en todas las etapas del proyecto: ingeniería, construcción, comisionamiento y puesta en servicio.

En el capítulo 4 de la norma ISO 14001:2004, se detallan los requerimientos, cuya estructura es la siguiente:

4. Sistema de Gestión de Ambiental (SGA)

4.1 Requisitos generales

4.2 Política Ambiental

4.3 Planificación
- 4.3.1 Aspectos ambientales.
- 4.3.2 Requisitos legales y otros requisitos.
- 4.3.3 Objetivos y metas.
- 4.3.4 Programa de gestión ambiental.

4.4. Implementación y operación
- 4.4.1 Estructura y responsabilidades.
- 4.4.2 Capacitación, conocimientos y competencia.
- 4.4.3 Comunicación.
- 4.4.4 Documentación del sistema de gestión ambiental.
- 4.4.5 Control de los documentos.
- 4.4.6 Control operativo.
- 4.4.7 Preparación en caso de emergencia respuesta

4.5. Comprobación y acción correctora
- 4.5.1 Control y medida
- 4.5.2 No conformidad, acción correctora y acción preventiva.
- 4.5.3 Registros.
- 4.5.4 Auditoría del sistema de gestión medioambiental.

4.6. Revisión por la dirección

Es preciso indicar que de todos los aspectos ambientales analizados, el más resaltante es el efluente final en el Complejo Metalúrgico de La Oroya, cuyo impacto es positivo por la calidad de agua que se aporta hacia el río Mantaro.

IV. CLIMATOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE CAPTACIÓN DE AGUAS

El clima de La Oroya y alrededores es frígido con dos estaciones bien marcadas: la húmeda, entre noviembre - abril con precipitaciones líquidas, a veces sólidas (nieve o granizo), y la seca durante el resto del año. Las precipitaciones se canalizan por pequeñas quebradas como tributarios de arroyos al río Mantaro, que es el colector de la cuenca regional.

Las características meteorológicas son de gran importancia en los fenómenos de contaminación atmosférica y sus efectos adversos, así como para predecir la disponibilidad de aguas en las cuencas hidrográficas.

Los parámetros meteorológicos del año 1925 al año 1997 se registraron en tres estaciones: la primera, ubicada en la zona de Fundición y las otras dos restantes con monitores Kimoto Tipo 332-TW en Cushurupampa (NO de la Fundición) y Huanchán (SE de la Fundición), respectivamente.

Actualmente, el registro de los parámetros meteorológicos en el área de La Oroya, se lleva a cabo en las estaciones indicadas en el **Cuadro N^{o} 4.1** y ubicadas gráficamente en el **Diagrama N^{o} 4.1.**

El registro meteorológico del complejo metalúrgico data desde el año 1925, la misma que registra parámetros como: dirección y velocidad de vientos, precipitaciones pluviales, temperatura ambiental, humedad relativa y presión barométrica. Los resultados obtenidos no son de uso exclusivo de la Empresa, sino que se comparten mediante información continua pre establecida, con el organismo oficial de meteorología del país, formando parte de la red de estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMI, bajo cuyos lineamientos se opera.

Asimismo, toda la información obtenida es compartida con los organismos fiscalizadores del estado (Dirección General de Salud – DIGESA, Ministerio de Energía y Minas – MEM, Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – OSINERGMIN), y la ciudadanía en general que libremente lo requiera.

Según los registros de 80 años indicados en la **Tabla N^{o} 4.1**, el mes más lluvioso es Enero y el de menos precipitación Junio (88.1 mm H_2O y 11.1 mm H_2O respectivamente). Normalmente las precipitaciones (líquidas como lluvia o sólidas como nieve) en zonas de contaminación atmosférica se consideran benéficas porque “lavan” el aire ambiental. Sin embargo, en el caso de La Oroya se le relaciona con un efecto negativo, pues constituyen una fuente adicional de contaminación al Río Mantaro, porque esa acción de “lavado” ocurre sobre superficies que han acumulado contaminantes a través del tiempo y que son disueltos y arrastrados hacia los ríos receptores Yauli y Mantaro. El promedio anual en el mismo periodo es de 568.4 mm H_2O.

La temperatura promedio en La Oroya y alrededores oscila con marcada diferencia, llegando a la máxima temperatura promedio (11.7 ^{o}C) en el mes de Octubre y la mínima (6.6 ^{o}C) en Mayo. Ver **Tabla N^{o} 4.2**.
Sin embargo es importante hacer notar que la temperatura puntual máxima registrada es de 26 ^{o}C en el mes de Diciembre y la mínima de -7 ^{o}C en Mayo.

En cuanto a la humedad relativa también es muy variada, oscilando desde 5% en los meses de Julio a Setiembre, hasta 72% en los meses de Enero a Marzo.

La escorrentía promedio de las cuencas hidrográficas (precipitación – evapotranspiración) en los 80 años de estudio, es mínima pero positiva (162.9 mm H_2O). Las condiciones climáticas de La Oroya y su entorno, como presión atmosférica, temperatura, humedad relativa, radiación solar y viento muestran estos resultados. Ver **Tablas N^{o} 4.1 y 4.3.**

En los años 1992 y 2003 se registraron las últimas sequías más severas, afectando a todas las fuentes de agua disponibles. El impacto comprendió a todos los usuarios, y tuvieron que adoptarse medidas urgentes como los que se detallan a continuación:

En lo poblacional: Se implementaron programas de racionalización en el consumo de agua y energía eléctrica en horarios específicos. Asimismo, se ejecutaron trabajos de eliminación de fugas de agua en el 100% de los campamentos habitacionales de los trabajadores y población en general.

En el área industrial: Optimización en el consumo de agua en los procesos operacionales e implementación de proyectos para recircular el agua. Se organizó y ejecutó un plan de operación y mantenimiento especial para las redes matrices de agua a fin de evitar el colapso de las tuberías por el principio de cavitación (presencia de aire dentro de las líneas de agua).

En la pesquería artesanal: Ubicada en las riveras del río, aguas abajo de la bocatoma de Tishgo. Se redujo y en algunos casos, se eliminaron las actividades en los criaderos de truchas.

Las Fotografías N^{o} 9 y 10 muestran el impacto de la sequía en el año 2003.

En el plano topográfico **N^{o} T-004-09** se ubican las cuencas hidrográficas de la Provincia de Yauli y La Oroya; en particular se resaltan la sub cuenca hidrográfica de Tishgo y la micro cuenca del manantial Cuchimachay.

Fotografía N° 9: Caudal mínimo del Río Tishgo aguas abajo, en época de estiaje – Año 2003

Fotografía N° 10: Caudal de agua captado del Río Tishgo por debajo del legalmente autorizado – Época de estiaje, año 2003

CUADRO N° 4.1

UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Estaciones de Minitoreo	Código N°	Ubicación	Altitud m.s.n.m.	Coordenadas UTM		Coordenadas Geográficas		Parámetros registrados
				Norte	Este	Latitud	Longitud	
Club Inca	GO1	Se encuentra en el tramo "Y" de la carretera a Cerro de Pasco, está emplazado en el Hotel Inca. Dista 1,5 Km. del punto de referencia (Chimenea principal)	3,734	8,726,557.98	400,905.78	11° 31' 5.7462" S	75° 54' 31.2516" O	SO_2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento Columna pluviométrica
Cushurupampa	GO2	Se ubica en el tramo Y de la carretera hacia Lima, está instalado en la Sub-estación de Cushurupampa. Dista 3 km. Del punto de referencia (Chimenea Principal)	3,806	8,725,282.11	400,008.65	11° 31' 47.19" S	75° 55' 0.9984" O	Fuera de servicio desde Enero 2007
Sindicato de Trabajadores Metalúrgicos de La Oroya	GO3	Se ubica en plena zona urbana (La Oroya Antigua), en la segunda planta del local sindical. Dista 800 metros del punto de referencia (Chimenea Principal)	3,736	8,726,680.50	401,876.80	11° 31' 1.8582" S	75° 53' 59.1858" O	SO2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento Columna pluviométrica
Huanchán	GO4	Está ubicada cerca de los depósitos de escorias de Cobre y Plomo, a 30 m. de la descarga de escorias, torre Nº 16. Dista 2 Km. del punto de referencia (Chimenea Principal)	3,790	8,724,541.64	403,465.58	11° 32' 11.6484" S	75° 53' 6.9606" O	SO2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento Columna pluviométrica
Casaracra	GO5	Se encuentra ubicada en la piscigranja del mismo nombre, entre el tramo de la vía férrea y carretera a Cerro de Pasco. Dista 10 Km del punto de referencia (Chimenea Principal)	3,779	8,733,582.42	396,080.67	11° 27' 16.5738" S	75° 57' 9.7518" O	SO_2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento Columna pluviométrica
Marcavalle	GO6	Se encuentra ubicada en los blocks de vivienda Marcavalle, frente a la puerta principal del Colegio Amalia Espinoza, en la ruta hacia la ciudad de Lima. Dista 5 Km del punto de referencia (Chimenea Principal). Se encuentra en funcionamiento a partir del 14 de enero de 2007	3,780	8,724,275.00	398,827.00	11° 32' 19.8492" S	75° 55' 40.1118" O	SO2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento Columna pluviométrica
Huari	GO7	Se encuentra ubicada en el patio del Colegio José Antonio Encinas, aproximadamente a 80 metros de la plaza principal de la Municipalidad de centro poblado de Huari, en la carretera a Andaychagua. Dista 17 km al SE del punto de referencia (Chimenea Principal). Se encuentra en funcionamiento a partir del 01 de Marzo del 2007	3,684	8,713,033.00	409,116.00	11° 38' 26.8476" S	75° 50' 1.5426" O	SO_2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento
Huaynacancha	GO8	Se encuentra ubicada en las instalaciones del CLAS Huaynacancha, contiguo a la escuela Héroes del Cenepa, en la ruta hacia la ciudad de Lima. Dista 11 km al SSO del punto de referencia (Chimenea Principal). Se encuentra en actividad a partir del 20 de mayo de 2007.	3,860	8,720,098.00	395,728.00	11° 34' 35.49" S	75° 57' 22.8744" O	SO_2 PM10 / PMS PM10 Dirección y velocidad de viento

En la página siguiente se muestra gráficamente la ubicación de las estaciones de monitoreo de la Empresa Doe Run Perú, así como las estaciones de la Dirección General de Salud (DIGESA).

4.1. Superficie de las cuencas

La cuenca del Río Tishgo es una sub cuenca del Río Mantaro en su vertiente al Atlántico, por consiguiente, este curso de agua forma parte de la red hidrográfica del Mantaro, con una longitud (desde la bocatoma hasta la confluencia) de 12.4 Km. Su pendiente promedio es de 2%, con una superficie de 6.2 km^2.

La micro cuenca Cuchimachay tiene un régimen estacionario y forma parte de la red hidrográfica del río Mantaro.

Esta micro cuenca pertenece a la vertiente del Atlántico. En el área de estudio, tiene una longitud de 6.7 Km., con una pendiente promedio del 5% y una superficie de 4.1 km^2.

4.2. La variación de la precipitación pluvial media anual

La columna pluviométrica de los últimos 80 años (mm/mes y mm/año), se indica en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.1

REGISTRO DE COLUMNA PLUVIOMÉTRICA PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
1926	75.9	76.1	30.6	56.4	21.0	0.0	0.0	35.3	19.8	25.8	67.5	83.4	491.7
1927	44.8	121.7	40.9	9.2	20.4	15.1	13.1	12.4	45.5	41.0	78.1	31.6	473.9
1928	46.7	38.3	91.0	20.8	0.8	10.6	1.9	7.7	52.3	39.1	47.3	38.1	394.6
1929	76.7	64.8	63.4	40.1	29.8	41.5	10.2	9.5	34.6	31.2	47.0	55.3	504.1
1930	84.0	68.2	41.4	42.5	74.4	0.0	41.1	8.7	51.3	23.1	40.2	46.2	521.1
1931	52.2	32.8	60.7	52.3	7.6	6.3	1.6	10.3	32.1	45.6	53.9	85.2	440.6
1932	104.8	149.5	80.1	25.3	32.7	13.9	32.7	0.8	60.4	55.9	50.8	87.1	694.0
1933	103.4	47.0	114.0	56.3	14.2	28.9	41.9	8.7	20.6	36.1	45.8	105.1	622.1
1934	115.5	155.0	102.8	51.4	0.4	10.8	5.0	7.8	11.8	60.0	49.1	40.1	609.8
1935	112.2	104.4	113.4	29.5	5.2	14.3	28.8	1.0	50.6	37.0	18.7	73.8	588.9
1936	112.1	69.9	32.4	19.7	48.2	8.6	11.2	9.6	35.0	33.7	36.3	30.9	447.6
1937	90.5	86.3	53.3	55.3	7.4	1.7	3.1	24.0	42.8	86.8	41.9	76.7	569.6
1938	103.3	133.8	44.3	40.0	10.0	25.6	3.0	0.0	25.0	47.1	26.4	49.1	507.6
1939	102.0	123.7	129.6	34.1	51.6	15.4	28.4	21.0	60.9	34.2	39.9	95.9	736.8
1940	132.4	69.4	61.2	71.3	28.8	0.1	3.2	10.3	46.9	54.0	46.5	54.9	579.1
1941	135.3	108.7	49.1	91.1	65.5	20.7	9.8	1.8	41.2	62.8	46.4	83.7	715.9
1942	110.2	93.2	92.6	50.6	26.8	33.7	1.5	26.2	29.7	41.5	48.4	109.0	663.5
1943	108.6	113.9	122.6	20.0	16.5	32.5	12.0	3.2	44.0	26.3	55.9	114.9	670.3
1944	141.1	64.1	46.9	30.5	37.0	3.1	0.7	1.7	16.5	70.4	49.8	87.0	548.7
1945	117.0	116.9	99.7	12.0	0.2	0.0	10.4	6.6	46.9	15.0	93.3	82.6	600.6
1946	84.1	125.9	99.6	33.6	30.9	16.8	7.3	14.6	36.8	44.8	135.7	68.0	698.0
1947	59.7	80.7	50.6	46.1	22.3	10.3	3.1	3.1	21.9	15.4	39.8	58.2	411.3
1948	94.8	63.8	57.4	56.8	59.0	12.5	16.0	1.0	39.5	77.8	62.0	10.8	551.3
1949	60.6	53.0	91.9	29.6	12.3	45.1	13.2	17.3	18.2	65.3	29.0	67.8	503.3
1950	153.1	89.6	111.4	42.1	15.4	1.6	9.2	5.4	31.1	46.9	68.3	99.2	673.3
1951	96.5	103.7	105.3	36.0	10.8	9.5	0.0	18.5	16.7	60.0	77.5	94.3	628.9
1952	78.1	86.1	104.6	42.2	10.9	14.2	8.7	19.0	67.2	26.4	140.7	53.4	651.7
1953	79.1	119.6	99.1	46.2	20.5	12.8	6.8	35.7	45.0	45.3	94.7	50.6	655.5
1954	90.1	118.2	75.1	45.0	17.1	7.7	2.6	5.4	22.2	77.3	67.0	115.2	642.9
1955	90.6	80.4	105.5	13.0	61.3	6.5	5.8	5.6	32.3	29.3	28.0	72.9	531.1
1956	78.2	75.8	106.8	20.0	44.5	6.2	19.8	15.6	46.5	44.3	44.1	19.0	520.9
1957	73.8	161.4	47.1	32.4	17.3	10.7	5.3	21.2	42.0	45.0	21.3	45.7	523.2
1958	75.1	75.9	94.4	30.8	12.8	3.6	15.1	4.2	23.1	62.5	28.5	57.6	483.6
1959	94.1	102.3	72.2	39.3	30.0	23.1	2.6	29.0	27.8	47.4	21.6	116.6	606.3
1960	113.1	103.3	46.2	35.6	37.0	0.2	14.8	40.3	31.9	50.4	94.9	33.8	601.4
1961	99.6	60.7	83.4	67.5	44.9	0.2	1.7	10.7	45.0	45.1	70.8	120.0	649.6
1962	67.7	47.8	85.3	52.2	10.9	0.6	0.0	12.6	21.3	10.0	35.0	82.6	426.0
1963	88.1	85.2	67.6	87.6	4.6	1.4	0.4	10.1	51.6	51.8	53.4	45.0	546.9
1964	54.8	62.7	103.9	25.0	38.0	0.0	8.9	10.8	41.8	66.1	88.8	41.0	541.9
1965	60.7	70.6	74.9	31.0	3.5	1.0	22.1	8.5	61.2	35.7	43.6	43.2	456.1
1966	74.8	52.3	77.4	33.5	28.5	0.1	0.0	5.8	25.8	66.1	72.3	99.5	536.1
1967	34.8	172.2	131.1	24.5	42.8	4.9	27.2	47.3	17.8	110.0	28.0	49.0	689.5
1968	103.1	78.0	141.3	20.1	10.5	17.6	7.9	53.3	19.5	41.5	51.9	102.2	646.7
1969	49.0	99.0	52.4	61.1	10.4	19.4	10.2	27.3	63.8	59.8	60.3	89.3	602.0
1970	152.0	81.3	61.1	43.0	27.9	4.3	8.8	2.4	40.4	55.2	36.3	86.2	598.9
1971	58.2	76.1	70.9	31.4	13.9	10.6	4.1	22.3	11.9	68.7	37.2	64.3	469.8
1972	58.0	24.6	111.5	63.1	6.3	3.6	8.2	36.3	35.9	65.9	30.8	53.8	498.0
1973	49.3	87.7	146.2	68.6	16.6	14.6	18.0	32.7	38.3	93.1	35.7	147.7	748.3
1974	113.3	84.5	65.6	37.6	1.1	20.4	0.6	31.5	12.3	19.7	23.6	26.3	436.4
1975	55.7	92.0	86.7	24.2	27.6	4.6	2.2	28.5	46.5	50.5	66.3	73.0	557.8
1976	122.0	86.4	63.4	23.3	23.9	26.7	10.8	15.9	72.3	20.9	26.7	29.9	522.2
1977	75.1	60.5	44.9	44.0	31.2	2.0	9.3	1.6	14.0	14.6	134.5	74.4	506.2
1978	89.6	101.0	50.3	39.9	10.2	7.1	13.7	8.0	52.8	53.8	56.9	40.8	524.1
1979	61.0	91.1	113.0	51.1	13.0	0.2	2.2	4.7	6.7	55.1	48.1	43.0	489.0
1980	75.3	108.4	69.1	7.2	24.1	7.1	18.1	15.0	17.9	59.3	68.8	45.0	515.2
1981	80.8	115.2	66.0	15.5	7.1	2.5	0.0	53.8	29.0	77.0	118.1	94.1	659.1
1982	108.7	130.6	58.9	35.8	0.5	20.0	2.4	14.5	48.0	84.4	75.3	96.4	675.5
1983	80.4	20.5	67.4	19.3	2.3	37.9	3.7	17.8	35.6	46.7	16.2	60.5	408.3
1984	90.7	78.0	53.8	52.2	6.1	23.9	1.7	13.1	17.6	55.8	68.9	71.2	532.8
1985	90.5	68.0	105.7	41.5	11.1	23.1	8.4	5.1	32.0	29.7	54.5	109.5	579.1
1986	112.8	121.4	120.8	96.4	22.2	0.4	16	36	45.5	32.5	25.7	47	676.7
1987	116.7	79.6	53.5	16.3	23.4	14.3	31.6	18.5	35.1	49.2	121	122	681.2
1988	125.1	88	60.6	67.6	7.8	0	1.4	0	28.4	64.2	83.7	103.7	630.5
1989	94.5	89.3	88.7	43.3	26.6	4.2	1.5	39.1	41.4	55.1	82.4	55.3	621.4
1990	162	38.6	33.5	33.5	33	85.9	11.9	39.2	45.4	116	99.7	68.9	767.6
1991	50.2	49.5	99.8	29.1	27.1	29	2.4	0	69.9	48.8	52.9	49.1	507.8
1992	45.6	43.9	31.1	25.9	0.6	17	5.8	24.9	15.2	52.7	40.9	42.9	346.5
1993	79.4	72.9	83.5	34.6	10.7	32.6	13.3	17.3	35.1	79.4	125.6	84.1	668.5
1994	88.1	100.8	64.6	80.1	19.8	1.6	0	8.4	34.3	42.6	38.2	89.7	568.2
1995	106.2	96.7	62.8	48.3	7.1	0	10.5	2.8	19.6	30.2	41.9	76.7	502.8
1996	52.1	88.7	114.4	34	13.6	0.6	5.9	9.8	16.5	39	53	53.3	480.9
1997	111.6	85.3	35.3	31.8	14.2	2.4	2.8	7.3	62.4	67.6	38.6	77.8	537.1
1998	89.9	96.6	50.5	53.1	3.5	17.3	0	0	4.4	81.2	64.7	54.2	515.4
1999	129.3	146.1	82.7	40.8	1.8	2.9	19.6	0	31.3	22.1	79.4	77.5	633.5
2000	135.3	116.2	107.1	24.1	3.9	6.4	15.2	20.6	50.6	77.6	29.2	110	696.2
2001	96.8	42	82.2	40.6	33.8	13.4	32.6	33.8	25.2	137.4	62	130	729.8
2002	28.2	123.6	170.6	82	24.8	2.8	82.6	41.8	30.4	36.8	52.3	15.6	691.5
2003	43.4	47.8	76	52.4	14.4	0	0.8	21.4	33.2	8.6	27.2	51.8	377.0
2004	30.4	76.2	50.2	12.8	17.6	33	50.2	18	38.4	55.2	40.2	93.8	516.0
2005	69.6	51.7	64.2	76.3	35.1	0	2.7	0	39	51.9	33.4	19.6	443.5
Promedio	88.1	87.1	79.0	41.0	20.7	12.3	11.1	15.9	35.4	51.1	56.6	70.1	568.4

4.3. La temperatura media anual

El valor de la temperatura media mensual y anual monitoreada en los últimos 80 años (^{o}C), se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N^{o} 4.2

REGISTRO DE TEMPERATURAS PROMEDIO MENSUAL Y ANUAL (^{o}C)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
1926	9.4	10.0	10.6	8.9	7.2	6.1	6.1	6.7	8.3	9.4	16.7	8.9	9.0
1927	9.4	8.3	9.4	8.3	7.8	6.7	5.6	7.2	7.8	8.9	21.1	9.4	9.2
1928	8.9	9.4	8.9	8.3	8.3	7.2	5.0	6.7	8.3	9.4	25.6	8.9	9.6
1929	9.4	9.4	8.3	7.8	7.8	4.4	3.3	5.0	6.1	6.7	18.9	5.6	7.7
1930	6.7	6.7	6.7	6.1	6.1	3.9	2.2	4.4	5.0	6.1	20.6	7.2	6.8
1931	7.2	7.8	8.3	6.7	5.0	3.9	4.4	5.0	5.0	6.7	20.0	7.2	7.3
1932	7.8	7.2	6.7	7.2	6.1	4.4	4.4	6.1	6.7	7.2	17.8	7.2	7.4
1933	6.7	7.2	6.7	7.8	6.7	4.4	4.4	5.6	7.8	7.2	7.2	7.2	6.6
1934	6.7	6.1	6.1	6.1	5.0	5.6	2.2	6.1	7.2	7.2	7.2	7.8	6.1
1935	7.2	6.7	7.2	6.7	4.4	5.6	4.4	5.0	6.1	7.2	8.3	7.8	6.4
1936	7.2	8.9	8.3	8.9	7.8	5.6	5.0	6.1	7.8	8.3	7.8	8.3	7.5
1937	7.2	6.7	7.2	5.6	5.6	6.1	4.4	6.1	7.2	7.8	8.3	7.2	6.6
1938	8.3	7.8	8.3	7.8	6.7	5.6	4.4	6.1	6.7	6.1	6.7	6.7	6.8
1939	6.1	6.1	6.7	7.2	6.1	6.1	5.6	5.0	5.6	6.7	7.8	6.7	6.3
1940	6.7	7.8	7.2	6.7	6.7	5.6	4.4	7.2	6.7	8.3	8.3	7.8	6.9
1941	7.8	8.3	8.9	7.8	7.8	5.6	5.0	6.1	6.7	7.8	8.3	8.3	7.4
1942	8.3	9.4	8.9	8.3	7.2	6.1	6.1	7.2	7.8	8.3	7.8	7.8	7.8
1943	7.2	7.8	7.2	7.2	6.1	5.0	5.0	6.1	7.2	7.8	7.8	7.2	6.8
1944	7.2	8.3	8.9	8.3	7.2	5.6	6.1	6.7	7.2	8.3	8.3	8.3	7.5
1945	7.8	8.3	8.9	8.3	6.1	5.6	5.0	5.6	7.2	7.8	8.3	8.3	7.3
1946	8.3	8.3	8.9	7.8	7.2	6.1	5.0	6.1	8.3	9.4	8.9	9.4	7.8
1947	9.4	10.0	8.9	8.3	7.8	7.2	6.7	6.1	7.8	10.0	10.0	10.6	8.6
1948	11.1	11.1	11.1	10.6	10.0	9.4	9.4	8.9	10.6	11.1	11.7	11.7	10.6
1949	11.1	11.1	11.7	11.7	10.0	7.8	7.2	8.3	8.9	9.4	10.0	10.6	9.8
1950	9.4	10.6	10.0	10.0	10.0	10.0	7.8	8.9	9.4	23.3	10.6	10.0	10.8
1951	10.0	10.6	10.6	10.0	10.0	7.2	5.6	6.1	8.3	22.2	9.4	9.4	10.0
1952	10.0	10.0	9.4	8.9	7.8	7.2	6.1	7.2	7.2	20.0	8.3	8.9	9.3
1953	8.9	9.4	9.4	8.9	8.3	7.2	6.7	7.8	8.9	22.2	9.4	10.0	9.8
1954	10.0	9.4	9.4	9.4	8.9	7.8	6.7	7.2	8.3	20.0	9.4	9.4	9.7
1955	9.4	9.4	9.4	9.4	8.9	6.7	6.7	7.2	7.8	21.7	8.3	7.8	9.4
1956	18.9	8.3	8.9	8.3	7.8	6.1	5.6	6.1	7.8	21.1	8.3	9.4	9.7
1957	9.4	8.9	9.4	32.2	8.9	7.2	6.7	7.2	8.9	23.9	10.0	10.6	11.9
1958	10.6	10.6	10.0	10.6	9.4	7.2	6.7	7.8	9.4	22.2	29.4	10.0	12.0
1959	10.6	9.4	10.0	4.4	8.3	7.8	7.2	8.3	9.4	22.2	10.0	10.0	9.8
1960	10.0	10.0	10.0	9.4	8.3	7.2	7.8	8.3	8.9	22.2	9.4	10.0	10.1
1961	10.0	9.4	10.6	9.4	8.3	7.8	6.7	6.7	8.3	22.2	8.9	8.9	9.8
1962	9.4	10.0	9.4	8.9	8.9	6.1	7.8	7.2	8.9	18.9	9.4	9.4	9.5
1963	9.4	9.4	10.0	9.4	8.3	6.7	7.2	8.3	8.9	22.8	10.6	11.1	10.2
1964	11.1	11.1	10.0	9.4	8.3	7.2	7.8	8.3	9.4	21.1	8.9	8.9	10.1
1965	9.4	10.0	24.4	9.4	8.3	7.2	7.8	9.4	8.9	10.0	10.6	10.6	10.5
1966	10.6	11.1	10.0	10.0	9.4	8.3	7.8	5.6	7.2	10.0	10.6	10.6	9.3
1967	10.6	8.9	10.0	9.4	8.9	7.8	7.2	8.3	9.4	9.4	11.1	10.6	9.3
1968	10.0	10.0	8.9	9.4	10.0	9.4	8.9	10.0	11.1	11.7	11.7	11.7	10.2
1969	12.8	12.8	13.3	13.9	12.2	10.6	8.9	10.0	11.1	11.7	12.8	12.8	11.9
1970	12.8	12.8	12.2	12.2	11.1	10.0	10.0	10.0	11.1	12.2	12.2	11.7	11.5
1971	12.2	12.2	12.2	11.7	10.0	10.0	8.3	9.4	11.1	11.7	11.7	11.1	11.0
1972	11.7	12.2	11.7	11.7	11.1	10.0	10.0	9.4	11.1	12.2	13.3	12.8	11.4
1973	13.3	13.3	12.8	12.2	11.1	11.1	10.0	10.6	11.1	12.2	12.8	11.1	11.8
1974	11.7	11.7	12.2	11.7	10.0	10.0	8.3	9.4	10.0	12.2	11.7	12.8	11.0
1975	11.7	12.8	12.2	12.2	10.0	10.0	8.9	8.9	10.0	9.4	10.0	10.0	10.5
1976	10.0	10.0	10.6	10.0	9.4	8.3	7.8	8.9	9.4	11.1	11.1	11.7	9.9
1977	11.7	10.6	11.1	10.6	8.9	8.3	8.3	8.9	10.6	10.6	10.0	11.1	10.0
1978	11.1	11.1	11.7	10.6	9.4	8.3	7.8	8.3	9.4	9.4	8.9	10.6	9.7
1979	10.0	10.6	11.1	10.6	9.4	8.9	8.3	10.0	11.1	11.1	11.7	11.7	10.4
1980	12.2	11.7	11.1	11.1	10.0	8.9	8.9	9.4	10.0	10.0	11.1	10.6	10.4
1981	11.1	10.0	10.6	10.6	9.4	7.8	6.7	7.2	8.9	9.4	10.0	10.6	9.4
1982	10.6	10.0	10.6	10.0	8.3	7.8	6.7	7.8	8.3	9.4	10.0	10.6	9.2
1983	11.7	11.7	11.1	10.6	10.0	8.3	8.3	6.1	9.4	10.0	10.6	10.0	9.8
1984	9.4	10.0	10.6	9.4	8.9	8.3	6.7	7.8	8.3	10.0	9.4	9.4	9.0
1985	10.0	9.4	10.0	9.4	7.8	6.1	6.1	6.7	8.3	8.9	9.4	10.0	8.5
1986	10.0	7.2	8.3	9.4	8.0	6.5	10.2	9.3	8.5	9.9	10.6	10.2	9.0
1987	9.9	9.9	9.5	9.6	8.0	7.0	5.1	5.7	8.0	8.1	9.3	9.0	8.3
1988	9.0	8.8	8.9	8.0	7.3	5.1	4.7	6.3	7.4	8.8	9.5	8.4	7.7
1989	9.5	8.9	7.9	7.9	6.3	5.5	3.8	5.0	6.4	9	9.3	10.1	7.5
1990	9.0	9.9	9.7	9.2	8.4	6.6	6.5	6.6	8.0	9	9.2	8.9	8.4
1991	9.8	9.7	9.4	9.2	8.0	8.1	3.5	3.8	5.3	6.8	6.9	7.3	7.3
1992	7.7	7.7	7.7	7.8	6.2	5.6	3.8	5.7	5.9	8.7	9.0	9.5	7.1
1993	10.1	9.4	10.1	10.2	8.7	7.0	8.6	7.1	9.4	10.5	11.0	11.2	9.4
1994	10.0	10.0	10.0	10.0	9.0	6.6	7.6	8.2	9.5	9.2	9.4	10.5	9.2
1995	9.9	9.4	10.0	9.8	8.2	7.8	7.4	8.9	8.5	10.2	9.7	9.4	9.1
1996	9.8	10.1	9.3	9.4	8.1	7.1	6	7.5	8.2	8.4	8.9	8.3	8.4
1997	8.4	8.6	8.7	8.4	6.7	5.6	5.6	8.2	9.2	10.7	10.6	11.0	8.5
1998	11.3	11.6	11.5	12.0	10.4	9.0	7.9	9.6	10.0	10.9	10.5	9.9	10.4
1999	9.4	9.2	9.5	10.5	10.3	8.9	8.3	9.0	10.0	10	11.0	11.0	9.8
2000	10.3	10.1	10.0	9.2	8.6	8.4	7.4	8.1	8.9	8.9	9.7	9.3	9.1
2001	9.1	9.5	9.8	9.0	8.8	7.3	7.6	8.8	9	9.6	10.3	10.1	9.1
2002	10.4	9.8	9.9	10.1	9.1	7.8	7.8	7.6	9.2	9.9	9.9	10.3	9.3
2003	10.7	10.5	9.9	9.7	9.2	8.4	7.6	7.9	8.7	9.9	10.1	10.1	9.4
2004	10.6	10	10.3	9.8	9.3	7.1	10.3	7.3	8.4	9.6	10.1	9.5	9.4
2005	10.3	10.6	10.2	9.9	9	7.8	7.3	8.1	9.2	9.6	10.3	10.1	9.4
Promedio	9.7	9.6	9.8	9.5	8.3	7.2	6.6	7.4	8.5	11.7	10.9	9.6	9.1

4.4. El valor de la columna de la evaporación física

La determinación del valor de la columna de la evapotranspiración (mm/año), se muestra en la siguiente tabla:

TABLA N° 4.3

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION (ETP) ANUAL

AÑO	P	P^2	t	L	L^2	P^2/L^2	$0.9+P^2/L^2$	$(0.9+P^2/L^2)^{0.5}$	$ETP = P/(0.9+P^2/L^2)^{0.5}$
1926	491.7	241787.2	9.0	562.3	316232.1	0.8	1.7	1.3	381.1
1927	473.9	224543.9	9.2	567.7	322259.9	0.7	1.6	1.3	375.0
1928	394.6	155700.5	9.6	583.6	340577.4	0.5	1.4	1.2	338.7
1929	504.1	254156.3	7.7	516.4	266663.6	1.0	1.9	1.4	370.3
1930	521.1	271551.9	6.8	485.9	236097.9	1.2	2.1	1.4	363.9
1931	440.6	194118.1	7.3	500.9	250914.1	0.8	1.7	1.3	340.6
1932	694.0	481677.1	7.4	505.5	255537.6	1.9	2.8	1.7	415.9
1933	622.1	386972.8	6.6	478.6	229017.7	1.7	2.6	1.6	386.6
1934	609.8	371829.0	6.1	464.2	215471.4	1.7	2.6	1.6	376.3
1935	588.9	346831.9	6.4	472.8	223503.2	1.6	2.5	1.6	376.1
1936	447.6	200321.9	7.5	508.6	258667.6	0.8	1.7	1.3	345.9
1937	569.6	324438.5	6.6	480.0	230416.9	1.4	2.3	1.5	374.9
1938	507.6	257651.3	6.8	484.4	234664.9	1.1	2.0	1.4	359.1
1939	736.8	542841.5	6.3	469.9	220794.5	2.5	3.4	1.8	402.0
1940	579.1	335350.6	6.9	490.4	240449.0	1.4	2.3	1.5	382.3
1941	715.9	512584.1	7.4	504.0	253987.0	2.0	2.9	1.7	419.1
1942	663.5	440230.7	7.8	518.0	268292.7	1.6	2.5	1.6	416.2
1943	670.3	449344.2	6.8	485.9	236097.9	1.9	2.8	1.7	400.4
1944	548.7	301089.5	7.5	510.1	260247.1	1.2	2.1	1.4	382.6
1945	600.6	360699.9	7.3	500.9	250914.1	1.4	2.3	1.5	392.8
1946	698.0	487192.8	7.8	519.5	269932.0	1.8	2.7	1.6	424.4
1947	411.3	169169.5	8.6	545.5	297607.8	0.6	1.5	1.2	339.4
1948	551.3	303911.4	10.6	622.7	387747.5	0.8	1.7	1.3	424.8
1949	503.3	253337.5	9.8	592.6	351226.6	0.7	1.6	1.3	395.3
1950	673.3	453268.8	10.8	634.4	402468.4	1.1	2.0	1.4	473.0
1951	628.9	395520.2	10.0	598.2	357785.0	1.1	2.0	1.4	444.1
1952	651.7	424663.9	9.3	571.2	326238.7	1.3	2.2	1.5	439.2
1953	655.5	429644.1	9.8	590.8	349068.9	1.2	2.1	1.5	449.0
1954	642.9	413287.0	9.7	587.2	344795.5	1.2	2.1	1.4	443.8
1955	531.1	282082.1	9.4	576.5	332304.2	0.8	1.7	1.3	401.6
1956	520.9	271287.2	9.7	589.0	346925.2	0.8	1.7	1.3	401.6
1957	523.2	273780.1	11.9	683.8	467605.2	0.6	1.5	1.2	429.3
1958	483.6	233864.5	12.0	686.0	470553.0	0.5	1.4	1.2	409.2
1959	606.3	367628.1	9.8	592.6	351226.6	1.0	1.9	1.4	434.6
1960	601.4	361646.4	10.1	605.6	366732.7	1.0	1.9	1.4	437.9
1961	649.6	421920.7	9.8	590.8	349068.9	1.2	2.1	1.5	447.3
1962	426.0	181460.8	9.5	581.8	338488.9	0.5	1.4	1.2	355.5
1963	546.9	299058.0	10.2	607.5	369006.6	0.8	1.7	1.3	418.1
1964	541.9	293637.8	10.1	605.6	366732.7	0.8	1.7	1.3	415.5
1965	456.1	208011.2	10.5	620.8	385350.4	0.5	1.4	1.2	380.1
1966	536.1	287422.3	9.3	571.2	326238.7	0.9	1.8	1.3	401.7
1967	689.5	475386.8	9.3	572.9	328247.5	1.4	2.3	1.5	449.9
1968	646.7	418162.9	10.2	609.3	371295.5	1.1	2.0	1.4	454.3
1969	602.0	362379.9	11.9	681.7	464677.2	0.8	1.7	1.3	464.5
1970	598.9	358658.7	11.5	664.8	441946.5	0.8	1.7	1.3	457.8
1971	469.8	220722.6	11.0	640.4	410051.5	0.5	1.4	1.2	391.7
1972	498.0	248021.7	11.4	660.6	436451.6	0.6	1.5	1.2	411.0
1973	748.3	560009.5	11.8	677.4	458879.7	1.2	2.1	1.5	513.9
1974	436.4	190487.0	11.0	640.4	410051.5	0.5	1.4	1.2	373.6
1975	557.8	311094.7	10.5	620.8	385350.4	0.8	1.7	1.3	426.9
1976	522.2	272691.4	9.9	594.5	353398.4	0.8	1.7	1.3	403.9
1977	506.2	256209.3	10.0	601.9	362229.5	0.7	1.6	1.3	399.3
1978	524.1	274658.0	9.7	589.0	346925.2	0.8	1.7	1.3	402.9
1979	489.0	239121.8	10.4	615.0	378253.4	0.6	1.5	1.2	395.1
1980	515.2	265471.2	10.4	616.9	380603.5	0.7	1.6	1.3	407.7
1981	659.1	434351.9	9.4	574.7	330269.3	1.3	2.2	1.5	442.8
1982	675.5	456249.2	9.2	567.7	322259.9	1.4	2.3	1.5	443.9
1983	408.3	166733.7	9.8	592.6	351226.6	0.5	1.4	1.2	348.3
1984	532.8	283919.7	9.0	562.5	316387.1	0.9	1.8	1.3	397.4
1985	579.1	335380.0	8.5	543.9	295795.0	1.1	2.0	1.4	406.1
1986	676.7	457922.9	9.0	561.8	315573.9	1.5	2.4	1.5	441.3
1987	681.2	464033.4	8.3	534.6	285817.8	1.6	2.5	1.6	428.8
1988	630.5	397530.3	7.7	514.8	264980.0	1.5	2.4	1.5	407.0
1989	621.4	386138.0	7.5	507.5	257536.4	1.5	2.4	1.5	401.2
1990	767.6	589209.8	8.4	540.2	291847.0	2.0	2.9	1.7	449.3
1991	507.8	257860.8	7.3	502.5	252507.3	1.0	1.9	1.4	366.4
1992	346.5	120062.3	7.1	495.7	245685.7	0.5	1.4	1.2	294.0
1993	668.5	446892.3	9.4	578.1	334229.2	1.3	2.2	1.5	447.0
1994	568.2	322851.2	9.2	567.7	322259.9	1.0	1.9	1.4	412.0
1995	502.8	252807.8	9.1	565.2	319426.8	0.8	1.7	1.3	386.6
1996	480.9	231264.8	8.4	540.5	292167.9	0.8	1.7	1.3	369.8
1997	537.1	288476.4	8.5	542.3	294101.3	1.0	1.9	1.4	391.6
1998	515.4	265637.2	10.4	615.6	378909.9	0.7	1.6	1.3	407.3
1999	633.5	401322.3	9.8	590.4	348596.1	1.2	2.1	1.4	442.3
2000	696.2	484694.4	9.1	564.2	318371.1	1.5	2.4	1.6	447.3
2001	729.8	532608.0	9.1	564.2	318371.1	1.7	2.6	1.6	455.0
2002	691.5	478172.3	9.3	573.4	328731.5	1.5	2.4	1.5	450.6
2003	377.0	142129.0	9.4	576.2	332018.6	0.4	1.3	1.2	327.1
2004	516.0	266256.0	9.4	574.9	330553.4	0.8	1.7	1.3	395.1
2005	443.5	196692.3	9.4	575.3	330919.0	0.6	1.5	1.2	362.8
Promedio	568.4	332222.3	9.1	567.2	324685.2	1.1	2.0	1.4	405.5

Cuando no se dispone de registros de la evapotranspiración, se recurre a la fórmula de Turc.

Donde:

$$ETP = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETP : Evapotranspiración anual en mm. Tabla 4.3, Según la Fórmula de Turc
P : Pluviometría anual media en mm. Tabla 4.1
L : $300 + 25t + 0.05t^3$
t : Temperatura media anual en ^oC. Tabla 4.2

4.5. La Ecología (zonas de vida) en estas cuencas

La cuenca hidrográfica del Río Tishgo, desde la bocatoma de agua hasta la confluencia con el río Mantaro es caracterizada por la siguiente ecología:

- En el tramo de la bocatoma hasta el peaje de Casaracra, en la margen derecha del río Tishgo, se observa la presencia de criaderos artesanales de truchas, los cuales cuentan con la autorización del Ministerio de la producción. Ver **Fotografías N° 11 y 12.**

- Las comunidades campesinas "San José de Huaypacha" y "Purísima Concepcción de Paccha", afincadas alrededor de la hacienda Casaracra, aprovechan la existencia de la vegetación (ichu) para la crianza de ganado vacuno y ovino. Ver **Fotografía N° 13.**

- En su recorrido final, la sub cuenca recorre la parte central de la hacienda de Casaracra, ubicada en el kilómetro 12 de la carretera central. Actualmente, esta hacienda es administrada proporcionalmente por la Universidad Nacional del Centro del Perú de Huancayo y Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco; la primera administra un criadero de truchas y, la segunda, en convenio con la Sociedad de Administración de Interés Social (SAIS) Pachacútec, administran el camal de beneficio de ganado vacuno y ovino, así como la planta de embutidos. Ver **Fotografía N° 14.**

En el caso de la micro cuenca hidrográfica del manantial Cuchimachay, desde su captación hasta la confluencia con el río Mantaro, muestra la siguiente ecología:

- Densa vegetación de ichu, desde la bocatoma hasta el antiguo cementerio de la población de La Oroya. Sin embargo, la accidentada geografía de sus quebradas imposibilitan la actividad ganadera.

- En su recorrido final, hasta la confluencia con el río Mantaro, la micro cuenca recorre 1.6 Kilómetros de la población de La Oroya Antigua, a través de un canal que pasa por debajo del pavimento de la avenida principal de esta ciudad. Ver **Fotografía N^{o} 7.**

Fotografía N° 11: Piscigranjas artesanales, aguas abajo en la rivera del Río Tishgo

Fotografía N° 12: Piscigranjas artesanales aguas abajo en la rivera del Río Tishgo , desde la bocatoma hasta el peaje de Casaracra

Fotografía N° 13: Fauna existente en la rivera del Río Tishgo – Comunidad San José de Huaypacha – Frente al peaje de Casaracra

Fotografía N° 14: Hacienda Casaracra, compartida entre la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco y la Universidad Nacional del centro del Perú de Huancayo

La SAIS Pachacútec en convenio con la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, administra la actual hacienda.

La Universidad Nacional del Centro del Perú, administra una piscigranja que utiliza agua de la sub cuenca de Tishgo

V. GEOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

5.1. Geología Distrital

La Geología Distrital enfoca al periodo del Jurásico inferior y Cretácico inferior-superior, donde se depositaron series mayormente carbonatadas en una plataforma, correspondiente a las altiplanicies y a la cordillera oriental.

Las series carbonatadas de mayor extensión son del grupo Pucará de edad Triásica y Liasica, definido por Mc Laughlin (1924), que fue sub dividido por Megard (1968), en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

Particularmente se ha identificado el miembro inferior de la formación Pariahuanca en las altiplanicies.

En el área de estudio, solamente se tiene del grupo Pucará la formación Condorsinga del Jurásico inferior. Las formaciones Chúlec, Pariatambo y Pariahuanca corresponden al cretácico inferior y mientras que la formación Jumasha corresponde al Cretácico superior.

En el Plano **N° T-006-09** se observa la geología y ubicación de las cuencas hidrográficas del río Tishgo y del Manantial Cuchimachay, con respecto a la ubicación del Complejo Metalúrgico de La Oroya (CMLO).

La geología de la sub cuenca hidrográfica del Río Tishgo se detalla en el **Plano N° T-007-09.**

El mapa geológico de la micro cuenca hidrográfica del manantial Cuchimachay, se observa en el **Plano N° T-008-09.**

Los planos indicados, tienen como referencia, la Leyenda estándar mostrada en los mapas de la Carta Nacional de Geología del Perú, oficializado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

5.2. Geología Local

Localmente se han reconocido rocas de la Formación Condorsinga perteneciente a la parte superior o tope del Grupo Pucará, caracterizada por una litología de calizas de color crema grisácea, la Formación Casapalca o "Capas Rojas", cuya litología consiste de lutitas, limolitas y areniscas de color rojo, bancos de conglomerados mayormente silíceos y suelos transportados de origen aluvial, glaciar, coluvial y aluvional.

Las rocas mas antiguas que afloran en el ámbito de La Oroya son las pertenecientes al Grupo Pucará de edad Triásico-Jurásico, compuestas principalmente por calizas gris claras a blancas que deben estar sobreyaciendo a las rocas del Grupo Mitu de edad Pérmica. También se encuentran rocas del Grupo Goyllarisquizga, compuestas de areniscas y lutitas rojas, capas de calizas, interestratificadas con capas basálticas o diabasas. Sobreyaciendo a estas rocas se encuentra el Grupo Machay, compuesta, compuesta de calizas gris azuladas y bituminosas de la formación Pariatambo y calizas claras, lutáceas, margosas y fosfatadas de la formación Chulec.

Al sur de La Oroya se encuentran afloramientos correspondientes a las Capas Rojas de edad Terciaria; cubriendo a estos afloramientos se tiene una serie de depósitos cuaternarios, habiéndose distinguido los siguientes:

- **Depósitos Aluviales**
  Estos depósitos irregulares se encuentran en los ríos Mantaro y Yauli formando terrazas de diferente edad y dimensiones dentro del Cuaternario. La Fundición de La oroya y las Refinerías de Huaymanta, se encuentran asentadas sobre este tipo de depósitos. Las dimensiones de los fragmentos varían entre bloques, gravas, gravillas y algo de arena. La composición de estos materiales es variada.

- **Depósitos Fluvioglaciares**
  Este tipo de depósito se encuentra en las partes altas como restos de antiguos glaciares, en muchos casos sólo quedan remanentes de antiguos depósitos grandes.

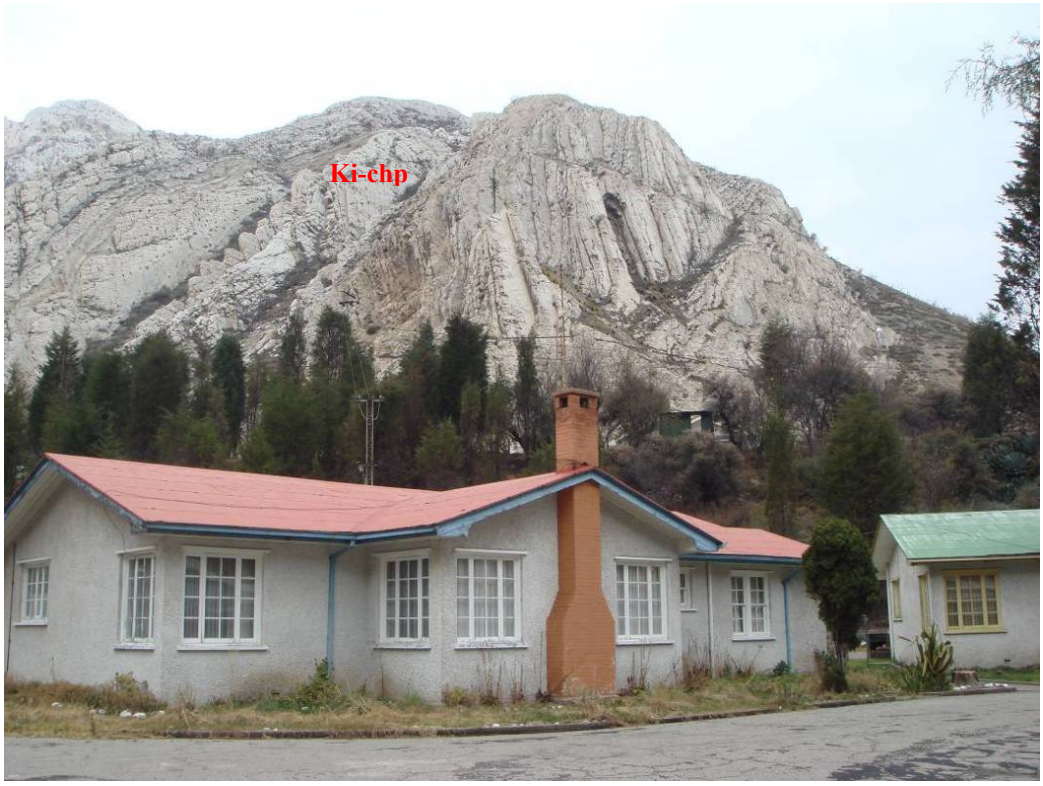
- **Depósitos Coluviales**
  Estos depósitos se encuentran formando los taludes de las escarpas rocosas que se han formado por erosión de las rocas. Son depósitos pequeños e irregulares.
- **Depósitos Eluviales.**
  En algunas partes es posible encontrar rocas que se están transformando a suelos y son pequeños depósitos que están dando origen a suelos.

Las rocas adyacentes al curso del río Mantaro se encuentran fuertemente plegadas con buzamientos próximos a la vertical y en algunos casos se han dislocado formando fallas regionales. Hacia el Suroeste y Noreste del río, el plegamiento se suaviza formando anticlinales y sinclinales amplios.

El **Plano N^{o} T-009-09** muestra la geología local de la Ciudad de La Oroya.

En las **Fotografías N^{o} 15, 16 y 17,** se muestran las diversas formaciones geológicas en la localidad de La Oroya.

Fotografía N° 15: Vista mirando al Norte en la zona Residencial de Chulec. Obsérvese la roca del cretáceo inferior de la Formación Chulec



Fotografía N° 16: En la zona de Santa Rosa de Saco. Vista mirando al Este, obsérvese calizas del Grupo Gollarisquizga y de la Formación Pariahuanca

Fotografía Nº 17: Vista mirando al Este en la zona de Chucchis. Obsérvese el afloramiento de calizas de la Formación Pariatambo

5.3. La Columna Litológica y el Tectonismo

Para determinar la columna litológica y el tectotismo de las cuencas hidrográficas en estudio, la información bibliográfica disponible se complementó con una visita técnica a las bocatomas de agua y sus recorridos aguas abajo hasta su confluencia con el Río Mantaro.

Sub cuenca hidrográfica del río Tishgo:

Estratigrafía:

Formación Condorsinga.-
La formación Condorsinga, se encuentra en las altiplanicies y la cordillera oriental, su aspecto en superficie fresca es de color gris claro a beige, tiene un grosor que varía de 500 m a 1,500 m, los estratos presentan potencias que varían de 1 m hasta 3 m. generalmente están compuestas de calizas y algunas capas de cherts, estos afloramientos tienen una orientación N 40°W y buzamiento 56°NE.
La edad de esta formación es del Jurásico inferior.

Formación Pariahuanca.-
La formación Pariahuanca, se sitúa en las altiplanicies, y está compuesta por estratos de cuarcitas, calizas y margas, estos estratos tienen una orientación andina N32°W y buzamiento 78° SW; su potencia varía de 100 m a 200 m.
La edad de esta formación es del Cretácico inferior.

Formación Chulec.-
La formación Chulec, se sitúa en las altiplanicies, y está compuesta por estratos de arcillas calcáreas, lodolitas y limolitas calcáreas, de color gris oscuro a gris claro, también se observan algunas capas de calizas de color pardo amarillentas, estos estratos tienen una orientación andina N35°W y buzamiento 77° SW; su potencia varía de 150 m a 220 m.
La edad de esta formación es del Cretácico inferior.

Formación Pariatambo.-
La formación Pariatambo, se sitúa en las altiplanicies, y está compuesta por estratos de calizas de color negro, de olor fétido siendo esta una serie calcárea y bituminosa, se pueden observar capas de lulitas, estos estratos tienen una orientación andina N34°W y buzamiento 75° SW; su potencia varía de 40 m a 110 m.
La edad de esta formación es del Cretácico inferior.

Formación Jumasha.-
La formación Jumasha, se sitúa en las altiplanicies, y está compuesta por estratos de calizas compactas, de color gris claro a beige, estos estratos tienen una orientación andina N33°W eje del sinclinal y los

flancos tienen buzamientos que convergen siendo su inclinación de 60°SW y 65° NE; su potencia varía de 250 m a 400 m.
La edad de esta formación es del Cretácico superior.

Depósitos Fluvio Glaciares.-
Está conformada por acumulación de material de arrastre producto de la glaciación, en el área se manifiesta en forma de terrazas.

Geología Estructural:

Pliegues
En el área se observa un plegamiento disarmónico entre las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha, estas formaciones corresponden al flanco este y oeste del sinclinal de orientación N35°W. Siguiendo este rumbo en ambos flancos se encuentra la formación Pariahuanca.

Fallas
En el área el fallamiento es muy local, precisamente en la quebrada esta falla sigue un rumbo N40°E, que corta los estratos en la quebrada Tishgo donde se ubica la bocatoma de Tishgo.

Micro cuenca hidrográfica Cuchimachay:

En el área de estudio de la micro cuenca Cuchimachay, resalta la estratigrafía y geología estructural detallada líneas abajo.

Estratigrafía:

Formación Aramachay.-
Esta formación se encuentra en contacto paralelo con la formación Chambará, se identifica fácilmente por su aspecto de color grisáceo en superficie fresca y tonos beige hasta morados en superficie intemperizada y con nódulos calcáreos. El grosor de esta formación es variable de 100 m a 400 m a lo largo de su eje, de rumbo N30°W y buzamiento 77° NE.
Su composición litológica es de lutitas negras calcáreas, silíceas, cherts y margas. La edad de esta formación es del Jurásico inferior-superior.

Formación Condorsinga.-
La formación Condorsinga, se encuentra en las altiplanicies y la cordillera oriental, su aspecto en superficie fresca es de color gris claro a beige, tiene un grosor que varía de 500 m a 1,500 m, los estratos presentan potencias que varían de 1 m hasta 3 m. generalmente están compuestas de calizas y algunas capas de cherts, estos afloramientos tienen una orientación N34°O y buzamiento 78°NE.
La edad de esta formación es del Jurásico inferior.

Formación Pariahuanca.-
La formación Pariahuanca, se sitúa en las altiplanicies, y está compuesta por estratos de cuarcitas, calizas y margas, estos estratos tienen una orientación andina N35°O y buzamiento 77° NE; su potencia varía de 100 m a 230 m.
La edad de esta formación es del Cretácico inferior.

Depósitos Glaciares.-
Está conformada por acumulación de material de arrastre producto de la glaciación, en el área se manifiesta en forma de terrazas.

Geología Estructural:

Pliegues
En el área se observa un plegamiento disarmónico entre las formaciones Aramachay y Condorsinga, estas formaciones corresponden al flanco oriental del anticlinal de orientación N35°W. Siguiendo este rumbo se encuentra la formación Pariahuanca. En el flanco oriental del anticlinal, todos los estratos tienen su buzamiento que varía de 70° a 78° NE.

Fallas

En el área, el fallamiento es muy local, precisamente en la quebrada esta falla sigue un rumbo N34°E, que corta los estratos en la quebrada Cuchimachay donde se ubica el ojo de agua.

En el **Diagrama N° 5.1** se muestra la columna litológica generalizada del área local (Ciudad de La Oroya).

En los **Diagramas N° 5.2 y 5.3** se observan las columnas estratigráficas de las áreas de estudio, sub cuenca hidrográfica del río Tishgo y micro cuenca del manantial Cuchimachay; respectivamente.

Asimismo, en el **Plano N° T-010-09**, se detallan las columnas litológicas de las Formaciones Condorsinga, Goyllarisquizga, Pariahuanca, Chulec y Pariatambo; respectivamente.

La información general de las columnas estratigráficas, se basa en la Carta Estratigráfica Internacional, mostrada en el **Apéndice N° 8**.

DIAGRAMA N° 5.1

COLUMNA LITOLÓGICA GENERALIZADA DE LA OROYA

EON	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLOGICA		POTENCIA (m)	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCIÓN	Edad Ma
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósitos aluviales					0.0117
			PLEISTOCENO		Depósitos Glaciarios					
		NEÓGENO	PLIOCENO		Grupo Jauja	Formación Mataula				
						Formación Ushno				
					Formación Ingahuasi					
					Formación Yanacancha					
			MIOCENO		Formación Huarochirí					
		PALEÓGENO	OLIGOCENO		Formación Millotingo					
					Formación Castrovirreyna					
			EOCENO	SUPERIOR	Grupo Sacsaquero					
				MEDIO	Formación Tantará					
			PALEOCENO							
	MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR	Maastrichtiano	Formación Casapalca		4000		Lutitas, areniscas, limonitas y conglomerados de color rojo. Dioritas.	70.6±0.6
				Campaniano						
				Santoniano	Formación Celendín		400		Caliza pardo amarillenta con margas calcáreas, yeso.	~ 88.6
				Coniaciano						
				Turoniano	Jumasha		400		Calizas compactas en estratos gruesos y delgados.	93.6±0.8
			INFERIOR	Albiano Medio	Grupo Machay	Pariatambo	120		Caliza, lutitas de color negro fétido.	112.0±1.0
				Albiano Inferior		Formación Chulec	220		Caliza de color gris pardo amarillenta y margas calcáreas.	
				Aptiano		Pariahuanca	260		Caliza y margas calcáreas.	125.0±1.0
				Barremiano Superior	Formación Goyllarisquizga		700		Areniscas de grano medio de color blanco a gris rojo.	130.0±1.5
				Valanginiano Superior	Formación Carhuaz		450		Areniscas con intercalaciones de lutitas de color violáceo.	140.2±3.0
				Valanginiano Inferior	Formación Santa		100		Caliza grisácea, lutitas.	
				Berriasiano	Formación Oyoruchimu		400		Cuarcitas grises con intercalaciones de material bituminoso.	145.5±4.0
		JURASICO	MEDIO	Bajociano	Formación Chaucha		300		Lodolitas y limonitas calcáreas, calizas y dolomitas.	171.6±3.0
				Aaleniano Superior	Formación Cercapuquio		322		Areniscas grano fino a grueso color blanco a gris.	175.6±2.0
			INFERIOR	Pliensbachiano	Grupo Pucará	Formación Condorsinga	1000		Calizas gris azul con presencia de hilos de calcita.	189.6±1.5
				Sinemuriano		Formación Aramachay	400		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos.	196.5±1.0
				Rhaetiano / Noriano		Formación Chambará	300		Calizas micríticas con nódulos de chert.	251.0±0.4
		TRIASICO	SUPERIOR							
		TRIASICO		Carniano						
			MEDIO	Ladiniano						
				Anisiano						
			INFERIOR	Olenekiano						
				Induano						
	PALEOZOICO	PÉRMICO	SUPERIOR		Grupo Mitu					
			INFERIOR		Grupo Copacabana					
		CARBONÍFERO	SUPERIOR		Grupo Tarma					
			INFERIOR		Grupo Ambo					
		DEVÓNICO								
		SILÚRICO								
		ORDOVÍCICO								
		CÁMBRICO								542.0±1.0

COLUMNA LITOLOGICA GENERALIZADA DE LA OROYA

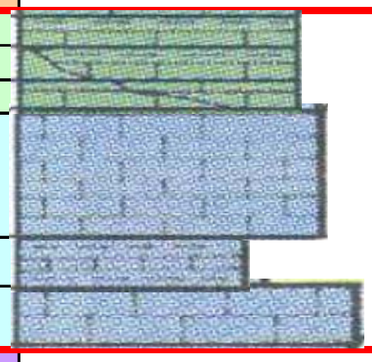
DIAGRAMA N^{o} 5.2

COLUMNA LITOLÓGICA DE LA SUB CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TISHGO

EON	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLOGICA		POTENCIA (m)	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCIÓN	Edad Ma	
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósitos aluviales					0.0117	
			PLEISTOCENO		Depósitos Glaciarios						
		NEÓGENO	PLIOCENO		Grupo Jauja	Formación Mataula					
						Formación Ushno					
					Formación Ingahuasi						
					Formación Yanacancha						
			MIOCENO		Formación Huarochirí						
		PALEÓGENO	OLIGOCENO		Formación Millotingo						
					Formación Castrovirreyna						
			EOCENO	SUPERIOR	Grupo Sacsaquero						
				MEDIO	Formación Tantará						
			PALEOCENO								
	MESOZOICO	CRETÁCEO	INFERIOR	Albiano Medio	Grupo Machay	Pariatambo	120		Caliza, lutitas de color negro fétido.	112.0±1.0	COLUMNA LITOLÓGICA DE LA SUB CUENCA HIDROLÓGICA DEL RÍO TISHGO
				Albiano Inferior		Formación Chulec	220		Caliza de color gris pardo amarillenta y margas calcáreas.		
				Aptiano		Pariahuanca	260		Caliza y margas calcáreas.	125.0±1.0	
		JURASICO	INFERIOR	Pliensbachiano	Grupo Pucará	Formación Condorsinga	1000		Calizas gris azul con presencia de hilos de calcita.	189.6±1.5	
		TRIASICO		Carniano							
			MEDIO	Ladiniano							
				Anisiano							
			INFERIOR	Olenekiano							
				Induano							
	PALEOZOICO	PÉRMICO	SUPERIOR		Grupo Mitu						
			INFERIOR		Grupo Copacabana						
		CARBONÍFERO	SUPERIOR		Grupo Tarma						
			INFERIOR		Grupo Ambo						
		DEVÓNICO									
		SILÚRICO									
		ORDOVÍCICO									
		CÁMBRICO								542.0±1.0	

DIAGRAMA N° 5.3

COLUMNA LITOLÓGICA DE LA MICRO CUENCA HIDROGRÁFICA DEL MANANTIAL CUCHIMACHAY

EON	ERA	SISTEMA	SERIE	PISO	UNIDAD LITOLOGICA		POTENCIA (m)	COLUMNA ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCIÓN	Edad Ma
FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO		Depósitos aluviales					0.0117
			PLEISTOCENO		Depósitos Glaciarios					
		NEÓGENO	PLIOCENO		Grupo Jauja	Formación Mataula				
						Formación Ushno				
					Formación Ingahuasi					
					Formación Yanacancha					
			MIOCENO		Formación Huarochirí					
		PALEÓGENO	OLIGOCENO		Formación Millotingo					
					Formación Castrovirreyna					
			EOCENO	SUPERIOR	Grupo Sacsaquero					
				MEDIO	Formación Tantará					
			PALEOCENO							
	MESOZOICO	CRETÁCEO	INFERIOR	Albiano Medio	Grupo Machay	Pariatambo	120		Caliza, lutitas de color negro fétido.	112.0±1.0
				Albiano Inferior		Formación Chulec	220		Caliza de color gris pardo amarillenta y margas calcáreas.	
				Aptiano		Pariahuanca	260		Caliza y margas calcáreas.	125.0±1.0
		JURASICO	INFERIOR	Pliensbachiano	Grupo Pucará	Formación Condorsinga	1000		Calizas gris azul con presencia de hilos de calcita.	189.6±1.5
				Sinemuriano		Formación Aramachay	400		Intercalaciones de caliza con nódulos calcáreos.	196.5±1.0
		TRIASICO	SUPERIOR	Rhaetiano / Noriano		Formación Chambará	300		Calizas micríticas con nódulos de chert.	251.0±0.4
		TRIASICO		Carniano						
			MEDIO	Ladiniano						
				Anisiano						
			INFERIOR	Olenekiano						
				Induano						
	PALEOZOICO	PÉRMICO	SUPERIOR		Grupo Mitu					
			INFERIOR		Grupo Copacabana					
		CARBONÍFERO	SUPERIOR		Grupo Tarma					
			INFERIOR		Grupo Ambo					
		DEVÓNICO								
		SILÚRICO								
		ORDOVÍCICO								
		CÁMBRICO								542.0±1.0

COLUMNA LITOLÓGICA DE LA MICRO CUENCA HIDROGRÁFICA DEL MANANTIAL CUCHIMACHAY

VI. LA GEOMORFOLOGÍA DEL ÁREA EN ESTUDIO

6.1. Geomorfología Distrital

El área de estudio pertenece a la unidad geomorfológica denominada Puna. La unidad geográfica Puna presenta una topografía moderada a abrupta y es distinguible por presentar colinas de pendiente fuerte y cerros elevados a escarpados, por lo general esta unidad Puna se encuentra a una altitud entre los 3,800 y 4,400 m.s.n.m.

La bocatoma de Tishgo, se encuentra en superficie de valle joven, como la sub cuenca Tishgo. En la margen derecha e izquierda de la sub cuenca, resalta la unidad geográfica Puna, se caracteriza por su relieve accidentado con quebradas moderadas a profundas, esta unidad en el área de estudio se encuentra a una altitud de 3,800 m.s.n.m. y 3,830 m.s.n.m.

La bocatoma de Tishgo, en el área constituye un punto de alimentación de agua que sirve de suministro al complejo Metalúrgico de la Oroya, la sub cuenca Tishgo confluye con el río Mantaro cerca de la localidad de Paccha.

Esta unidad geográfica en el área de estudio presenta afloramientos de rocas sedimentarias en secuencias monótonas y disturbadas.

En las **Fotografías N^{o} 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, y 25**; se observan la geomorfología a lo largo de la sub cuenca del río Tishgo, desde la bocatoma hasta la confluencia con el Río Mantaro.

El ojo de agua de Cuchimachay se encuentra en superficie de valle joven, en la micro cuenca Cuchimachay.

Tanto al sureste y al noroeste del ojo de agua Cuchimachay resalta la unidad geográfica Puna, se caracteriza por su relieve accidentado con quebradas moderadas a profundas, esta unidad en el área de estudio se encuentra a una altitud de 4,120 m.s.n.m. y 4,140 m.s.n.m.

El manantial de agua Cuchimachay, en el área se constituye como parte de la micro cuenca Cuchimachay que desemboca en el río Mantaro, cerca al puente peatonal llamado “cascabel”.

Esta unidad geográfica en el área de estudio conforma afloramientos de rocas sedimentarias en secuencias monótonas.

En las **Fotografías N^{o} 26 y 27**; se observan la geomorfología a lo largo de la micro cuenca del manantial Cuchimachay.

FOTOGRAFÍAS: GEOMORFOLOGÍA DISTRITAL DE LA CUENCA DEL RÍO TISHGO

Fotografía N^{o} 18: Vista panorámica mirando al SO. Obsérvese la topografía en la bocatoma de Tishgo y los accesos por carretera y vía férrea

Fotografía N^{o} 19: Vista mirando al NE, aguas abajo de la bocatoma del Río Tishgo. Obsérvese la vegetación en ambas riveras del río.

Fotografía N° 20: Vista mirando al Norte. Obsérvese la Hacienda Casaracra, ubicada en la margen derecha del río Tishgo.

Fotografía N° 21: Vista mirando al NE. Campo de Golf de la empresa Doe Run Perú, ubicada entre la margen derecha del río Tishgo y la margen izquierda del río Mantaro.

Fotografía N^{o} 22: Vista mirando al NE. Topografía del recorrido final de la sub cuenca del río Tishgo

Fotografía N^{o} 23: Vista mirando al Este. Confluencia del río Tishgo con el Río Mantaro en la localidad de Paccha.

Fotografía Nº 24: Vista mirando al SO. Cárcavas y erosiones hídricas laterales a los Tanques y tubería de conducción de agua de Tishgo para el Complejo Metalúrgico de La Oroya, respecto a la ubicación del patio industrial de la empresa Ferrovías Central Andina

Fotografía Nº 25: Vista mirando al Oeste, en el extremo Sur del Complejo Metalúrgico de La Oroya. Obsérvese la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Fundición y el Río Mantaro

FOTOGRAFÍAS: GEOMORFOLOGÍA DISTRITAL DE LA MICRO CUENCA DEL MANANTIAL CUCHIMACHAY

Fotografía N° 26: Vista mirando al SO, ojo del manantial Cuchimachay. Obsérvese la topografía y vegetación perteneciente a la unidad geomorfológica del tipo puna.

Fotografía N° 27: Vista mirando al SE, relieve de un cerro paisajístico, ubicado en la margen izquierda de la micro cuenca Cuchimachay

6.2. Geomorfología Local

En el ámbito circundante al Complejo Metalúrgico La Oroya, se puede distinguir algunas características geomorfológicas, tales como: el río Mantaro con algunos tributarios como el río Yauli, Shincamachay, Tishgo (Paccha), Cuchimachay (La Oroya Antigua), río Seco y algunas otras quebradas menores que han excavado sus cauces en rocas calcáreas, areniscas, lutitas, etc. de las diferentes formaciones rocosas. En las partes altas se puede distinguir remanentes de la superficie puna inicial.

Sobre los cauces antiguos de los ríos Mantaro y Yauli principalmente, se aprecia terrazas fluviales y en algunos lugares depósitos de precipitación química (travertinos) tales como, los depósitos de Sacco-Tambo, Shincamachay, confluencia del río Tishgo y Mantaro y otros más pequeños como en La Oroya Antigua (cubierta por la población).

La altitud varía, dentro del ámbito de La Oroya, entre los 3600 y 4600 m.s.n.m., ubicándose la Fundición y Refinerías a una altura promedio de 3750 m.s.n.m.

También son apreciables las formaciones de las cárcavas (grietas de erosión), producidas por las lluvias en los alrededores de La Oroya, sobre la superficie del suelo con poca cubierta vegetal (ichu).

Las **Fotografías N^{o} 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34**; muestran la geomorfología local de la ciudad de La Oroya a lo largo de sus 2 cuencas hidrográficas principales, Río Yauli y Río Mantaro.

Fotografía N^{o} 28: Vista mirando al Oeste. Área urbana en la margen derecha del río Mantaro.

Fotografía N^{o} 29: Vista panorámica del Complejo Metalúrgico de La Oroya, mirando al SO. Obsérvese la topografía de los cerros aledaños y el Río Mantaro.

Fotografía N° 30: Vista mirando al Norte. Confluencia del Río Yauli con el Río Mantaro, cerca al puente Jorge Basadre de La Oroya.

Fotografía N° 31: Vista mirando al NE desde el puente Marcavalle. Obsérvese el Río Yauli y áreas urbanas en ambas márgenes

Fotografía N^{o} 32: Vista mirando al Oeste desde el cerro Cushurupampa. Obsérvese el área industrial de Refinerías de Cobre y Plomo y el área urbana de Santa Rosa.

Fotografía N^{o} 33: Vista panorámica mirando al Oeste. Cuenca del Río Yauli, obsérvese en la margen izquierda la planta de tratamiento de aguas residuales de Huaymanta

Fotografía N^{o} 34: Vista panorámica mirando al SO, topografía general que rodea las poblaciones de Buenos Aires y Marcavalle

VII. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS

7.1. Caracterización de las fuentes de agua en el Complejo Metalúrgico de La Oroya

Para lograr los objetivos de la caracterización de las aguas, se siguieron los procedimientos de acuerdo a las recomendaciones en base al “Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aguas – Sub-Sector Minería”, referido a la preparación de materiales, puntos de muestreo, técnicas de extracción, preservación y transporte de muestras.
En el presente capítulo se desarrolla las actividades para la caracterización de las aguas utilizadas en la Fundición, en los puntos de control seleccionados iniciándose con las labores de campo y seguidamente de laboratorio.

Los puntos seleccionados se muestran a continuación:

Fuente Tishgo:

P1 Toma de captación río Tishgo
P2 Salida desarenador Tishgo
P3 Matriz de alimentación a Fundición
P4 Fundición de Cobre
P5 Aglomeración
P6 Intercambiadores

Fuente Manantial Cuchimachay:

P7 Rectificador
P8 Tanque EMSAPA
P9 Capacitación

Los lineamientos establecidos por la Agencia para la Protección Ambiental de los EE.UU. (EPA, 1992) así como los "Métodos Estándar" (APHA, 1992) son los considerados como guía sobre los procedimientos para la extracción, preservación de muestras, procedimientos, materiales para los recipientes y máximo tiempo de almacenamiento permisibles para los parámetros de calidad del agua.

EPA: Environmental Protection Agency / Agencia de protección Ambiental.
APHA: American Public Health Association / Asociación Americana de Salud Pública.

CUADRO N^{o} 7.1

Especificaciones para Extracción, Preservación y Almacenamiento de muestras

DETERMINACION	Envase	Volumen Mínimo Muestra requerida	Preservación	Tiempo de Almacenamiento	
Acidez	P,V,(B)	100 ml	Refrigeracion a 4 ^{o}C	24 horas	14 días
Alcalinidad	P,V (B)	200 ml	Refrigeración a 4 ^{o}C	24 horas	14días
Color	P,V	500 ml	Refrigeración a 4 ^{o}C	48 horas	48 hor.
Cond. Especifica	P,V	500 ml	Refrigeración a 4 ^{o}C	28 días	28 días
Fluoruros	P	100 ml	No requiere	28 días	28 días
Durezas	P,V	100 ml	Agregar HNO3 pH <2	6 meses	6 meses
Metales (general)	P(A), V(A)	500 ml	Metales disueltos filtrar previamente. Agregar 5ml HNO_3 conc. pH <2	6 meses	6 meses
Cromo VI	P(A), V(A)	100 ml	Refrigeración a 4 ^{o}C	24 horas	‘ 24 horas

Los métodos de análisis y/o ensayos empleados, son los recomendados por el Ministerio de Energía y Minas y la Dirección General de Asuntos Ambientales, referido a los métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales: APHA(*), AWWA(*), WPCF (*).
Dichos métodos se muestran en el cuadro 7.2.

CUADRO N° 7.2

Métodos de Análisis y/o Ensayos

PARÁMETROS	METODOS ESTANDAR APHA. AWWA, WPCF (*)
FÍSICOS	
• pH	4500-H^+-B-Electrométrico
• Turbiedad	2130-B-Nefelométrico
• Conductividad Eléctrica	2510-B-Electrométrico
• Temperatura	Electrométrico
• Sólidos Totales (ST)	2540-B-Gravimétrico
• Sólidos Totales Disueltos(TDS)	2540-C-Gravimétrico
• Sólidos Suspendidos Totales(SST)	2540-D-Gravimétrico
• Sólidos Sedimentables	
QUIMICOS	
• Alcalinidad Total Carbonatos	2320 –B – Titulación
Bicarbonatos	2320 –B – Titulación
Hidróxidos	2320 –B – Titulación
• Acidez	2335 - B - Titulación
• Dureza Total	2340-C
• Calcio – Magnesio	3500-Ca-D
• Cloruros (Cl^{-1} total)	4500-Cl^{-1} - B- C
• Sulfatos	4500-SO_4^{-2} – E
• Nitratos	4500-B-N_2
• Sílice (SiO2)	4500- Si
• Oxígeno disuelto	4500-O -G
• Fluor	4500-F^--C
• Cianuros	4500-CN-B-E
Metales Totales	Espectrofotometría de Absorción Atómica 3111-A-B-C
• Arsénico	3500-As-C
• Cadmio	3500-Cd-B
• Cobre	3500-Cu-B
• Cinc	3500-Zn-B
• Cromo	3500-Cr-B
• Hierro	3500-Fe-B
• Manganeso	3500-Mn-B
• Plomo	3500-Pb-B
• Potasio	3500-K-B
• Sodio	3500-Na-B

(*) AWWA: American Water Works Association / Asociación Americana para trabajos del Agua.

(*) APHA: American Public Health Association / Asociación Americana de Salud Pública

(*) WPCF: Water Pollution Control Facility / Institución para el Control de la Contaminación del Agua.

De acuerdo a los resultados y evaluaciones de los análisis se puede concluir lo siguiente:

- Las aguas procedentes de las fuentes del río Tishgo y del manantial Cuchimachay son aguas claras de bajo contenido de sólidos suspendidos en el periodo estacional de estiaje.
- Las aguas de las dos fuentes, son ligeramente alcalinas, de valores de pH que sobrepasan los niveles de neutralidad de 7.0 u.e.
- Las aguas son de tipo duras por la presencia de iones cálcico y magnésico en concentraciones entre 150 y 300 mg/L.
- Las aguas de los suministros presentan bajo contenido de cloruros y sulfatos.
- La presencia de oxígeno disuelto en las aguas de ambas fuentes, genera cierto riesgo de acelerar puntos de corrosión en las aplicaciones industriales.
- El bajo contenido metálico no genera problemas de contaminación metálica de las aguas.

7.2. Registro de caudales autorizados y captados.

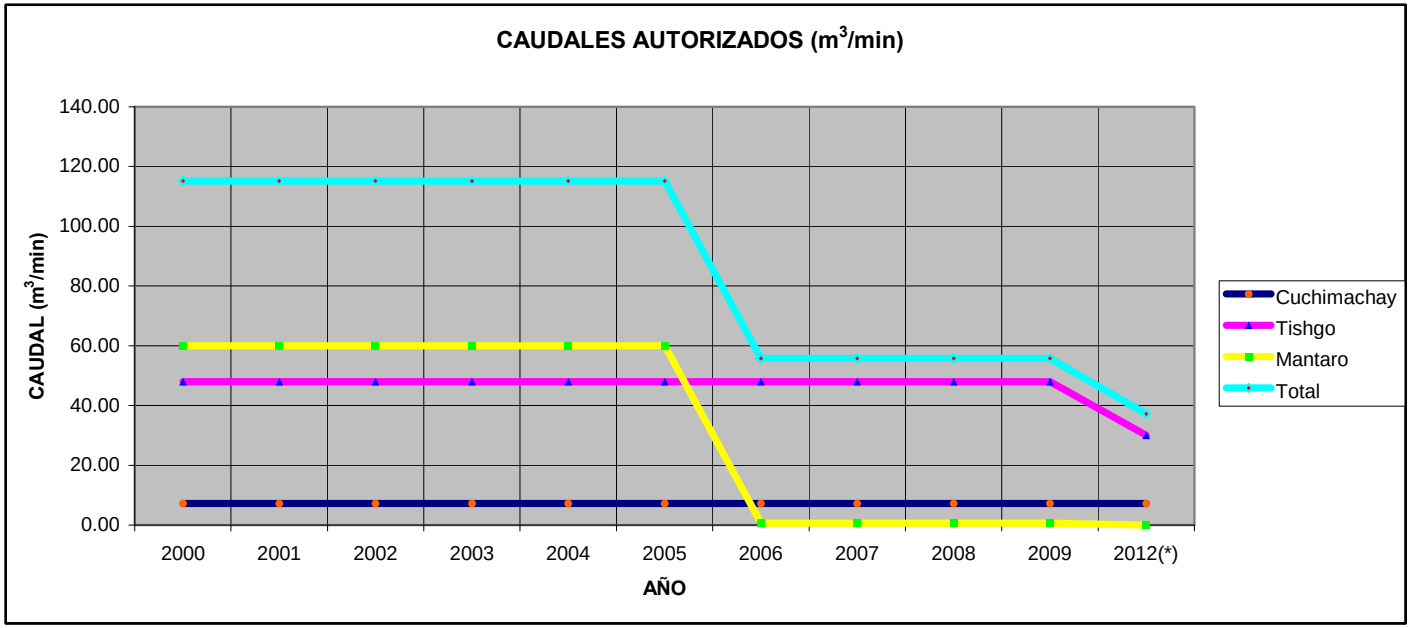
Ver cuadros 7.3, 7.4, 7.5 y Apéndices 1,2,3,4,y5.

CUADRO N° 7.3

CAUDALES AUTORIZADOS POR FUENTES (m^3/min)

FUENTE	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012(*)
CUCHIMACHAY	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
TISHGO	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	30.00
MANTARO	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00
TOTAL	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	115.20	55.80	55.80	55.80	55.80	37.20

(*): Con la implementación de Proyectos de Modernización

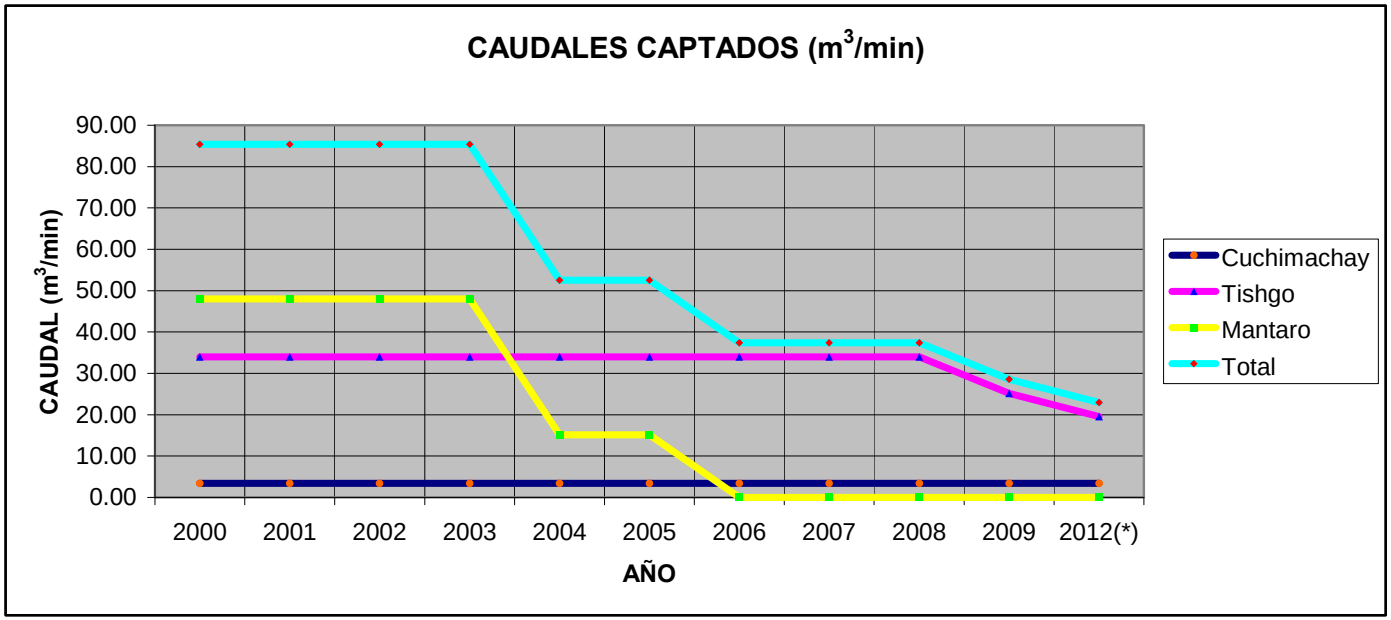


CUADRO N° 7.4

CAUDALES CAPTADOS POR FUENTES (m^3/min)

FUENTE	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012(*)
CUCHIMACHAY	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
TISHGO	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	25.19	19.57
MANTARO	48.00	48.00	48.00	48.00	15.12	15.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	**85.40**	**85.40**	**85.40**	**85.40**	**52.52**	**52.52**	**37.40**	**37.40**	**37.40**	**28.59**	**22.97**

(*): Con la implementación de Proyectos de Modernización



CUADRO N° 7.5

CAUDAL AUTORIZADO VERSUS CAUDAL CAPTADO

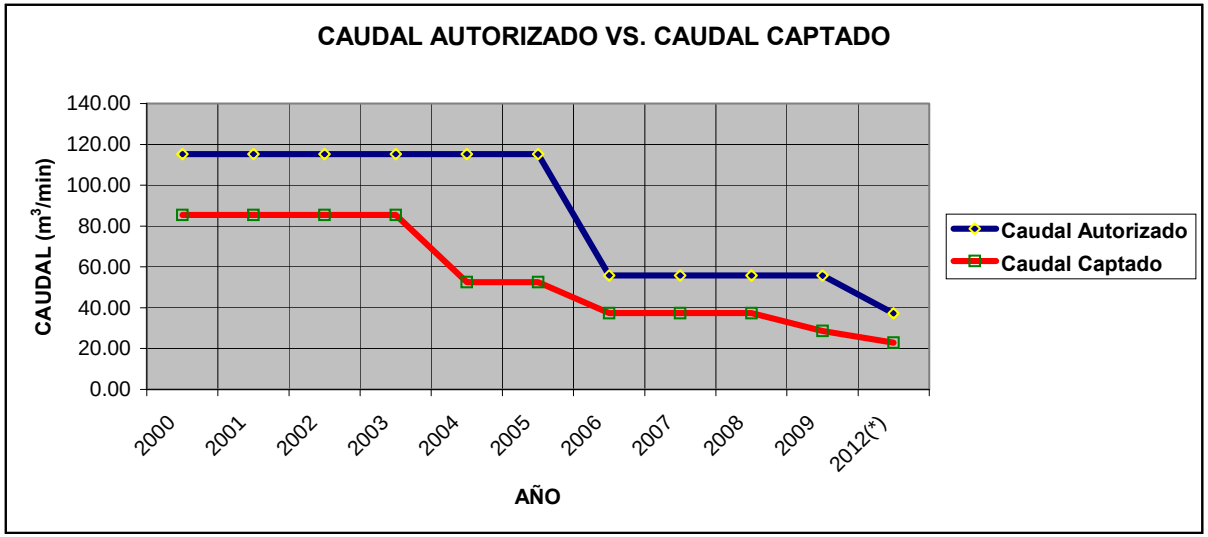
CAUDALES AUTORIZADOS POR FUENTES (m^3/min)

FUENTE	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012(*)
CUCHIMACHAY	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
TISHGO	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	30.00
MANTARO	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00
TOTAL	**115.20**	**115.20**	**115.20**	**115.20**	**115.20**	**115.20**	**55.80**	**55.80**	**55.80**	**55.80**	**37.20**

CAUDALES CAPTADOS POR FUENTES (m^3/min)

FUENTE	AÑO										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2012(*)
CUCHIMACHAY	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40
TISHGO	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	25.19	19.57
MANTARO	48.00	48.00	48.00	48.00	15.12	15.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	**85.40**	**85.40**	**85.40**	**85.40**	**52.52**	**52.52**	**37.40**	**37.40**	**37.40**	**28.59**	**22.97**

(*): Con la implementación de Proyectos de Modernización



7.3. En épocas de estiaje

El primer estudio de caracterización de aguas se realizó en el mes de Septiembre del 2006, correspondiente al periodo de estación seca o periodo de estiaje.

Ver **Cuadros N^{o} 7.6 y 7.7.**

7.4. En épocas de lluvias

El segundo estudio de caracterización de aguas se realizó en el mes de Febrero del 2007, correspondiente al periodo de estación de lluvias o de avenidas en la zona.

Ver **Cuadros N^{o} 7.8 y 7.9**

7.5. Determinación de la calidad de las aguas mediante los análisis físico-químicos y bacteriológicos

CUADRO Nº 7.6

Calidad Física y Química de la fuente de Agua de Tishgo

Época de Estiaje

PARAMETROS		P-1 Río Tishgo	P-2 Sal Desaren.	P-3 Aliment. Fund.	P-4 Fund. Cu	P-5 Aglomera-ción	P-6 Intercam-biadores
FISICOS							
01. pH	unidades	8.56	8.25	8.46	8.25	8.51	8.49
02. TURBIEDAD	U.T.N.	1.09	1.49	0.96	1.2	1.99	1.08
03. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	uS/cm	471	476	472	461	476	474
04. SÓLIDOS TOTALES (ST)	mg/L	367	363	358	358	367	338
05. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)	mg/L	364	360	356	352	364	336
06. SÓLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L						
TOTALES (TSS)	mg/L	2.5	3	1.5	1.8	2.25	1.25
07. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	ml/L/hr	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
QUIMICOS							
08. ALCALINIDAD TOTAL	mg/L	154.5	154.5	154.5	148.2	154.5	154.5
CARBONATOS	mg/L	7.7	7.7	7.7	5.8	7.7	7.7
09. BICARBONATOS	mg/L	146.8	146.8	146.8	142.4	146.8	146.8
10. DUREZA TOTAL	mg/L	258	258	258	248.7	258	258
11. CALCIO	mg/L	66	66	66	64.8	66	66
12. MAGNESIO	mg/L	22.37	22.37	22.37	21.70	20.90	20.90
13. CLORUROS	mg/L	6.05	6.05	6.05	5.04	6.05	6.05
14. SULFATOS	mg/L	95.6	95.6	95.6	94.5	94.6	94.6
15. NITRATOS	mg/L	0.85	0.85	0.85	0.75	0.8	0.8
16. SILICE	mg/L	1.45	1.45	1.45	1.2	1.45	1.45
17. OXIGENO DISUELTO	mg/L	6.6	6.6	6.2	4.8	4.8	4.3
18. FLUOR	mg/L	0.27	0.27	0.27	0.25	0.27	0.26
19. CIANUROS	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
METALES TOTALES							
20. ARSENICO	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
21. CADMIO	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
22. COBRE	mg/L	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
23. CINC	mg/L	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
24. CROMO	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
25. HIERRO	mg/L	0.02	0.018	0.09	0.008	0.010	0.011
26. MANGANESO	mg/L	0.008	0.012	0.010	0.010	0.010	0.01
27. PLOMO	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
28. POTASIO	mg/L	0.1	0.12	0.12	0.12	0.1	0.1
29. SODIO	mg/L	0.48	0.48	0.48	0.46	0.48	0.48

CUADRO N° 7.7

Calidad Física y Química de la fuente de Agua de Cuchimachay
Época de Estiaje

PARAMETROS		P7 Rectificador Rovicon	P-8 Tanque EMSAPA	P-9 Capacitación
FISICOS				
01. pH	Unidades	8.55	8.49	8.28
02. TURBIEDAD	U.T.N.	1.26	0.84	0.99
03. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	uS/cm	475	420	420
04. SÓLIDOS TOTALES (ST)	*mg/L*	362	313	309
05. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)	*mg/L*	360	312	308
06. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)	*mg/L*	1	0.4	0.75
07. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	*ml/L/hr*	<0.1	<0.1	<0.1
QUIMICOS				
08. ALCALINIDAD TOTAL	*mg/L*	138.5	130.5	128.4
CARBONATOS	*mg/L*	7.7	7.7	7.7
09. BICARBONATOS	*mg/L*	130.8	128.7	120.7
10. DUREZA TOTAL	*mg/L*	242.7	242.7	242.7
11. CALCIO	*mg/L*	66	55	55
12. MAGNESIO	*mg/L*	18.65	16.50	16.50
13. CLORUROS	*mg/L*	6.05	2.02	2.02
14. SULFATOS	*mg/L*	89.8	72.5	75
15. NITRATOS	*mg/L*	0.18	0.12	0.1
16. SILICE	*mg/L*	0.21	0.2	0.2
17. OXIGENO DISUELTO	*mg/L*	6.4	5.8	5.3
18. FLUOR	*mg/L*	0.18	0.15	0.14
19. CIANUROS	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005
METALES TOTALES				
20. ARSENICO	*mg/L*	<0.001	<0.001	<0.001
21. CADMIO	*mg/L*	<0.0002	<0.0002	<0.0002
22. COBRE	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005
23. CINC	*mg/L*	<0.002	<0.002	<0.002
24. CROMO	*mg/L*	<0.05	<0.05	<0.05
25. HIERRO	*mg/L*	0.08	0.01	0.011
26. MANGANESO	*mg/L*	0.007	0.004	0.008
27. PLOMO	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005
28. POTASIO	*mg/L*	0.05	0.06	0.05
29. SODIO	*mg/L*	0.54	0.23	0.024

CUADRO N^{o} 7.8

Calidad Física y Química de la fuente de Agua de Tishgo
Época de Lluvia

PARAMETROS		P-1 Río Tishgo	P-2 Sal Desaren.	P-3 Aliment. Fund.	P-4 Fund. Cu	P-5 Aglomera-ción	P-6 Intercam-biadores
FISICOS							
01. pH	unidades	7.67	7.64	7.51	7.42	7.63	7.75
02. TURBIEDAD	U.T.N.	5.39	6.58	5.71	6.13	4.49	6.05
03. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	uSmcm	452	450	437	458	449	469
04. SÓLIDOS TOTALES (ST)	*mg/L*	329	356	360	1056	342	388
05. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)	*mg/L*	320	330	326	426	329	324
06. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)	*mg/L*	6.5	4.82	7.25	4.24	2.81	5.22
07. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	*ml/L/hr*	<0.1	<0.1	<0.1	1.5	<0.1	<0.1
QUIMICOS							
08. ALCALINIDAD TOTAL	*mg/L*	137.2	137.2	129.6	140.9	137.2	137.2
CARBONATOS	*mg/L*	13.3	13.3	13.3	15.24	13.3	15.24
09. BICARBONATOS	*mg/L*	146.8	146.8	146.8	142.4	146.8	146.8
10. DUREZA TOTAL	*mg/L*	239.67	239.92	233	242.7	242.7	242.7
11. CALCIO	*mg/L*	65.2	65.3	62.1	67.7	66.8	69.9
12. MAGNESIO	*mg/L*	18.4	18.4	18.6	16.3	16.3	16.3
13. CLORUROS	*mg/L*	6.05	6.1	6.05	6.05	6.05	5.3
14. SULFATOS	*mg/L*	79.6	79.4	76.5	88.2	74.3	84.6
15. NITRATOS	*mg/L*	0.024	0.028	0.028	0.031	0.03	0.028
16. SILICE	*mg/L*	2.5	2.2	2.2	2.7	2.1	2.3
17. OXIGENO DISUELTO	*mg/L*	6.6	6.6	6.2	4.8	4.8	4.3
18. FLUOR	*mg/L*	0.18	0.17	0.17	0.12	0.18	0.17
19. CIANUROS	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
METALES TOTALES							
20. ARSENICO	*mg/L*	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
21. CADMIO	*mg/L*	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
22. COBRE	*mg/L*	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
23. CINC	*mg/L*	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
24. CROMO	*mg/L*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
25. HIERRO	*mg/L*	0.012	0.015	0.01	0.009	0.018	0.01
26. MANGANESO	*mg/L*	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
27. PLOMO	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
28. POTASIO	*mg/L*	0.105	0.104	0.106	0.109	0.103	0.105
29. SODIO	*mg/L*	0.36	0.37	0.37	0.39	0.37	0.37

CUADRO Nº 7.9

Calidad Física y Química de la fuente de Agua de Cuchimachay
Época de Lluvia

PARAMETROS		P7 Rectificador Rovicón	P-8 Tanque EMSAPA	P-9 Capacitación
FISICOS				
01. pH	Unidades	7.78	7.63	7.75
02. TURBIEDAD	U.T.N.	5.39	0.75	1.06
03. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	u5mcm	464	487	486
04. SÓLIDOS TOTALES (ST)	*mg/L*	352	384	336
05. SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (TDS)	*mg/L*	348	350	325
06. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (TSS)	*mg/L*	5.83	0.48	0.78
07. SÓLIDOS SEDIMENTABLES	*ml/L/hr*	<0.1	<0.1	<0.1
QUIMICOS				
08. ALCALINIDAD TOTAL	*mg/L*	140.9	118.1	118.5
CARBONATOS	*mg/L*	13.2	11.4	15.2
09. BICARBONATOS	*mg/L*	127.7	106.7	103.3
10. DUREZA TOTAL	*mg/L*	240.2	262.1	261.0
11. CALCIO	*mg/L*	68.8	81.4	80.8
12. MAGNESIO	*mg/L*	17.5	11.6	11.6
13. CLORUROS	*mg/L*	6.1	6.05	5.8
14. SULFATOS	*mg/L*	115	128.4	128.2
15. NITRATOS	*mg/L*	0.22	0.08	0.14
16. SILICE	*mg/L*	0.08	0.12	0.05
17. OXIGENO DISUELTO	*mg/L*	4.2	4.1	3.2
18. FLUOR	*mg/L*	0.02	0.09	0.12
19. CIANUROS	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005
METALES TOTALES				
20. ARSENICO	*mg/L*	<0.001	<0.001	<0.001
21. CADMIO	*mg/L*	<0.0002	<0.0002	<0.0002
22. COBRE	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005
23. CINC	*mg/L*	<0.002	<0.002	<0.002
24. CROMO	*mg/L*	<0.05	<0.05	<0.05
25. HIERRO	*mg/L*	0.009	0.012	0.024
26. MANGANESO	*mg/L*	0.004	0.003	0.003
27. PLOMO	*mg/L*	<0.005	<0.005	<0.005
28. POTASIO	*mg/L*	0.05	0.06	0.06
29. SODIO	*mg/L*	0.22	0.12	0.18

VIII. EL BALANCE DE LAS AGUAS EN EL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA

El alcance de la presente Tesis enfoca la optimización del consumo de aguas en la fundición del Complejo Metalúrgico de La Oroya, mediante la implementación progresiva de proyectos y mejorando las prácticas de operación a partir del año 2003. Estas medidas han implicado drásticas reducciones en la captación de las fuentes de agua con el consecuente impacto ambiental y económico positivo.

Estos balances se muestran en los siguientes diagramas y sus respectivas hojas resumen:

- **Diagrama del balance de aguas a Enero del 2003 (m^3/min):** Las operaciones a esta fecha están basadas en una cultura de consumo de agua directo de las fuentes, sin sistemas de recirculación y costos por derechos de consumo muy insignificantes.

  En resumen, existe un ingreso de agua fresca de 72.20 m^3/min, efluente final al río Mantaro de 69.11 m^3/min y un costo anual por consumo de S/. 347,186.76. Ver **Diagrama N° 8.1** y **Cuadro N° 8.1.**

- **Diagrama del balance de aguas a Enero del 2005 (m^3/min):** Se implementa un sistema de recirculación de las aguas de enfriamiento, optimizando el uso de la infraestructura existente.

  En resumen, existe un ingreso de agua fresca de 39.32 m3/min, efluente final al río Mantaro de 36.98 m3/min y un costo anual por consumo de S/. 711,172.12. Ver **Diagrama N° 8.2** y Cuadro **N° 8.2**.

- **Diagrama del balance de aguas a Enero del 2006 (m^3/min):** Se implementan programas de uso racional de agua en el proceso de granulación de escorias y reducción de agua de enfriamiento en la planta de ácido de Zinc.

  En resumen, existe un ingreso de agua fresca de 24.20 m^3/min, efluente final al río Mantaro de 22.58 m^3/min y un costo anual por consumo de S/. 478,557.12. Ver **Diagrama N° 8.3** y **Cuadro N° 8.3.**

- **Diagrama del balance de aguas a Diciembre del 2009 (m^3/min):** A esta fecha, se implementan los proyectos de recirculación de las aguas de escorias de cobre y plomo, repotenciación de la planta de ácido de zinc con un sistema de enfriamiento de agua en circuito cerrado.

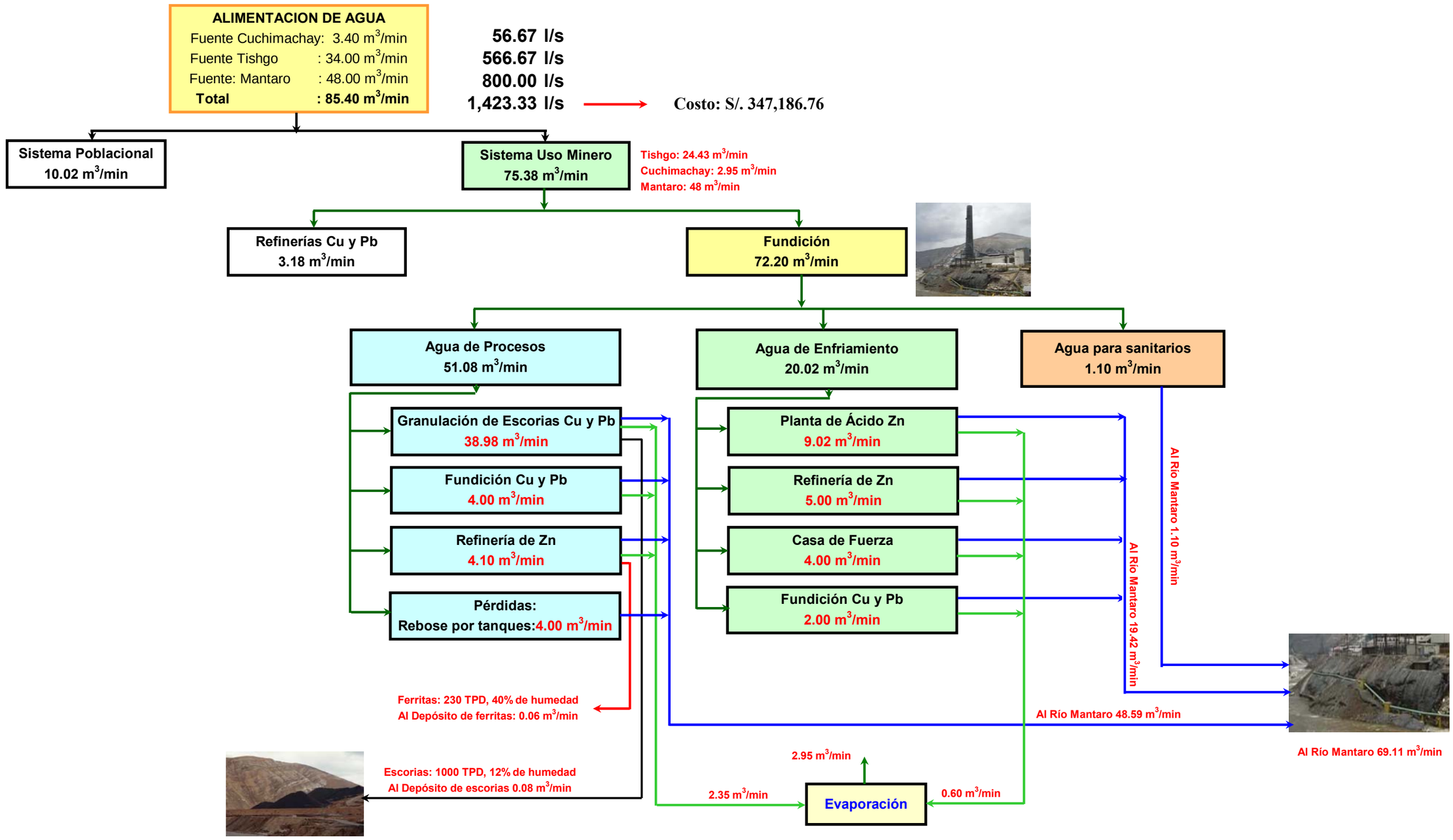
  En resumen, existe un ingreso de agua fresca de 15.39 m^3/min, efluente final de impacto positivo al río Mantaro de 13.42 m^3/min y un costo anual por consumo de S/. 329,438.93. Ver **Diagrama N° 8.4** y **Cuadro N° 8.4.**

- **Diagrama del balance de aguas a Diciembre del 2012 (m^3/min):** Se estima la culminación de los proyectos PAMA e implementación de proyectos de optimización, basada en una cultura de consumo de agua con sistemas 100% en circuito cerrado.

  Es importante resaltar que a pesar de una mayor demanda total de agua para los proyectos y procesos, se proyecta un consumo mínimo de agua fresca de 9.77 m^3/min, un efluente con impacto positivo después de su tratamiento de 6.09 m^3/min y a un costo anual de S/. 229,792.74. Ver **Diagrama N° 8.5** y **Cuadro N° 8.5**.

8.1. Diagrama del balance de aguas a Enero del 2003 (m^3/min)

DIAGRAMA N° 8.1: BALANCE DE AGUAS A ENERO DEL 2003

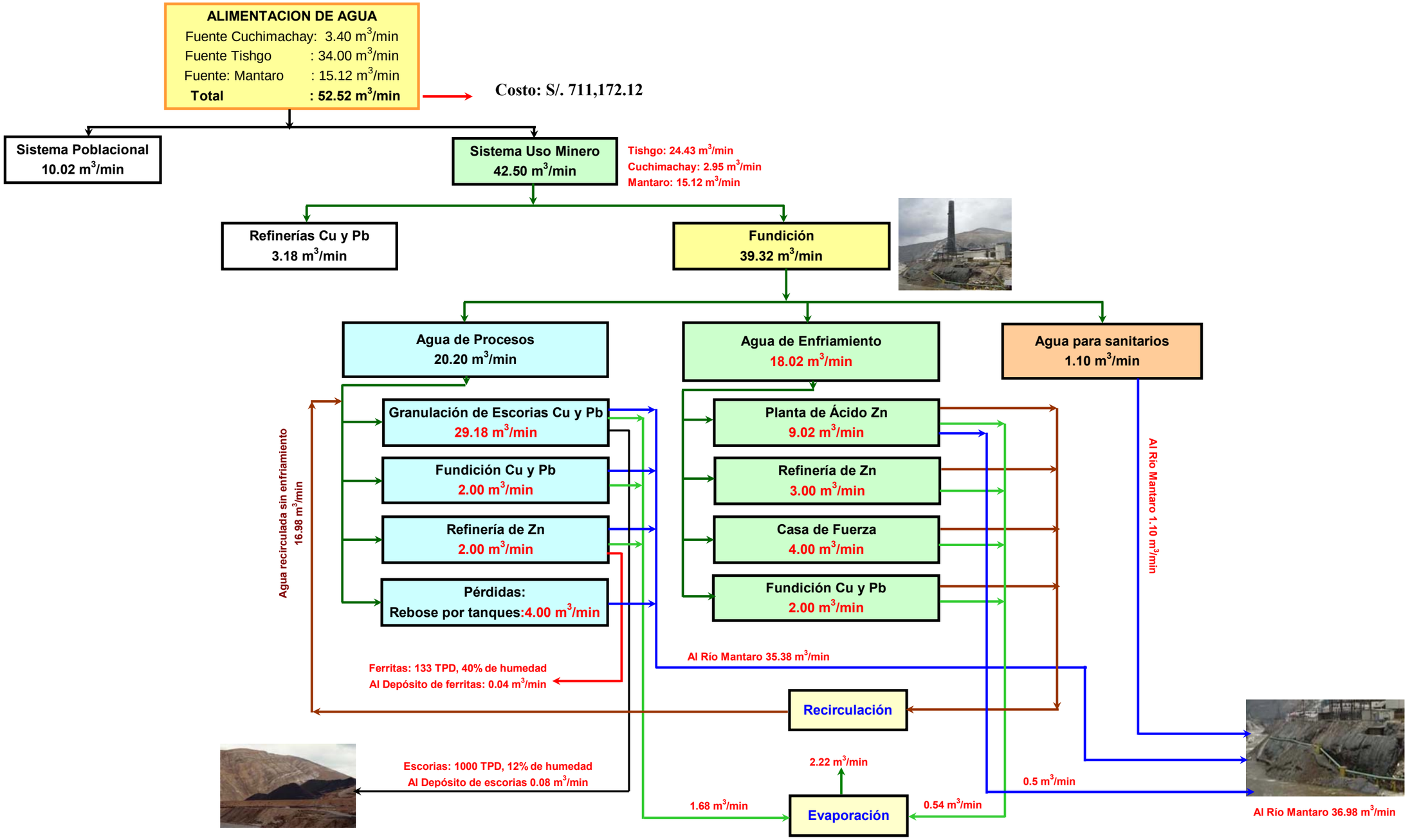


CUADRO Nº 8.1: BALANCE DE AGUAS A ENERO DEL 2003

SISTEMA/PROCESO	INGRESOS (m^3/min)	SALIDAS (m^3/min)	OBSERVACIONES
AGUA DE PROCESOS	**51.08**	**51.08**	
Granulación de escorias			Sistema en circuito cerrado con torres de enfriamiento
Agua fresca + agua recirculada	38.98		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en escorias
Evaporación y purgas		1.95	5% del caudal en circuito abierto
Escorias		0.08	1000 TPD, 12% de humedad
Efluente básico		36.95	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**38.98**	**38.98**	
Fundición Cobre y Plomo			Agua en contacto con productos y sub productos de cobre y plomo
Agua fresca + agua recirculada	4.00		Reposición por evaporación, purgas y efluentes
Evaporación y purgas		0.20	5% del caudal en circuito abierto
Efluentes ácidos		3.80	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**4.00**	**4.00**	
Refinería de Zinc			Agua en contacto con procesos de lixiviación, purificación y separación de sólidos
Agua fresca + agua recirculada	4.10		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.21	5% del caudal en circuito abierto
Efluentes ácidos		3.83	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Ferritas		0.06	133 TPD, 40% de humedad
Sub total	**4.10**	**4.10**	
Pérdidas			
Agua fresca + agua recirculada	4.00	4.00	Rebose por falta de sistemas de enfriamiento y protección del sistema de agua
Sub total	**4.00**	**4.00**	
AGUA DE ENFRIAMIENTO	**20.02**	**20.02**	
Planta Ácido de Zinc			Planta repotenciada en el año 2006
Agua fresca	9.02		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.27	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes		8.75	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**9.02**	**9.02**	
Enfriamiento Refinería Zinc/Casa de Fuerza/Fundición Cu y Pb			Proyecto propuesto para optimizar las fuentes de captación de agua
Agua fresca	11.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.33	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes		10.67	
Sub total	**11.00**	**11.00**	
SANITARIOS	**1.10**	**1.10**	
Servicios higiénicos, duchas y vestuarios	1.10	1.10	Efluente de Sanitarios
Sub total	**1.10**	**1.10**	
TOTAL AGUA FRESCA (m^3/min)	**72.20**	**72.20**	Efluente final al Río Mantaro: **69.11 m^3/min** Evaporación total por los sistemas de enfriamiento: **2.95 m3/min** Humedad en Escorias: **0.08 m3/min** Humedad en Ferritas: **0.06 m3/min**

8.2. Diagrama del balance de aguas a Enero del 2005 (m^3/min)

DIAGRAMA Nº 8.2: BALANCE DE AGUAS A ENERO DEL 2005

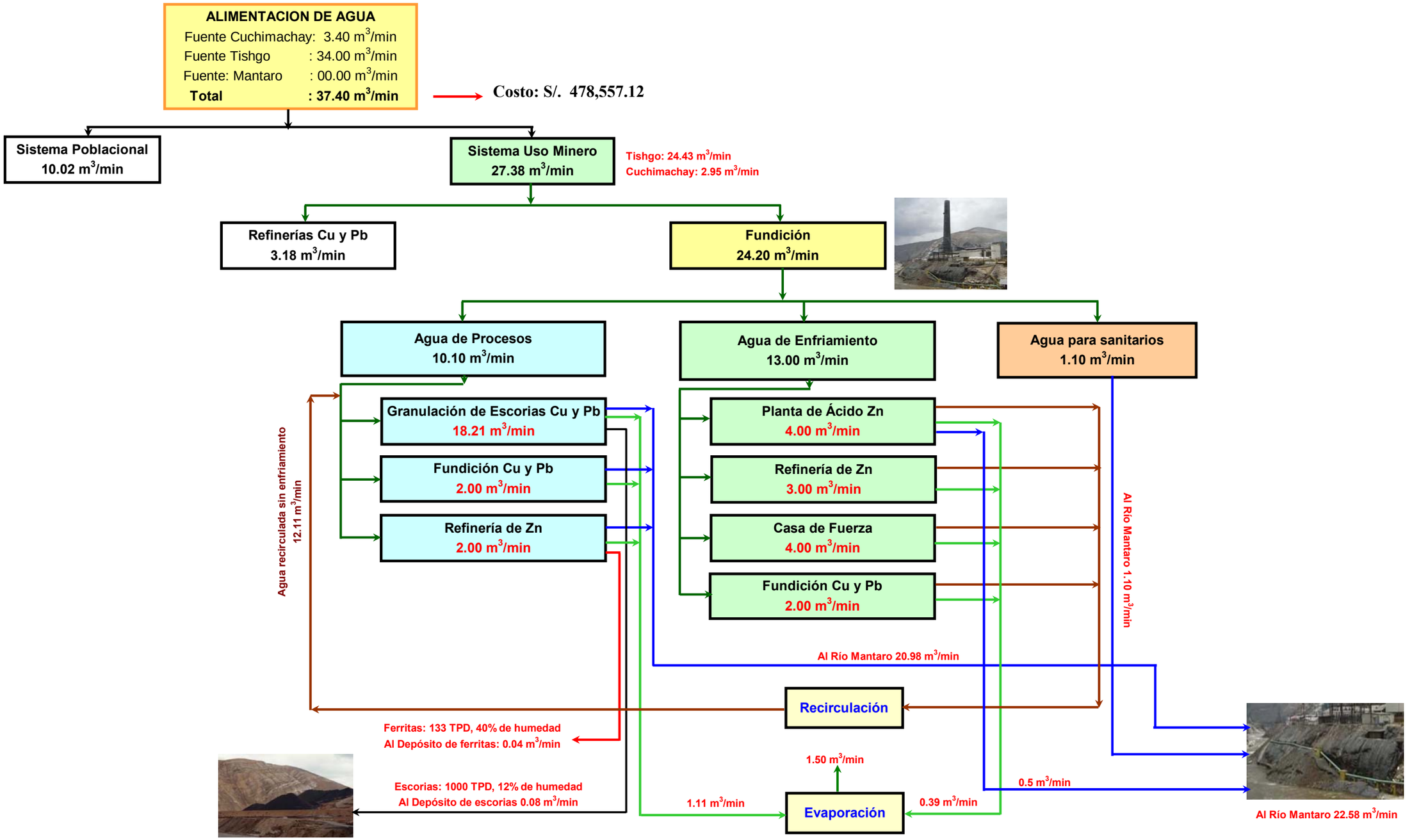


CUADRO N° 8.2: BALANCE DE AGUAS A ENERO DEL 2005

SISTEMA/PROCESO	INGRESOS (m^3/min)	SALIDAS (m^3/min)	OBSERVACIONES
AGUA DE PROCESOS	**37.18**	**37.18**	
Granulación de escorias			Sistema en circuito cerrado con torres de enfriamiento
Agua fresca + agua recirculada	29.18		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en escorias
Evaporación y purgas		1.46	5% del caudal en circuito abierto
Escorias		0.08	1000 TPD, 12% de humedad
Efluente básico		27.64	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**29.18**	**29.18**	
Fundición Cobre y Plomo			Agua en contacto con productos y sub productos de cobre y plomo
Agua fresca + agua recirculada	2.00		Reposición por evaporación, purgas y efluentes
Evaporación y purgas		0.10	5% del caudal en circuito abierto
Efluentes ácidos		1.90	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**2.00**	**2.00**	
Refinería de Zinc			Agua en contacto con procesos de lixiviación, purificación y separación de sólidos
Agua fresca + agua recirculada	2.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.10	5% del caudal en circuito abierto
Efluentes ácidos		1.86	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Ferritas		0.04	133 TPD, 40% de humedad
Sub total	**2.00**	**2.00**	
Pérdidas			
Agua fresca + agua recirculada	4.00	4.00	Rebose por falta de sistemas de enfriamiento y protección del sistema de agua
Sub total	**4.00**	**4.00**	
AGUA DE ENFRIAMIENTO	**18.02**	**18.02**	
Planta Ácido de Zinc			Planta repotenciada en el año 2006
Agua fresca	9.02		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.27	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.50	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Recirculación sin enfriamiento		8.25	
Sub total	**9.02**	**9.02**	
Enfriamiento Refinería Zinc/Casa de Fuerza/Fundición Cu y Pb			Proyecto propuesto para optimizar las fuentes de captación de agua
Agua fresca	9.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.27	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.00	
Recirculación sin enfriamiento		8.73	Agua recirculada
Sub total	**9.00**	**9.00**	
SANITARIOS	**1.10**	**1.10**	
Servicios higiénicos, duchas y vestuarios	1.10	1.10	Efluente de Sanitarios
Sub total	**1.10**	**1.10**	
TOTAL AGUA (m^3/min)	**56.30**	**56.30**	
TOTAL AGUA FRESCA (m^3/min)	**39.32**	**39.32**	Efluente final al Río Mantaro: **36.98 m^3/min** Evaporación total por los sistemas de enfriamiento: **2.22 m^3/min** Humedad en Escorias: **0.08 m^3/min** Humedad en Ferritas: **0.04 m^3/min**

8.3. Diagrama del balance de aguas a Enero del 2006 (m^3/min)

DIAGRAMA N° 8.3: BALANCE DE AGUAS A ENERO DEL 2006

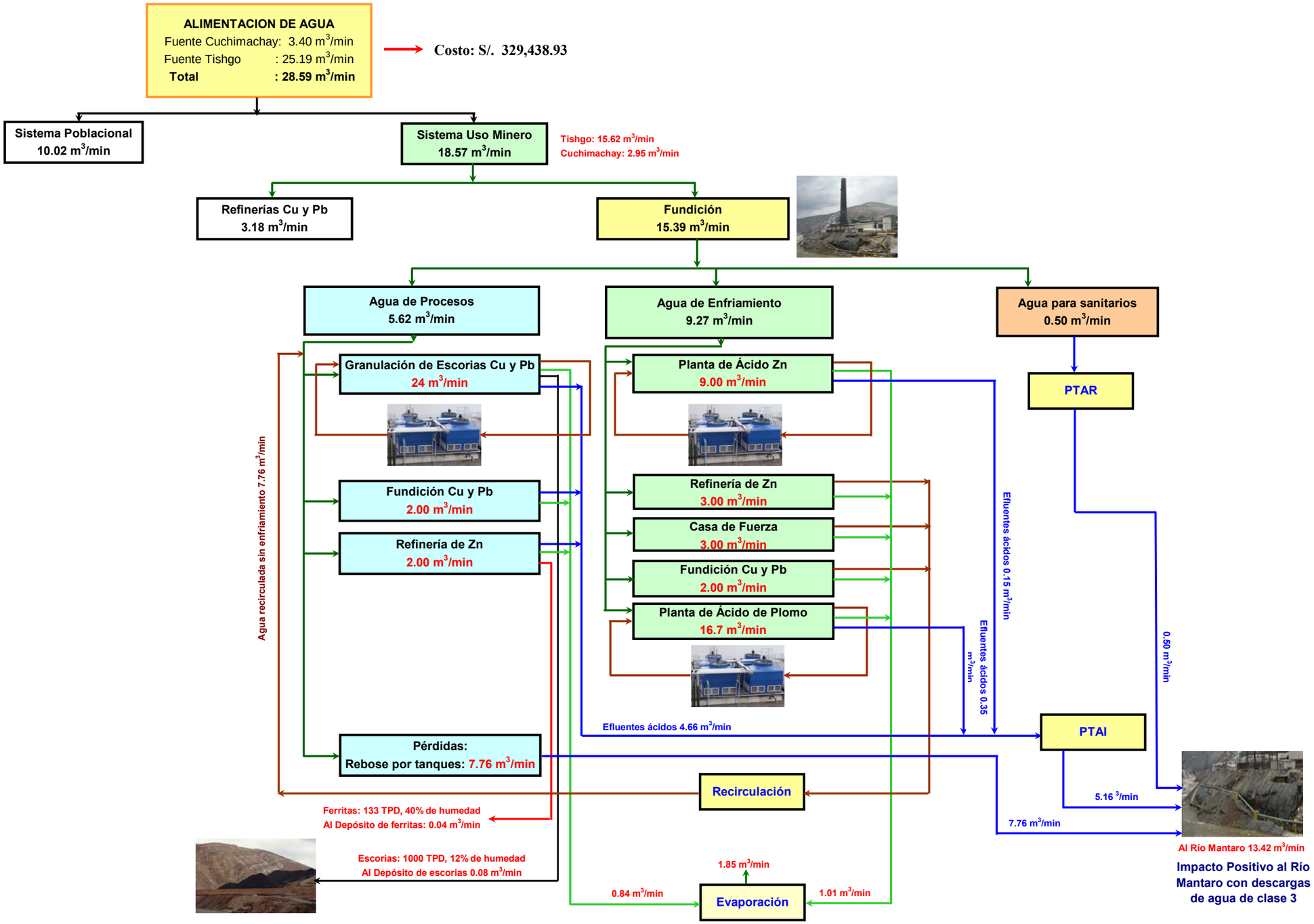


CUADRO N° 8.3: BALANCE DE AGUAS A ENERO DEL 2006

SISTEMA/PROCESO	INGRESOS (m^3/min)	SALIDAS (m^3/min)	OBSERVACIONES
AGUA DE PROCESOS	**22.21**	**22.21**	
Granulación de escorias			Sistema en circuito cerrado con torres de enfriamiento
Agua fresca + agua recirculada	18.21		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en escorias
Evaporación y purgas		0.91	5% del caudal en circuito abierto
Escorias		0.08	1000 TPD, 12% de humedad
Efluente básico		17.22	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**18.21**	**18.21**	
Fundición Cobre y Plomo			Agua en contacto con productos y sub productos de cobre y plomo
Agua fresca + agua recirculada	2.00		Reposición por evaporación, purgas y efluentes
Evaporación y purgas		0.10	5% del caudal en circuito abierto
Efluentes ácidos		1.90	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Sub total	**2.00**	**2.00**	
Refinería de Zinc			Agua en contacto con procesos de lixiviación, purificación y separación de sólidos
Agua fresca + agua recirculada	2.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.10	5% del caudal en circuito abierto
Efluentes ácidos		1.86	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Ferritas		0.04	133 TPD, 40% de humedad
Sub total	**2.00**	**2.00**	
AGUA DE ENFRIAMIENTO	**13.00**	**13.00**	
Planta Ácido de Zinc			Planta repotenciada en el año 2006
Agua fresca	4.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.12	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.50	Mediciones y controles, Monitoreo Ambiental
Recirculación sin enfriamiento		3.38	
Sub total	**4.00**	**4.00**	
Enfriamiento Refinería Zinc/Casa de Fuerza/Fundición Cu y Pb			Proyecto propuesto para optimizar las fuentes de captación de agua
Agua fresca	9.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.27	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.00	
Recirculación sin enfriamiento		8.73	Agua recirculada
Sub total	**9.00**	**9.00**	
SANITARIOS	**1.10**	**1.10**	
Servicios higiénicos, duchas y vestuarios	1.10	1.10	Efluente de Sanitarios
Sub total	**1.10**	**1.10**	
TOTAL AGUA (m^3/min)	**36.31**	**36.31**	
TOTAL AGUA FRESCA (m^3/min)	**24.20**	**24.20**	Efluente final al Río Mantaro: **22.58 m^3/min** Evaporación total por los sistemas de enfriamiento: **1.50 m^3/min** Humedad en Escorias: **0.08 m^3/min** Humedad en Ferritas: **0.04 m^3/min**

8.4. Diagrama del balance de aguas a Diciembre del 2009 (m^3/min)

DIAGRAMA N° 8.4: BALANCE DE AGUAS A DICIEMBRE DEL 2009



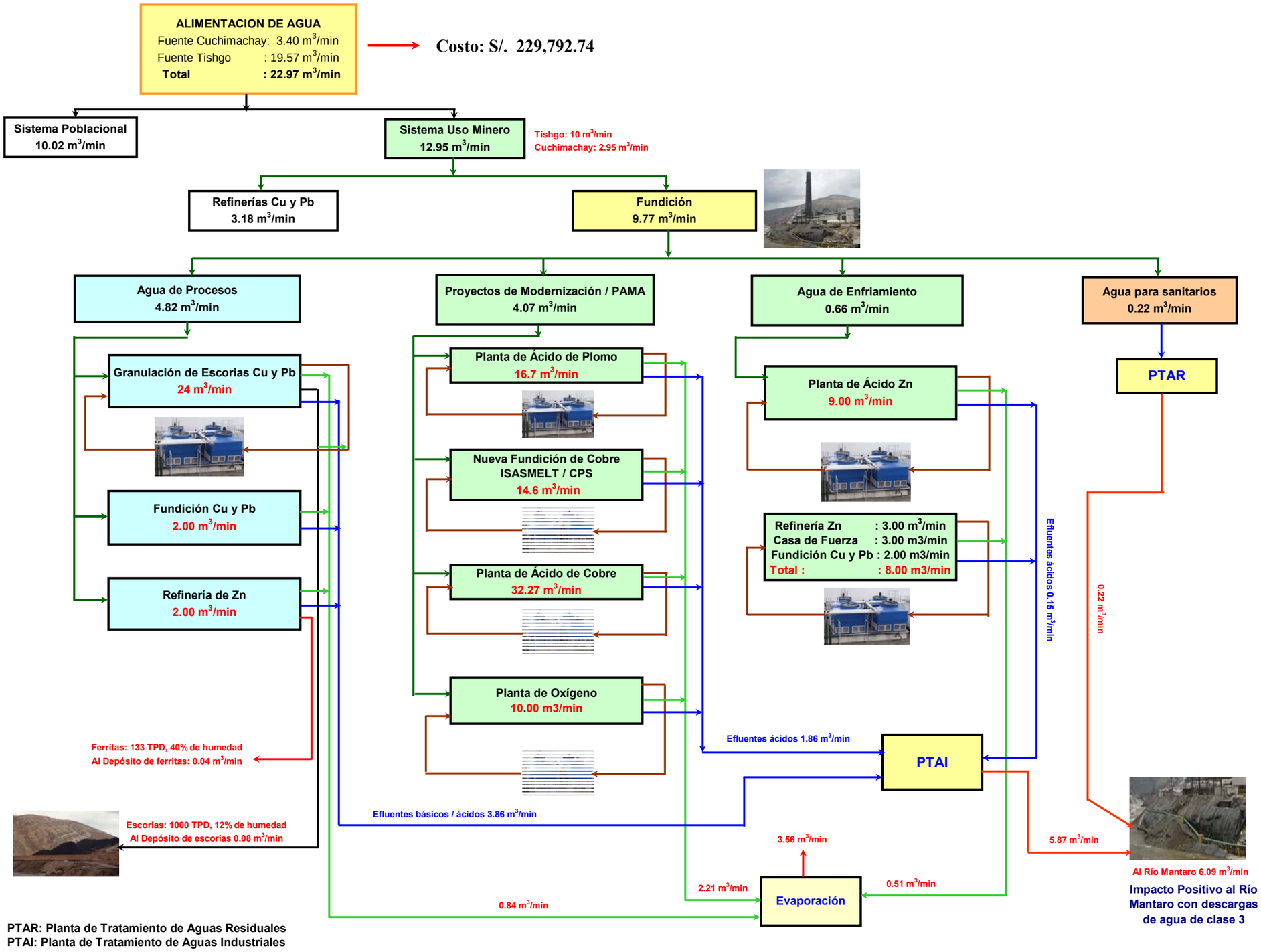
PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTAI: Planta de Tratamiento de Aguas Industriales

CUADRO N° 8.4: BALANCE DE AGUAS A DICIEMBRE DEL 2009

SISTEMA/PROCESO	INGRESOS (m^3/min)	SALIDAS (m^3/min)	OBSERVACIONES
AGUA DE PROCESOS	**13.38**	**13.38**	
Granulación de escorias			Sistema en circuito cerrado con torres de enfriamiento
Agua fresca	1.62		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en escorias
Evaporación y purgas		0.72	3% del caudal en circuito cerrado
Escorias		0.08	1000 TPD, 12% de humedad
Efluente básico		0.82	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**1.62**	**1.62**	
Fundición Cobre y Plomo			Agua en contacto con productos y sub productos de cobre y plomo
Agua fresca	2.00		Reposición por evaporación, purgas y efluentes
Evaporación y purgas		0.06	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		1.94	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**2.00**	**2.00**	
Refinería de Zinc			Agua en contacto con procesos de lixiviación, purificación y separación de sólidos
Agua fresca	2.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.06	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		1.90	Mediciones y controles de la PTAI
Ferritas		0.04	133 TPD, 40% de humedad
Sub total	**2.00**	**2.00**	
Pérdidas			
Sistema de recirculación sin enfriamiento	7.76	7.76	Rebose por falta de sistemas de recirculación y protección del sistema de agua
Sub total	**7.76**	**7.76**	
AGUA DE ENFRIAMIENTO	**9.27**	**9.27**	
Planta Ácido de Zinc			Planta repotenciada en el año 2006
Agua fresca	0.42		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.27	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.15	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**0.42**	**0.42**	
Enfriamiento Refinería Zinc/Casa de Fuerza/Fundición Cu y Pb			Proyecto propuesto para optimizar las fuentes de captación de agua
Agua fresca	8.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.24	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.00	Estimación según sistemas de enfriamiento similares
Sistema de recirculación sin enfriamiento		7.76	Agua recirculada
Sub total	**8.00**	**8.00**	
Planta Ácido de Plomo			Puesta en servicio en Octubre del 2008
Agua fresca	0.85		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.50	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.35	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**0.85**	**0.85**	
SANITARIOS	**0.50**	**0.50**	
Servicios higiénicos, duchas y vestuarios	0.50	0.50	Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Sub total	**0.50**	**0.50**	
TOTAL AGUA (m^3/min)	**23.15**	**23.15**	
TOTAL AGUA FRESCA (m^3/min)	**15.39**	**15.39**	Efluente final de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales: **5.16 m^3/min** Efluente final de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: **0.50 m^3/min** Pérdidas por rebose en tanques: **7.76 m3/min** Evaporación total por los sistemas de enfriamiento: **1.85 m^3/min** Humedad en Escorias: **0.08 m^3/min** Humedad en Ferritas: **0.04 m^3/min**

8.5. Diagrama del balance de aguas a Diciembre del 2012, con Proyectos de Modernización (m^3/min)

DIAGRAMA N° 8.5: BALANCE DE AGUAS A DICIEMBRE DEL 2012



PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
PTAI: Planta de Tratamiento de Aguas Industriales

CUADRO N° 8.5: BALANCE DE AGUAS A DICIEMBRE DEL 2012

SISTEMA/PROCESO	INGRESOS (m^3/min)	SALIDAS (m^3/min)	OBSERVACIONES
AGUA DE PROCESOS	**4.82**	**4.82**	
Granulación de escorias			Sistema en circuito cerrado con torres de enfriamiento
Agua fresca	0.82		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en escorias
Evaporación y purgas		0.72	3% del caudal en circuito cerrado
Escorias		0.08	1000 TPD, 12% de humedad
Efluente básico		0.02	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**0.82**	**0.82**	
Fundición Cobre y Plomo			Agua en contacto con productos y sub productos de cobre y plomo
Agua fresca	2.00		Reposición por evaporación, purgas y efluentes
Evaporación y purgas		0.06	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		1.94	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**2.00**	**2.00**	
Refinería de Zinc			Agua en contacto con procesos de lixiviación, purificación y separación de sólidos
Agua fresca	2.00		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.06	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		1.90	Mediciones y controles de la PTAI
Ferritas		0.04	133 TPD, 40% de humedad
Sub total	**2.00**	**2.00**	
PROYECTOS DE MODERNIZACION / PAMA	**4.07**	**4.07**	
Planta Ácido de Plomo			Puesta en servicio en Octubre del 2008
Agua fresca	0.85		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.50	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.35	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**0.85**	**0.85**	
Nueva Fundición de Cobre ISASMELT			Nueva fecha para la puesta en servicio: Agosto 2012
Agua fresca	1.04		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.44	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.60	Ingeniería de Detalle - COPRIM
Sub total	**1.04**	**1.04**	
Planta Ácido de Cobre			Nueva fecha de puesta en servicio: Agosto 2012
Agua fresca	1.77		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.97	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.80	Ingeniería de Detalle - AKER KVAERNER - FLECK
Sub total	**1.77**	**1.77**	
Planta de Oxígeno			Proyecto propuesto para optimizar las fuentes de captación de agua
Agua fresca	0.41		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.30	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes básicos		0.11	Estimación según sistemas de enfriamiento similares
Sub total	**0.41**	**0.41**	
AGUA DE ENFRIAMIENTO	**0.66**	**0.66**	
Planta Ácido de Zinc			Planta repotenciada en el año 2006
Agua fresca	0.40		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.27	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes ácidos		0.13	Mediciones y controles de la PTAI
Sub total	**0.40**	**0.40**	
Enfriamiento Refinería Zinc/Casa de Fuerza/Fundición Cu y Pb			Proyecto propuesto para optimizar las fuentes de captación de agua
Agua fresca	0.26		Reposición por evaporación, purgas, efluentes y humedad en ferritas
Evaporación y purgas		0.24	3% del caudal en circuito cerrado
Efluentes básicos		0.02	Estimación según sistemas de enfriamiento similares
Sub total	**0.26**	**0.26**	
SANITARIOS	**0.22**	**0.22**	
Servicios higiénicos, duchas y vestuarios	0.22	0.22	Efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Sub total	**0.22**	**0.22**	
TOTAL AGUA FRESCA (m^3/min)	**9.77**	**9.77**	Efluente final de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales: **5.87 m^3/min** Efluente final de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: **0.22 m^3/min** Evaporación total por los sistemas de enfriamiento: **3.56 m^3/min** Humedad en Escorias: **0.08 m^3/min** Humedad en Ferritas: **0.04 m^3/min**

IX. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PROGRESIVA DE PROYECTOS

9.1. Proyectos operacionales

La implementación progresiva de estos proyectos a un mínimo costo, tiene como objetivo reducir los efluentes, eliminar la captación de agua de la fuente del río Mantaro, reducir el caudal de captación del río Tishgo y consecuentemente reducir los costos por derecho de consumo del agua para el uso minero.

La captación del agua del río Mantaro también significaba altos costos de mantenimiento, debido a su baja calidad (alto contenido de sólidos, turbidez alta, dureza mayor de 400 ppm $CaCO_3$) con la severa consecuencia en el desgaste prematuro de sistemas de tuberías, accesorios y equipos.

9.1.1. Recirculación de aguas de refrigeración en las fundiciones de cobre y plomo

En el año 2005 se inicia un programa agresivo de uso racional de agua en los diferentes procesos de la Fundición, con el objetivo de reducir, monitorear y controlar los caudales de los efluentes hacia el río Mantaro. En tal sentido, se implementó un primer sistema elemental de recirculación de aguas.

El principio se basó en el aprovechamiento de las aguas de enfriamiento de Casa de Fuerza y Fundiciones de cobre y plomo para reutilizarlo en las aguas de procesos, y consecuentemente lograr la reducción sustancial del caudal de captación de la fuente del río Mantaro.

El proyecto consistió en la colección de las aguas de enfriamiento (que anteriormente se emitía directamente al río Mantaro) e interconexión al sistema de bombeo existente de aguas de procesos. Ver **Plano N° T-011-09** (Sección Planos).

9.1.2. Recirculación de aguas de refrigeración en la refinería de zinc

En la refinería de zinc, también existe la demanda de agua de enfriamiento para refrigeración de compresoras, rectificadores de corriente y planta de ácido. Este flujo importante también se interconectó al sistema de agua de procesos, gracias al resultado exitoso del caso anterior. Ver **Plano N° T-011-09**.

El logro sustancial entre ambos casos, se resume en la reducción del caudal de agua fresca en la Fundición, de 72.20 m^3/min a 24.20 m^3/min, disminución de efluentes de 69.11 m^3/min a 22.58 m^3/min, así como la reducción de costos por derecho de consumo de aguas de S/. 242,226.00 a S/. 9,612.17 (Ahorro anual: S/. 232,614).

Estos resultados se sustentan en la obtención de la nueva Resolución Administrativa N° 088-2006-INRENA-IRH-ATDRM (Ver **Apéndices N° 4 y 5**), que reduce el caudal autorizado del río Mantaro de 1000 l/s a 10 l/s.

9.2. Proyectos PAMA

9.2.1. Operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales

El objetivo de la planta es el tratamiento de efluentes líquidos generados en el Complejo Metalúrgico de La Oroya, para cumplir con las disposiciones legales vigentes sobre efluentes líquidos de la actividad minero-metalúrgica (Resolución Ministerial Nº 011-96- EM/VMM).
La capacidad de la planta es de 7.67 m^3/min.
El efluente final de la planta es el resultado del uso eficiente y óptimo de las aguas frescas.

En la planta de tratamiento se lleva a cabo una secuencia de operaciones y procesos destinados al encuadramiento de los efluentes industriales a los padrones legales de emisión, conforme a lo ilustrado en el diagrama simplificado de flujo del proceso. Ver **Diagrama Nº 9.1**.
Los componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales, son los siguientes:

- **PRE TRATAMIENTO Y ECUALIZACIÓN**

Aguas Ácidas
El valor de pH de las aguas ácidas, es de 1,70 aproximadamente. Esto indica un gran potencial de agresividad. La concepción del proyecto es elevar el pH a 7,0 mediante la dosificación de suspensión de cal hidratada, utilizándose el tanque de ecualización como tanque de pre-neutralización, ya que el proceso de elevación del pH con la cal (Ca (OH_2) es lento (de 30 a 45 min).

Aguas del Proceso, Escoria y Aguas de Lluvias
Los pre-tratamientos se aplicarán a los grupos de efluentes líquidos serán de un solo tipo. Se someterá a la desarenación (en el desarenador de placas) para retirar las de partículas discretas de diámetro igual ó mayor de 0,03 mm y, posteriormente acondicionarlos separadamente en los tanques de ecualización para normalizar los flujos que se tratarán.

- **PRECIPITACIÓN DE METALES**

En esta etapa del proceso, todos los efluentes regularizados y provenientes de los 03 tanques de ecualización, se mezclarán en una sola línea de alimentación de los bloques hidráulicos, adonde se efectuará la precipitación de metales.
El proceso de precipitación de metales consiste básicamente en la elevación del pH de la mezcla de contribuciones (valores alrededor de 7,0) hasta valores por encima de 11,0,

con la generación de hidróxidos metálicos insolubles que se precipitan.

- **CÁMARA DE AJUSTE DE pH**
  En esta etapa se recepciona y se eleva el pH de la mezcla de los efluentes industriales, (preajustados en la etapa anterior del proceso alrededor del valor 7,0) hasta valores cercanos a 11,0, este pH se consigue con una dosificación de lechada de cal a través de una canaleta conectada al tanque ecualizador.

- **FLOCULADORES**
  La mezcla de efluentes industriales, cuyo valor de pH ya fuera ajustado a 11,00, se transfiere por gravedad al floculador, a través de una abertura ubicada en la parte superior de la pared divisoria entre las dos cámaras (la cámara de ajuste de pH y la del floculador).

- **CLARIFICACIÓN**
  En este decantador, los flóculos de hidróxidos metálicos ya acondicionados en las etapas anteriores del proceso, se precipitan con la formación de las fases: (1) fase líquida – agua clarificada y (2) fase sólida – lodo precipitado.

- **DESHIDRATACIÓN DEL LODO**
  Los lodos extraídos de los decantadores serán continuamente transferidos para los tanques metálicos de 100 m³ cada uno, instalados en el área de deshidratación de lodo. Estos tanques tienen por finalidad ecualizar los flujos continuados de lodo provenientes de la planta de tratamiento con la discontinuidad operacional del deshidratación que se da mediante el filtro prensa. El ciclo completo del proceso, desde la presurización de las placas mediante el dispositivo hidráulico de la prensa, hasta la descarga final de las tortas dura 90 minutos, como mínimo (1,5 horas). Eventualmente, este tiempo podrá ser más largo si no se produce el desplazamiento total de la masa de lodo desaguado, lo que limitará el tiempo de separación de las placas. En cada ciclo será posible retirar 3,20 t de lodo a 55% de sólidos, lo que corresponde a 2,20 m³ y cuya cantidad (peso y volumen) se podrá reducir, diminuyéndose el número de placas del filtro en operación. Las tortas de lodo se descargan directamente en una tolva, ubicada abajo de cada filtro (por lo tanto, de las unidades) que, a través de un tornillo transportador realiza la descarga de las tortas de lodo en vagones ferroviarios en los cuales se transportarán al área de preparación de camas.

- **SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CAL**

  En el proceso de tratamiento de efluentes, la cal será utilizada para efectuar la corrección y ajuste de pH y será utilizada en la forma de suspensión de $Ca(OH)_2$ producida a partir de cal viva (CaO) pulverizada en polvo. La producción de la suspensión de cal hidratada será efectuada en etapas que se inician con la recepción del producto (cal viva) a granel y que comprende las operaciones sucesivas de: transferencia, almacenamiento, dosificación en seco, extinción y aplicación de la lechada de cal producida durante las etapas del proceso de tratamiento relativas a: pre-neutralización de las aguas ácidas y ajuste del pH para a precipitación de metales.

Ver el arreglo general de la planta de tratamiento de aguas industriales, en el **Plano N^{o} T-014-09.**

- **CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE**

Contribución (grupo)	Caudales (m3/min – m3/h)
▪ Aguas ácidas	1.99 – 119.40
▪ Aguas de proceso y escorias	3.85 – 23.00
▪ Aguas de lluvias	1.43 – 85.8

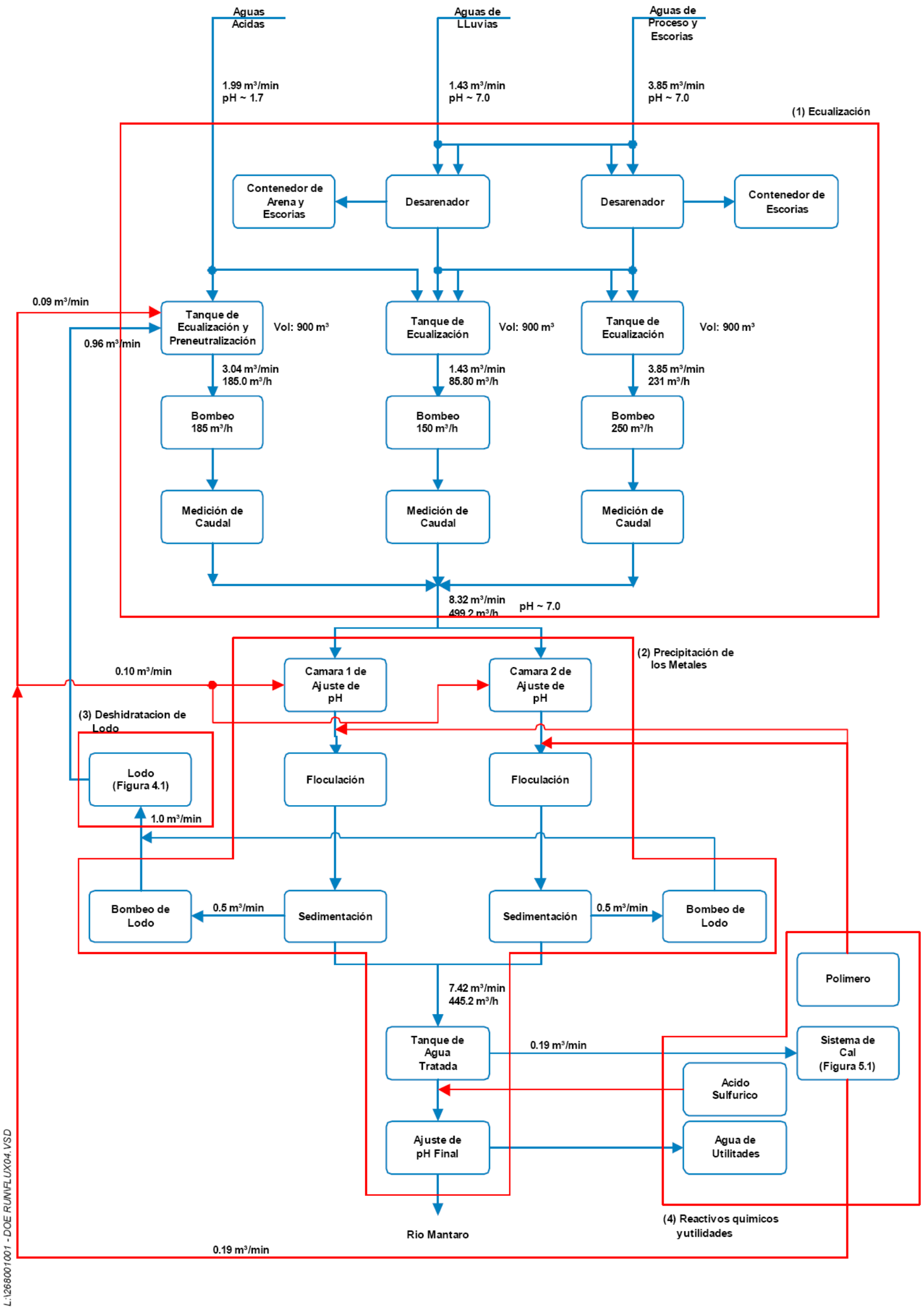
Calidad de agua obtenida:

Las condiciones finales de calidad del efluente tratado, agua clarificada, deben cumplir con la calidad establecida para efluentes minero metalúrgicos según R.M.- 011-96-EM/VMM, y a la evaluación resultante del efecto de dilución en las aguas del río Mantaro según la Ley General de Aguas Clase III.

El acondicionamiento de pH final del efluente tratado será de 8.48.

DIAGRAMA N^{o} 9.1

DIAGRAMA SIMPLIFICADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES



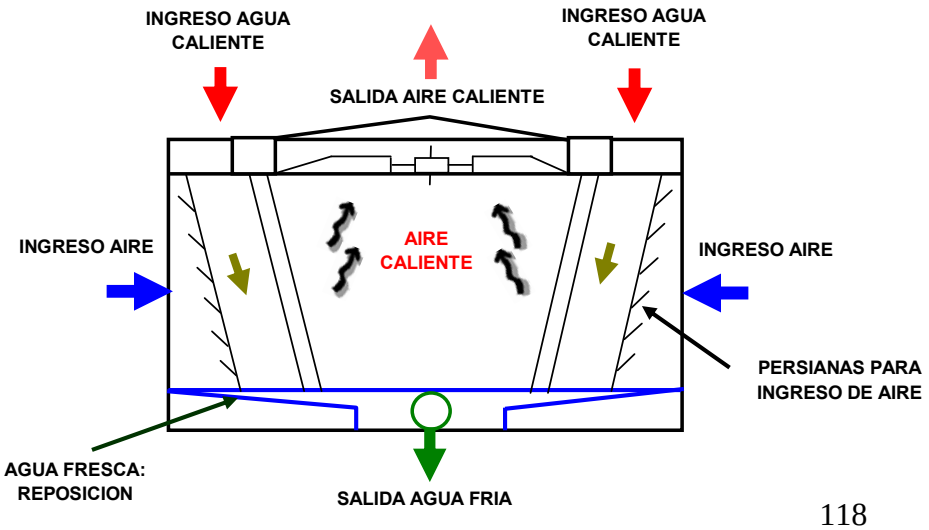
9.2.2. Sistema de enfriamiento de agua para granulación de escorias

El sistema de granulación de escorias de cobre y plomo consistía en suministrar agua fría de río Mantaro al tanque de recirculación y por rebose botar al drenaje el agua caliente hasta lograr un equilibrio de aproximadamente 45ºC. Esta operación se realizaba en forma manual monitoreando la temperatura.
Con el objetivo de disminuir el consumo de agua de río, este proyecto consistió en mejorar el sistema de enfriamiento de aguas de la planta de manejo de escorias, derivando el agua proveniente del tanque de Lamella hacia una torre de enfriamiento y descargarla al tanque de recirculación para mantener la temperatura de 45 ºC.
Los parámetros de operación considerados para el diseño del sistema fueron los siguientes:

Temperatura máxima de retorno del agua = 60 º C
Caudal máximo = 24 m^3/min.
Temperatura máxima en el tanque de recirculación = 45 º C

Dado que el rebose del tanque Lamella se encuentra a 11.3m de altura, el sistema ha sido diseñado aprovechando las diferencias de altura, por lo que no se necesitaba sistemas de bombeo para la circulación del agua, y está compuesto por 1 torre de enfriamiento marca BALTIMORE AIRCOIL con 2 celdas con bandejas interconectadas y 2 ventiladores; un sistema de filtrado del agua de reposición proveniente del río Tishgo, un sistema de tratamiento del agua y un sistema de control básico.

El logro sustancial, se resume en la reducción del caudal de agua fresca en la Fundición, de 24.20 m^3/min a 15.39 m^3/min, disminución de efluentes de 22.58 m^3/min a 13.42 m^3/min, debiendo significar una reducción de costos por derecho de consumo de aguas de S/. 401,788.82 a S/. 250,236.90 (Ahorro anual: S/. 151,552).



9.3. Proyectos de Modernización

Los Proyectos de Modernización y Proyectos PAMA demandan de agua principalmente para los sistemas de enfriamiento. Para satisfacer esta demanda, necesariamente tienen que implementarse sistemas de enfriamiento en circuito cerrado, caso contrario las fuentes existentes en La Oroya y su entorno no serían las suficientes aún con altísimos costos por el derecho de consumo y consecuencias sociales por el uso inadecuado de este líquido elemento.

9.3.1. Demanda general de agua industrial

Las características de la demanda general de agua para los Proyectos de Modernización y Proyectos PAMA estimados para el año 2012, se muestra en el **Cuadro N^{o} 9.1.**

Como puede apreciarse, la demanda general de agua industrial es de 81.54 m^3/min (4,892.4 m^3/h), mientras que la demanda de agua fresca y blanda para fines de reposición es de 4.73 m^3/min (284 m^3/h).

Sin embargo, la planta de ablandamiento de agua se diseñó para una capacidad de 8.33 m^3/min (500 m^3/h), a fin de prever en el futuro, la optimización general en el uso de aguas industriales en el Complejo Metalúrgico de La Oroya.

CUADRO N° 9.1

DEMANDA GENERAL DE AGUA INDUSTRIAL VS. DEMANDA DE AGUA FRESCA

PROYECTO	CAUDAL (m^3/min)	TEMPERATURA INGRESO (°C)	TEMPERATURA SALIDA (°C)	EVAPORACION (*): (1) (m^3/min)	ARRASTRE (*): (2) (m^3/min)	PURGAS (*): (3) (m^3/min)	REPOSICION (*): 1+2+3 (m^3/min)	OBSERVACIONES
Planta de Ácido de Plomo	16.67	15	32	0.52	0.48	0.05	1.05	Puesta en servicio: Octubre del 2008
Nueva Fundición de Cobre ISASMELT	8.80	20	30	0.16	0.26	0.02	0.43	Puesta en servicio: Agosto 2012
Planta de Convertidoras Pierre Smith	5.80	20	30	0.11	0.17	0.01	0.28	Puesta en servicio: Agosto 2012
Planta de Ácido de Cobre	32.27	21	37	0.94	0.94	0.09	1.97	Puesta en servicio: Agosto 2012
Planta de Oxígeno	10.00	15	30	0.27	0.29	0.03	0.59	Puesta en servicio: Agosto 2012
Refinería de Zinc	3.00	15	25	0.05	0.09	0.01	0.15	Puesta en servicio: Agosto 2012
Casa de Fuerza	3.00	15	25	0.05	0.09	0.01	0.15	Puesta en servicio: Agosto 2012
Fundición de Cobre y Plomo	2.00	15	25	0.04	0.06	0.00	0.10	Puesta en servicio: Agosto 2012
TOTAL	81.54			2.14	2.37	0.21	4.73	

(*): Agua fresca para reponer la evaporación, purgas y arrastres: suministrada por la planta de ablandamiento de aguade 8.33 m^3/min (500 m^3/h) de capacidad

1. Consumo de agua por evaporació **(M^3/día) =** $gpm \times \Delta T \times horas \times 0{,}00023$ ***(ΔT en °F)***

2. Consumo de agua por arrastre: **(M^3/día)** $= gpm \times 0{,}00011$

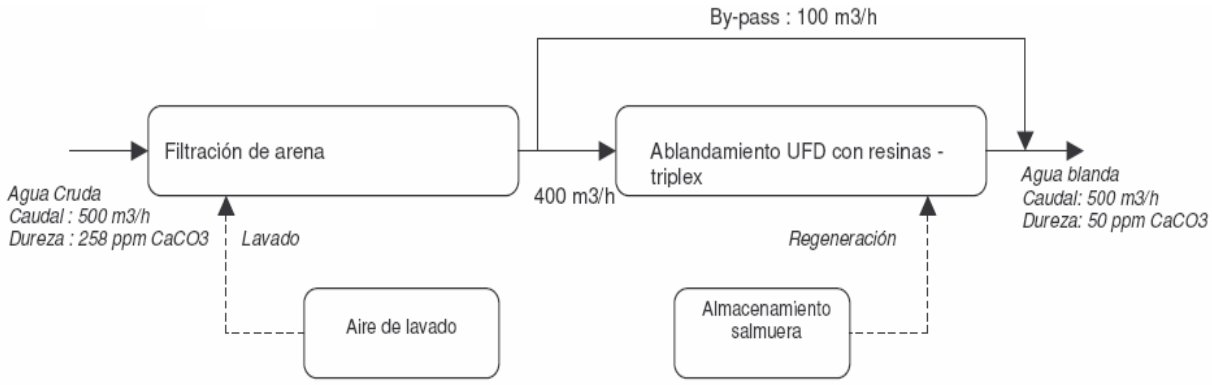
3. Consumo de agua por purgas: ***10% del agua de evaporación, considerando la calidad de agua blanda***

9.3.2. Planta de Ablandamiento de Agua

La planta de ablandamiento de agua tiene como objetivo filtrar y ablandar el agua dura (Tishgo), para ser utilizada como agua de reposición debido a la evaporación y purgas de los sistemas de enfriamiento en circuito cerrado.

La capacidad de diseño de esta planta es de 500 m^3/h tal como se explica en el punto 9.3.1. La dureza del agua blanda no debe exceder las 50 ppm como $CaCO_3$ a fin de evitar el deterioro de los equipos de refrigeración y mantener correctamente los parámetros de operación en los diferentes procesos industriales. Asimismo, este valor de dureza es exigido por los fabricantes de equipos de refrigeración (intercambiadores, torres de enfriamiento, condensadores, etc.) para garantizar su calidad y ciclo de vida.

El sistema de ablandamiento de agua, está compuesta por las etapas de alimentación de agua dura, filtración y ablandamiento, tal como se muestra en el diagrama siguiente:



Alimentación de agua dura:

El suministro de agua cruda proviene del sistema de agua de Tishgo a través de una red por gravedad a una presión promedio de 60 psig.

Una válvula de regulación controlada por un flujómetro asegura el caudal de alimentación del tren de filtración.

Del estudio de caracterización de la fuente de agua de Tishgo detallada en el capítulo VII (7.5), la caracterización básica del agua dura es la siguiente:

AGUA CRUDA

Caudal de tratamiento requerido	: 500 m3/h
Calidad del agua cruda (ppm CaCO3)	
Calcio	: 165
Magnesio	: 91,7
Sodio	: 1,04
Σ Cationes	: 257,74
Carbonato	: 12,85
Bicarbonato	: 120,3
Sulfato	: 99,42
Cloruro	: 8,53
Nitrato	: 0,68
Σ Aniones	: 241,78
Otros parámetros:	
PH	: 8,25
Sólidos disueltos totales	: 360 mg/L
Sólidos suspendidos	: 3,0 mg/L
Fierro	: 0,27 mg /L
Sílice	: 1,45 mg/L
Temperatura	: 12 à 18°C

Filtración de arena:

La filtración elimina las materias sólidas en suspensión contenidas en el agua fuente. Estas materias sólidas provocan una obstrucción progresiva de los intersticios entre elementos de la materia filtrante que provocan el atascamiento del filtro y aumentan progresivamente la pérdida de carga.

Antes de cualquier entrada de atascamiento, se procede a un lavado de la masa filtrante.

El funcionamiento de los filtros de arena bajo presión, aceptan un funcionamiento completamente automatizado.
Estos filtros están cargados con una película filtrante única soportada por un suelo metálico en el que se adaptan las boquillas.

El lavado se garantiza por retorno de agua filtrada procedente de los filtros en servicio y por inyección de aire comprimido.
Esta técnica del "lavado con aire y agua" :

- Permite una excelente limpieza del filtro y reduce los riesgos de taponamiento en profundidad de la masa filtrante,
- Reduce la duración del lavado (alrededor de 30 minutos),

- Suprime la necesidad de un depósito de agua de lavado y la instalación de una bomba de lavado (costosos en ingeniería civil).

Estos filtros tienen las siguientes ventajas:

- Sencillez de maniobra,
- Total seguridad de funcionamiento,
- Bajo flujo instantáneo del agua de lavado,
- Consumo de agua de lavado reducido (economía de agua tratada)

Los equipos necesarios para asegurar el tratamiento son:

- 3 filtros horizontales de diámetro 2200 mm y de 9500 mm de longitud cilíndrica.
- Superficie de filtración: 20 m^2 por filtro, o sea un total de 60 m^2.
- Velocidad de filtración: 8,3 m/h.

Los parámetros de operación para esta etapa son los siguientes:

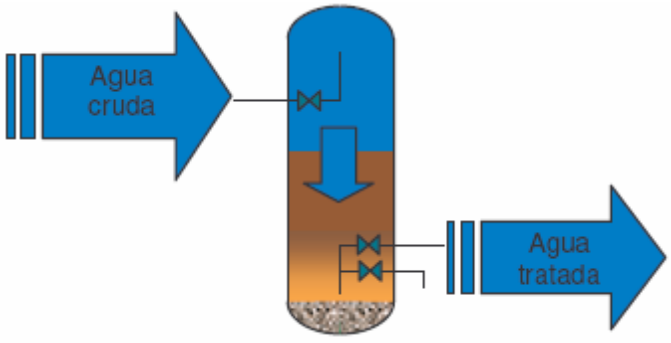
Caudal para 3 filtros	: 500 m^3/h
Duración de un lavado (promedio)	: 35 minutos por equipo
Volumen de desagüe por lavado	: ± 102 m^3
Ciclo de producción por filtro	: 16,000 m^3 (4 días) *

(*) El ciclo de producción puede variar de acuerdo a la cantidad de sólidos suspendidos en el agua dura

Ablandamiento con resinas:

Para cumplir con los requisitos de calidad del agua tratada (Dureza < 50 ppm $CaCO_3$) es suficiente ablandar parcialmente el caudal de agua filtrada (400 m^3/h).

El ablandamiento del agua se realiza mediante el proceso de intercambio iónico. Los ablandadores tienen un lecho de resina catiónica, por donde pasa el agua dura. El agua dura atraviesa este lecho de resina, donde los iones de sodio se intercambian con los iones de calcio y de magnesio (la cal del agua). Resultado: el agua que sale de los tanques es agua blanda.



Para tal efecto los ablandadores tienen una carga de las siguientes características:

- **Resina de ablandamiento:**

Tipo de resina	: Catiónica AMBERJET 1200 Na (*)
Proveedor	: ROHM & HAAS
Volumen de resina (por equipo)	: 8,050 litros

(*): La Hoja Técnica de esta resina se adjunta el Apéndice N^{o} 9.

- **Capa soporte inferior:**

Tipo	: Grava
Cantidad	: 550 Kg

- **Capa soporte superior:**

Tipo	: Resina inerte Lacqtene 1070 MN18C
Cantidad	: 1,677 litros

Los equipos necesarios parar asegurar el tratamiento son:

- 3 intercambiadores catiónicos tipo UFD (Regeneración contra corriente) de diámetro 2500 mm,
- Volumen de resina de 8050 litros por equipo.

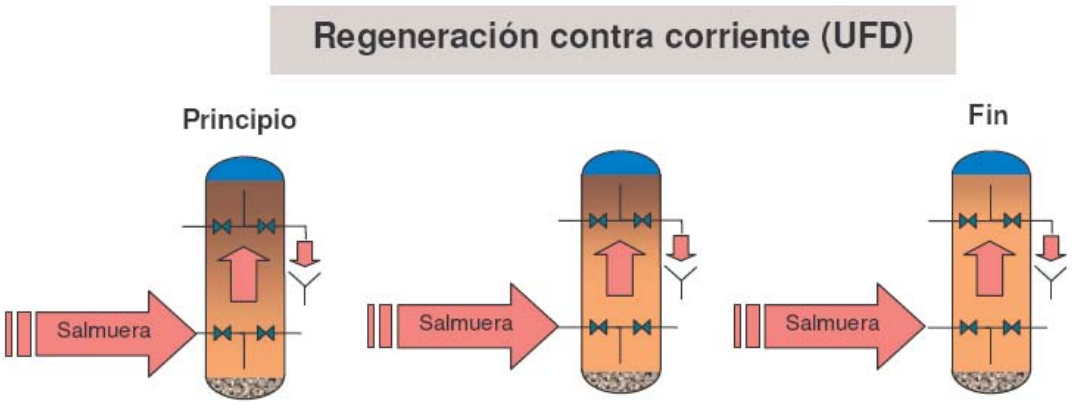
Los parámetros de operación para esta etapa son los siguientes:

Caudal para 2 ablandadores (El tercero en espera)	: 400 m^3/h
Caudal adicional máximo para la regeneración	: 100 m^3/h
Duración de una regeneración	: 72 minutos
Volumen de desagüe por regeneración	: ± 53 m^3
Ciclo de producción neto por unidad	: 1,600 m^3

Regeneración de resinas:

Cuando se completa el ciclo de ablandamiento, las resinas se saturan con iones de calcio y magnesio, éstas pasan por un proceso de regeneración para su intercambio con iones de sodio, a través del proceso de inyección de salmuera, quedando nuevamente expeditas para el proceso de ablandamiento del agua dura.

La técnica de regeneración es la de contra-corriente con inyección de salmuera al 20% de concentración; y considerando una batería de 3 ablandadores (2 equipos en funcionamiento, el tercero en espera o en regeneración).



El consumo de cloruro de sodio (sal industrial) se muestra en el cuadro siguiente:

	Por regeneración	**Por m3 producido**
NaCl al 100%	805 Kg	0.4 Kg
Volumen del desagüe	53 m^3	0,26 m^3

La caracterización del agua blanda o tratada (salida) es la siguiente:

Caudal del agua tratada : 500 m3/h
Dureza del agua tratada : < 50 ppm $CaCO_3$

La calidad del agua tratada está monitoreada mediante la instalación de un equipo de medición de dureza en línea.

9.3.2.1. Flujo

La capacidad de la planta de ablandamiento es de 8.33 m^3/min (500 m^3/hora). Este flujo está sobredimensionado con respecto a la demanda actual, con el fin de preveer la optimización general en el consumo de aguas de refrigeración requeridas en las operaciones, los Proyectos PAMA y Proyectos de Modernización.

9.3.2.2. Caracterización de efluentes

Etapa de Filtración:

La caracterización del efluente en la etapa de filtración, es el siguiente:

- **Caracterización cuantitativa de los efluentes de lavado:**

  Bajo condiciones de calidad del agua cruda, cada filtro tiene una capacidad de retención de sólidos suspendidos equivalente a 4 días.

  Un ciclo de lavado se compone de las siguientes etapas:

Etapa	Duración	Caudal	Volumen
Compactación	5 minutos	300 m^3/h	25 m^3
Lavado con aire	10 minutos	0 m^3/h	0 m^3
Lavado con agua	10 minutos	300 m^3/h	50 m^3
Enjuague	10 minutos	166 m^3/h	27 m^3
Total	**35 minutos**	**-**	**102 m^3**

- **Caracterización cualitativa de los efluentes de lavado:**

  El agua de lavado tiene las siguientes características:

  Sólidos suspendidos totales : 365 mg/l
  Otros parámetros : Idénticos a los del agua dura

Etapa de Regeneración:

La caracterización del efluente en la etapa de ablandamiento es el siguiente:

- **Caracterización cuantitativa de los efluentes de regeneración:**

  Bajo condiciones de calidad del agua dura, cada ablandador tiene un ciclo de producción de 8 horas.

  Un ciclo de regeneración se compone de las siguientes etapas:

Etapa	Duración	Caudal	Volumen
Compactación	6 minutos	100 m^3/h	10 m^3
Inyección salmuera	20 minutos	34.5 m^3/h	11.5 m^3
Enjuague lento	36 minutos	26.4 m^3/h	16 m^3
Enjuague rápido	10 minutos	100 m^3/h	16 m^3
Total	**72 minutos**	**-**	**53.5 m^3**

- **Caracterización cualitativa de los efluentes de lavado:**

  El agua de lavado tiene las siguientes características:

Calcio	: 1.23 mg/l
Magnesio	: 0.747 mg/l
Cloruro	: 9.77 mg/l
Sodio	: 2.41 mg/l
pH	: 8.25
Otros parámetros	: Idénticos a los del agua filtrada

9.3.2.3. Disposición de residuos

Como puede observarse en la caracterización de los efluentes, tanto en la etapa de filtración como en la etapa de ablandamiento, éstos no representan impacto negativo.

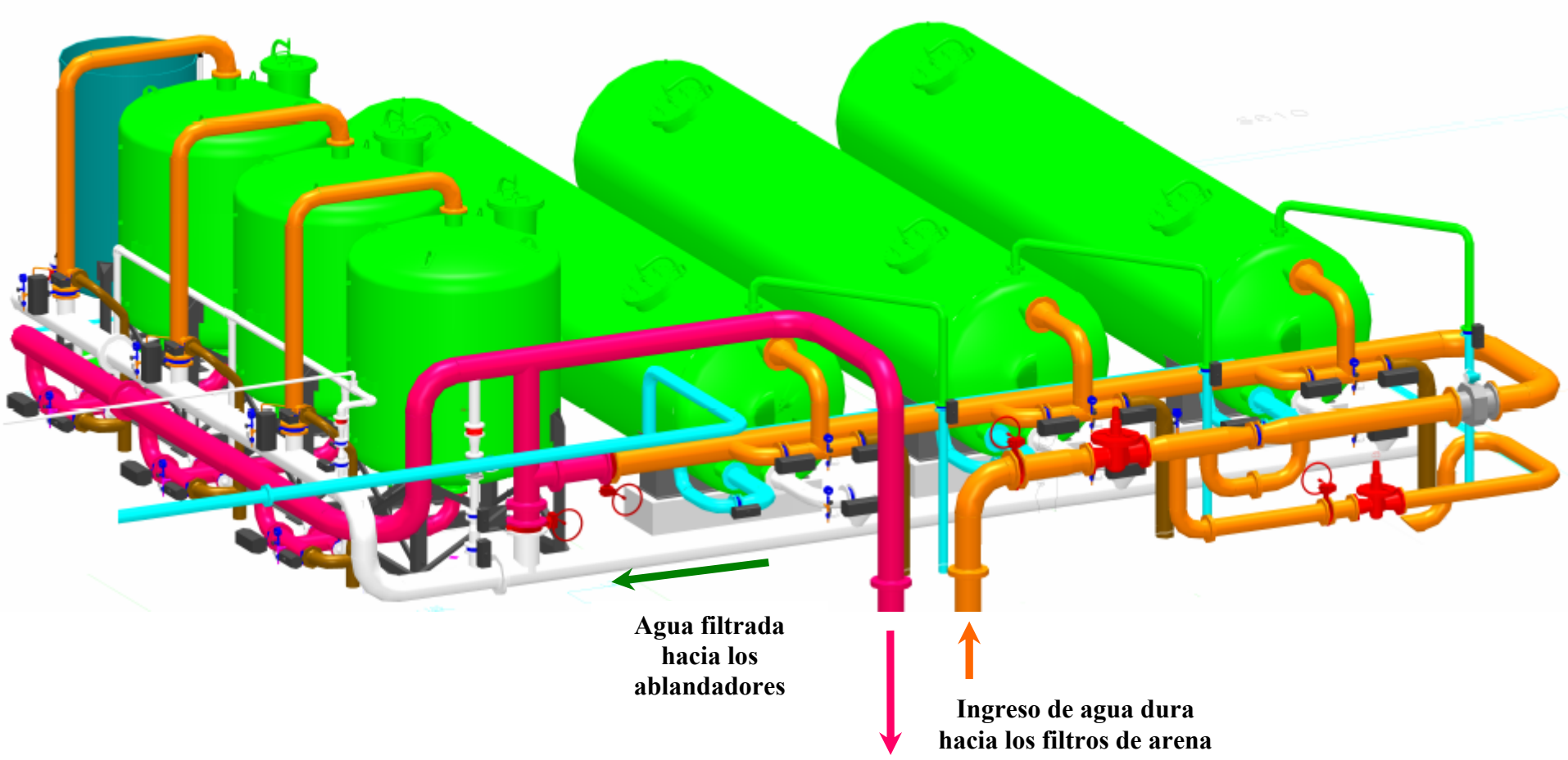
Dichos efluentes, incluidos el Ca y Mg removidos, son enviados a la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales a través del colector de aguas de procesos. Los residuos sólidos generados en ésta planta, son transportados en volquetes hacia la planta de preparación de concentrados, y éstas a su vez son recirculados en los procesos metalúrgicos.

Obsérvese la vista isométrica de la planta de ablandamiento de agua en el **Gráfico N° 9.2.**

El **Plano N° T-012-09** (Sección Planos), muestra el diagrama de proceso de la planta de ablandamiento de agua.

GRAFICO N^{o} 9.2

VISTA ISOMÉTRICA DE LA PLANTA DE ABLANDAMIENTO DE AGUA

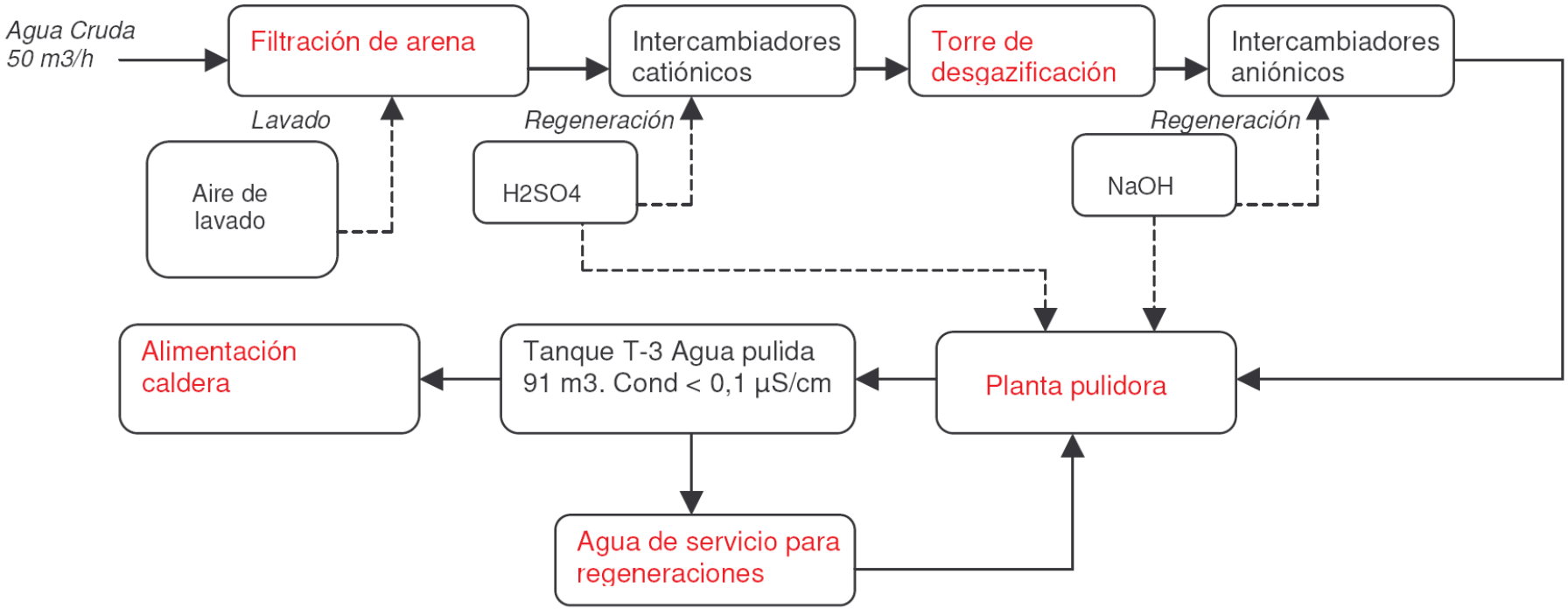


9.3.3. Planta de Agua Pulida para el caldero del horno ISASMELT de la Fundición de Cobre

Este proyecto tiene como fin, el suministro de agua de alta calidad para el caldero Oschatz (72,600 lb/h) de la nueva Fundición de Cobre (Tecnología Australiana ISASMELT), mediante una planta de agua pulida de 50 m^3/h de capacidad. Ver **Diagrama Nº 9.2.**

DIAGRAMA Nº 9.2

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE AGUA PULIDA



9.3.4. Sistemas de enfriamiento de agua

A fin de optimizar los recursos para los sistemas de enfriamiento de agua, se plantea centralizar una batería de torres de enfriamiento cerca de la nueva planta de agua de ablandamiento a fin de tener un sistema confiable, versátil y disponible para las plantas usuarias.

En el **Plano N^{o} T-013-09** (Sección Planos), se muestra el sistema propuesto e implementado en 80%, hasta la fecha.

X. ANÁLISIS ECONÓMICO

10.1. Parámetros del Proyecto

Las premisas para determinar la viabilidad del Proyecto, son las siguientes:

Impuestos	: 30%
Utilidades a compartir	: 8%
Depreciación anual de activos	: 20%
Vida Económica del Proyecto	: 20 Años
Tasa de Interés	: 12%

10.2. Inversión de Capital

Descripción	US $
Ingeniería	250,000
Torres de Enfriamiento (14)	1,500,000
Sistema de bombeo (7 bombas)	600,000
Sistema de tuberías	500,000
Instrumentación y control	500,000
Otros equipos	210,000
Planta de Ablandamiento de Agua	1,000,000
Planta de Tratamiento Químico	330,000
Equipos Eléctricos	920,000
Construcción	2,500,000
Sistema Casa de Fuerza – Ref. Zn	500,000
Contingencias	420,000
Total Inversión (US $)	**9,230,000**

10.3. Análisis Económico

Para el presente análisis económico se ha considerado al año 2003 como año 1 del proyecto a fin de evaluar los resultados de las ejecuciones progresivas planteadas. Como podrá apreciarse desde el 2004 se reflejan beneficios económicos sin haber realizado inversiones significativas. Asimismo, las inversiones mayores se realizaron en los años 2007 y 2008. La implementación total del proyecto deberá culminarse el año 2012.

Los beneficios indicados se refieren a los ahorros por el menor consumo de agua fresca y por menores costos de mantenimiento (labor y repuestos), toda vez que el sistema en general será más limpio y los equipos prolongarán su vida útil.

Las hojas de cálculos de los beneficios económicos se muestran en los **Apéndices N^{o} 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15.**

En el **Cuadro N^{o} 10.1** se muestra la hoja de cálculo del análisis económico.

CUADRO Nº 10.1

ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO: GESTIÓN SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA FUNDICIÓN DEL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA

PREMISA

Inversión Total (US$ 000)	**9 230**	Impuestos	30%
		Participación de Utilidades	8%
Inversión de Capital	9 230	Depreciación Anual:	
Edificios y Construcciones	**0**	Edificios / Construcciones	3%
Vehículos	**0**	Vehículos	20%
Equipos y Maquinaria	**9 230**	Equipos / Maquinaria	20%
Muebles, Computadoras y Software	**0**	Hardware y Software	20%
Estudios, Proyectos, activos fijos	**0**	Estudios, Proyectos y activos fijos	10%
Capital de Trabajo (US$ 000)	**0**	Vida Económica (años)	20

INGRESO BRUTO

	0	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Beneficios		**0**	**495**	**608**	**868**	**971**	**960**	**1 005**	**968**	**988**	**1 309**	**1 330**	**1 352**	**1 374**	**1 398**	**1 422**	**1 446**	**1 471**	**1 497**	**1 524**	**1 552**
Depreciación							-1 846	-1 846	-1 846	-1 846	-1 846										
Valor de salvataje																					2 000
Valor de Libro Neto																					
EBPST		0	495	608	868	971	- 886	- 841	- 878	- 858	- 537	1 330	1 352	1 374	1 398	1 422	1 446	1 471	1 497	1 524	3 552
Participación de Utilidades		0	- 40	- 49	- 69	- 78	71	67	70	69	43	- 106	- 108	- 110	- 112	- 114	- 116	- 118	- 120	- 122	- 284
EBT		0	455	560	799	894	- 815	- 773	- 808	- 790	- 494	1 224	1 244	1 265	1 286	1 308	1 330	1 354	1 378	1 402	3 268
Impuestos		0	- 137 ños		- 240	- 268	245	232	242	237	148	- 367	- 373	- 379	- 386	- 392	- 399	- 406	- 413	- 421	- 980
BENEFICIO NETO		0	319	560	559	625	- 571	- 541	- 566	- 553	- 346	857	871	885	900	915	931	948	964	982	2 287

FLUJO DE CAJA

	0	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
FUENTES DE INGRESO																					
Beneficio Neto		0	319	560	559	625	- 571	- 541	- 566	- 553	- 346	857	871	885	900	915	931	948	964	982	2 287
Depreciación Neta		0	0	0	0	0	1 846	1 846	1 846	1 846	1 846	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor de Salvataje											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Beneficios		0	319	560	559	625	1 275	1 305	1 280	1 293	1 500	857	871	885	900	915	931	948	964	982	2 287
INVERSION																					
Inversión de Capital						-4 615	-4 615														
Inversión de Capital de Trabajo	0																				
Inversión Total	0	0	0	0	0	-4 615	-4 615	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FLUJO DE CAJA	**0**	**0**	**319**	**560**	**559**	**-3 990**	**-3 340**	**1 305**	**1 280**	**1 293**	**1 500**	**857**	**871**	**885**	**900**	**915**	**931**	**948**	**964**	**982**	**2 287**

Indice de Descuento	**12%**
Valor Actual Neto (US$ 000) - VAN	**899**
Tasa Interna de Retorno - TIR	**18.37%**
Retorno de la inversión (años)	**11.33**

Notas:

EBPST : Ganancias antes de participación de utilidades e impuestos

EBT : Ganancias antes de impuestos

Valores en miles de dólares

10.4. Periodo de Retorno de la Inversión

El periodo de retorno del la inversión es de 11.33 años, vale decir, a partir del año 2014 se obtendrán ganancias netas para el proyecto. Como puede apreciarse, las ganancias acumuladas del 2003 al 2006 con mínima inversión, son evidentes y decisivas para las inversiones de los años siguientes.

10.5. Valor Anual Neto

El Valor actual Neto es de ochocientos noventa y nueve mil dólares americanos (US $ 899 000), valor positivo que indica la viabilidad y rentabilidad de la inversión.

10.6. Tasa Interna de Rentabilidad

La Tasa Interna de Rentabilidad es de 18.37%, valor mayor que la tasa de interés del mercado financiero (12%), lo que indica la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. Conclusiones

- La tesis propuesta es viable y rentable por el resultado de sus indicadores económicos: El Valor Actual Neto (VAN) de US $ 899,000, La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) de 18.37% y el periodo de retorno de la inversión de 11.33 años, contados a partir del año 2003.

- Se estima un beneficio económico total solo para el año 2012 de US$ 1,308,955 / año.

- La implementación de los proyectos indicados en la presente Tesis, conlleva a la eliminación de los impactos visuales negativos.

- El caudal de agua autorizado se reduce en aproximadamente un 70%, mientras que el caudal captado disminuye en un 75%.

- Con la gestión sustentable del agua para las operaciones del Complejo Metalúrgico de La Oroya, existirá mayor disponibilidad de agua para usos poblacionales.

- La operación de la Planta de Aguas Industriales genera un impacto positivo sobre el Río Mantaro.

- Las empresas que adopten una gestión responsable del recurso hídrico e implementen las normas ISO 9001:2000 e ISO 14001:2004, garantizarán su sostenibilidad del negocio a largo plazo.

- Los sistemas de gestión de calidad y ambiental, facilitan el desarrollo de los proyectos en sus diferentes etapas.

- La legislación ambiental peruana está evolucionando a partir de una legislación abundante y dispersa hacia un sistema integrado y ordenado que involucra al Ambiente, la sociedad y sectores productivos.

- Es fundamental que el desarrollo de la Legislación Ambiental, se realice con el desarrollo de una educación, conciencia y cultura ambiental.

- Complementar esta propuesta de gestión sustentable del recurso hídrico, con proyectos que incluyan la recirculación de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales (PTAI) y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del Complejo Metalúrgico de La Oroya.

11.2. Recomendaciones

- Promover una Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) en la Provincia de Yauli La Oroya, con participación del Gobierno Central, Gobierno Regional, Gobiernos Locales, Universidades de la Región y Comunidades del entorno.

- Implementar el sistema de recirculación de agua de enfriamiento para las plantas de Fundición de cobre y plomo, casa de fuerza y refinería de zinc, propuestos para el año 2012.

- Implementar el sistema de recirculación de agua en refinerías de cobre y plomo. El ahorro potencial sería de US$ 50,000 /año.

- Implementar proyectos de control y medición de las aguas captadas en las bocatomas, con el objetivo de pagar por el volumen efectivamente captado.

- Solicitar a la Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro, INRENA del Ministerio de Agricultura, la cancelación de la autorización por derecho de consumo de 10 litros/segundo de agua del río Mantaro

- Solicitar a la Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro, INRENA del Ministerio de Agricultura, la reducción del caudal autorizado (de 48 m^3/min a 30 m^3/min) y caudal de uso actual (de 34 m^3/min a 20 m^3/min) de la fuente del río Tishgo.

- Promover el desarrollo de proyectos en la ciudad de La Oroya que demanden de agua disponible del río Tishgo para consumo poblacional, piscicultura y agricultura.

- Reutilizar los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales (PTAI) y Planta de Aguas Residuales (PTAR) con un caudal potencial de 6 m^3/min.

- Implementar tecnologías ambientalmente limpias en las operaciones y materiales adecuados en los equipos, para lograr mayor eficiencia en los procesos de transferencia de calor y la consecuente optimización en el consumo de las aguas.

- Recomendar a la Municipalidad Provincial de Yauli La Oroya y a la Municipalidad Distrital de Santa Rosa de Saco, la no autorización de construcciones en las riveras de los ríos Yauli y Mantaro, por medidas de seguridad y control ambiental; evitando la descarga de aguas residuales y residuos sólidos sobre los ríos.
  Referencia: Reglamento Nacional de Edificaciones (8 de Junio del 2006), Norma G.010, Artículo 5.

APÉNDICES

1. Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Tishgo – 1998
2. Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Tishgo – 2003
3. Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Cuchimachay - 1998
4. Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Mantaro - 1998
5. Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Mantaro – 2006
6. Decreto Supremo N^{o} 017-2004-AG.
7. Carta Estratigráfica Internacional.
8. Hoja Técnica de la Resina Amberjet 1200 Na.
9. Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas – Año 2003
10. Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas – Año 2005
11. Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas – Año 2006
12. Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas – Año 2009
13. Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas – Año 2012
14. Cálculo del Beneficio Económico por Labor y Mantenimiento
15. Cálculo del Beneficio Económico Total Anual

Apéndice N^{0} 1: Licencia de uso de aguas de la Fuente de Tishgo 1998

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA JUNIN
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

RESOLUCION ADMINISTRATIVA Nº 037-98-ATDRM/DRA-J

Huancayo, 14 SET. 1998

VISTO:

La Solicitud con Registro DRA Nº 0371-98 de fecha 15 de Junio de 1998 (Reg. ATDRM Nº 329), presentada por el Dr. Juan Carlos Huyhua Mamani, Vice Presidente y Gerente de Operaciones de DOE RUN PERU S.R.LTDA.; solicitando el Cambio de Razón Social en las Licencias de Uso de Agua a favor de DOE RUN PERU S.R.LTDA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Administrativa Nº 028-94-ATDRM/AACH, de fecha 09 de Mayo de 1994, se otorgó Licencia de uso de agua a la EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERÚ CENTROMIN PERU S.A. para el uso de hasta ochocientos (800) litros por segundo de las aguas del RIO TISHGO para fines industriales y poblacionales con el fin de abastecer a la Fundición Refinería Huaymanta, Campamento de Chulec, Amay y la Hidro; ubicados en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, con una masa anual de 25'228,800 metros cúbicos;

Que, por Decreto Legislativo Nº 674 del 25 de setiembre de 1991, se declaró de interés nacional la Promoción de la Inversión Privada de las Empresas que conforman la actividad empresarial del estado, incluyéndose por Resolución Suprema Nº 102-92-PCM del 21 de Febrero de 1992, a CENTROMIN PERU S.A. en el Proceso de Inversión Privada a que se refiere el Decreto Legislativo citado;

Que, por Resolución Suprema Nº 016-96-PCM de fecha 18 de Enero de 1996, se ratificó el nuevo plan de privatización de CENTROMIN PERU S.A. de manera fraccionada;

Que, mediante Escritura Pública de fecha 2 de Setiembre de 1996 se constituye la Sociedad Anónima denominada "Empresa Metalúrgica La Oroya Sociedad Anónima", como filial de la EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERÚ S.A. - CENTROMIN PERU S.A., inscrita en la ficha 132405 del Libro de Sociedades Mercantiles del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima y Callao y en la ficha 040367 del Libro de Sociedades Contractuales de la Oficina Registral Regional de Lima del Registro Público de Minería;

Que, mediante Resolución Administrativa Nº 003-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de Junio de 1997, se otorga el uso de agua en vía de adecuación a la Empresa Metalúrgica La Oroya S.A. - METALOROYA S.A., para el uso de hasta ochocientos (800) litros por segundo de las aguas del RIO TISHGO para fines industriales y poblacionales con el fin de abastecer a la Fundición Refinería Huaymanta, Campamento de Chulec, Amay y la Hidro de su Planta de Fundición y de Refinería ubicadas en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, departamento de Junín.

Que, mediante testimonio de la Escritura Pública de Constitución de fecha 30 de diciembre de 1997 e inscrito el 16 de marzo de 1998 en el Registro Público-Tarma, la "FUSION POR ABSORCIÓN" otorgado por la "EMPRESA METALÚRGICA LA OROYA S.A.-METALOROYA S.A." a favor de DOE RUN PERU S.R.LTDA., siendo esta última la que absorbe de la primera por disolución sin liquidación, el íntegro de su activo y pasivo a la Empresa absorbente;

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA JUNIN
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

Que, mediante Opinión Legal Nº 0102-98-OAJ/DRA-J de fecha 17 de Agosto de 1998, la Oficina de Asesoría Jurídica de la Dirección Regional Agraria Junín, opina se declare procedente la solicitud indicada y, en uso de las facultades otorgadas por el artículo 58º del Decreto Legislativo Nº 653 y la Resolución Suprema Nº 022-97-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Otorgar Licencia de uso de agua, en vía de adecuación a la Empresa DOE RUN PERU S.R.LTDA., para el uso de hasta ochocientos (800) litros por segundo de las aguas del RIO TISHGO para fines industriales y poblacionales con el fin de abastecer a la Fundición Refinería Huaymanta, Campamento de Chulec, Arnay y la Hidro; ubicados en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, con una masa anual de 25'228,800 metros cúbicos; cuyo uso fué otorgado mediante Resolución Administrativa Nº 028-94-ATDRM/AACH de fecha 09 de Mayo de 1994. a la Empresa Minera del Centro S.A. - CENTROMIN PERU S.A. y en vía de adecuación mediante Resolución Administrativa Nº 003-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de Junio de 1997 a la Empresa Metalúrgica La Oroya S.A. - METALOROYA S.A.

Artículo 2°.- La Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro, inscribirá la presente Licencia de uso de agua en el Padrón de Usuarios correspondiente, de acuerdo a lo establecido en el artículo 37º de la Ley General de Aguas D.L. 17752, vigilando que el uso de las mismas corresponda al otorgado por la presente resolución

REGISTRESE Y COMUNIQUESE

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Dirección Regional Agraria Andrés Avelino Cáceres
Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro

ING. ANDRES VENTURA DE LA CRUZ
ADMINISTRADOR TECNICO

Apéndice N° 2: Licencia de uso de aguas de la Fuente de Tishgo 2003

REPUBLICA DEL PERU

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° 127 - 2003- INRENA- IRH/ATDRM

Huancayo, 24 JUN. 2003

VISTO:

La Solicitud con registro N° DRA-000080-2003 de fecha 14 de enero del 2003, presentado por el Ing. Kenneth Richard Buckley – representante acreditado por **DOE RUN PERÚ S.R.L.**, solicitando en vía de regularización el cambio de uso de agua del río Tishgo con fines Industriales a Uso Minero y Poblacional, en el Complejo Metalúrgico La Oroya – Refinerías 1 y 2 ubicado en el distrito La Oroya, provincia de Yauli, departamento de Junín.

CONSIDERANDO:

Que, al privatizarse las empresas que conformaban la actividad empresarial del Estado, se incluye por Resolución Suprema N° 102-92-PCM, de fecha 21 de febrero de 1992 a CENTROMIN PERU S.A., transfiriéndose en este proceso el *Complejo Metalúrgico La Oroya*, a la Empresa DOE RUN PERU S.R.L. que se encuentra inscrita en el Registro Público de Minería en el Asiento 005 de la Ficha 011135 según constancias números 00614, 00025 y 00530 de folios 8, 9 y 10 de la solicitud N° DRA-000080-2003;

Que, por Resolución Administrativa N° 037-98-ATDRM/DRA-J de fecha 14 de setiembre de 1998, se otorgó LICENCIA de uso de agua en vía de adecuación a la Empresa DOE RUN PERU S.R.Ltda. para el uso de hasta ochocientos (800) litros por segundo o probable masa anual de 25 228 800 metros cúbicos de las aguas del río Tishgo, para fines Industriales y poblacional en la Fundición – Refinería Huaymanta y campamentos de Chulec, Marcavalle e Hidro, ubicados en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, departamento de Junín, cuyo uso fue otorgado por Resolución Administrativa N° 028-94-ATDRM/A.A.CH de fecha 09 de mayo de 1994 a la Empresa Minera del Centro S.A. – CENTROMINPERU S.A. y, en vía de adecuación mediante Resolución Administrativa N° 003-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de junio de 1997 a la Empresa Metalúrgica La Oroya S.A. – METALOROYA S.A.;

Que, el representante de la Empresa DOE RUN PERU S.R.L., con el recurso según en VISTO, en concordancia al Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería – Decreto Supremo N° 014-92-EM y el Reglamento de Procedimientos Mineros D.S. N° 03-94-EM según folios 11, 12 y 13, solicita a favor de su representada el cambio de uso de agua autorizado del río Tishgo con fines industriales y poblacionales a USOS: MINERO Y POBLACIONAL en el Complejo Metalúrgico La Oroya – Refinerías 1 y 2, siendo procedente la petición indicada de conformidad al Decreto Ley N° 17752-LEY GENERAL DE AGUAS vigente;

Estando a las atribuciones y funciones conferidas al Administrador Técnico del Distrito de Riego Mantaro, mediante el artículo 133° del Decreto Ley N° 17752-Ley General de Aguas, Artículo 58° del Decreto Legislativo N° 653-Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario y al amparo de la Resolución Suprema N° 063-2001-AG;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- OTORGAR LICENCIA en vía de regularización a la **EMPRESA DOE RUN PERU S.R.L.**, para el uso de hasta seiscientos cincuenta y ocho (658) litros por segundo o probable masa anual de 20 750 688 metros cúbicos con fines Mineros y ciento cuarenta y dos (142) litros por segundo o probable masa anual de 4 478 112 metros cúbicos con fines Poblacionales de las aguas provenientes del río Tishgo, para abastecer al *Complejo Metalúrgico La Oroya – Refinerías 1 y 2*, y campamentos de Chulec, Marcavalle y la Hidro, ubicados en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, departamento de Junín.

ARTÍCULO SEGUNDO.- La Empresa usuaria queda obligada a que los residuos y otros elementos tóxicos provenientes de las operaciones mineras y domésticas, sean depositados y tratados en lugares especiales a fin de evitar la contaminación del medio ambiente (agua, suelo y aire), siendo punible el incumplimiento, de conformidad a la Legislación de Aguas y Código del Medio Ambiente.

ARTÍCULO TERCERO.- La LICENCIA otorgada queda afecta al pago de la TARIFA de agua que anualmente fija el Ministerio de Agricultura y a su inscripción en el Padrón de Usuarios correspondiente, de conformidad a los artículos 12° y 37° del Decreto Ley N° 17752-Ley General de Aguas.

ARTÍCULO CUARTO.- Comuníquese la presente Resolución a la Intendencia de Recursos Hídricos, Dirección Regional Agraria Junín, Junta de Usuarios del Distrito de Riego Mantaro.

REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE

Ing. ABILIO TOVAR GONZALES
Administrador Técnico del Distrito de Riego Mantaro

ATG·hpc·psm
1.08

Apéndice N° 3: Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Cuchimachay 1998

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA JUNIN
ADMINISTRACION TECNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

RESOLUCION ADMINISTRATIVA N° 035-98-ATDRM/DRA-J

Huancayo, 14 SET. 1998

VISTO:

La Solicitud con Registro DRA N° 0371-98 de fecha 15 de Junio de 1998 (Reg. ATDRM N° 329). presentada por el Dr. Juan Carlos Huyhua Mamani, Vice Presidente y Gerente de Operaciones de DOE RUN PERU S.R.LTDA.; solicitando el Cambio de Razón Social en las Licencias de Uso de Agua a favor de DOE RUN PERU S.R.LTDA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Suprema N° 0931-9-74-AG, de fecha 14 de noviembre de 1974 se otorgó Licencia de uso de agua a la EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERÚ S.A. - CENTROMIN PERU S.A. para el uso de hasta ciento veinte (120) litros por segundo de las aguas del RIACHUELO ANTAHUARO para fines mineros y domésticos de sus campamentos, en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín;

Que, por Decreto Legislativo N° 674 del 25 de setiembre de 1991, se declaró de interés nacional la Promoción de la Inversión Privada de las Empresas que conforman la actividad empresarial del estado, incluyéndose por Resolución Suprema N° 002-92-PCM del 21 de Febrero de 1992, a CENTROMIN PERU S.A. en el Proceso de Inversión Privada a que se refiere el Decreto Legislativo citado;

Que, por Resolución Suprema N° 016-96-PCM de fecha 18 de Enero de 1996, se ratificó el nuevo plan de privatización de CENTROMIN PERU S.A. de manera fraccionada;

Que, mediante Escritura Pública de fecha 2 de setiembre de 1996 se constituye la Sociedad Anónima denominada "Empresa Metalúrgica La Oroya Sociedad Anónima", como filial de la Empresa Minera del Centro del Perú S.A. - CENTROMIN PERU S.A., inscrita en la ficha 132405 del Libro de Sociedades Mercantiles del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima y Callao y en la ficha 040367 del Libro de Sociedades Contractuales de la Oficina Registral Regional de Lima del Registro Público de Minería;

Que, mediante Resolución Administrativa N° 001-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de Junio de 1997, se otorga el uso de agua en vía de adecuación a la EMPRESA METALÚRGICA LA OROYA S.A. - METALOROYA S.A., para el uso de hasta ciento veinte (120) litros por segundo de las aguas del RIACHUELO ANTAHUARO, para fines mineros y domésticos de sus campamentos en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, departamento de Junín;

Que, mediante Testimonio de la Escritura Pública de Constitución de fecha 30 de diciembre de 1997 e inscrito el 16 de marzo de 1998 en el Registro Público-Tarma, la "FUSION POR ABSORCIÓN" otorgado por la "EMPRESA METALÚRGICA LA OROYA S.A.-METALOROYA S.A." a favor de DOE RUN PERU S.R.LTDA., siendo esta última la que absorbe de la primera por disolución sin liquidación, el integro de su activo y pasivo a la Empresa absorbente;

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA JUNIN
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

Que, mediante Opinión Legal N° 0102-98-OAJ/DRA-J de fecha 17 de Agosto de 1998, la Oficina de Asesoría Jurídica de la Dirección Regional Agraria Junín, opina se declare procedente la solicitud indicada y, en uso de las facultades otorgadas por el artículo 58° del Decreto Legislativo N° 653 y la Resolución Suprema N° 022-97-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Otorgar Licencia de uso de agua, en vía de adecuación a la Empresa DOE RUN PERU S.R.LTDA., para el uso de hasta ciento veinte (120) litros por segundo de las aguas del RIACHUELO ANTAHUARO para fines mineros y domésticos de sus campamentos en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín; cuyo uso fué otorgado mediante Resolución Suprema N° 0934-74-AG de fecha 14 de Noviembre de 1974 a la Empresa Minera del Centro del Perú S.A CENTROMIN PERU S.A. y en vía de adecuación mediante Resolución Administrativa N° 001-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de Junio de 1997 a la Empresa Metalúrgica La Oroya S.A. - METALOROYA S.A.

Artículo 2°.- La Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro, inscribirá la presente Licencia de uso de agua en el Padrón de Usuarios correspondiente, de acuerdo a lo establecido en el artículo 37° de la Ley General de Aguas D.L. 17752, vigilando que el uso de las mismas corresponda al otorgado por la presente resolución.

REGISTRESE Y COMUNIQUESE

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Dirección Regional Agraria Andrés Avelino Cáceres
Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro

ING. ANDRES VENTURA DE LA CRUZ
ADMINISTRADOR TECNICO

Apéndice N° 4: Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Mantaro 1998

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA JUNIN
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

RESOLUCION ADMINISTRATIVA N° 036-98-ATDRM/DRA-J

Huancayo, 14 SET. 1998

VISTO:

La Solicitud con Registro DRA N° 0371-98 de fecha 15 de Junio de 1998 (Reg. ATDRM N° 329), presentada por el Dr. Juan Carlos Huyhua Mamani, Vice Presidente y Gerente de Operaciones de DOE RUN PERU S.R.LTDA.; solicitando el Cambio de Razón Social en las Licencias de Uso de Agua a favor de DOE RUN PERU S.R.LTDA.

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Administrativa N° 027-94-ATDRM/AACH, de fecha 09 de mayo de 1994, se otorgó Licencia de uso de agua a la EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERÚ CENTROMIN PERU S.A. para el uso de hasta mil (1,000) litros por segundo de las aguas del RIO MANTARO para fines industriales en su Planta de Fundición y de Refinería, ubicada en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, con una masa anual de 31'536,000 metros cúbicos;

Que, por Decreto Legislativo N° 674 del 25 de Setiembre de 1991, se declaró de interés nacional la Promoción de la Inversión Privada de las Empresas que conforman la actividad empresarial del estado, incluyéndose por Resolución Suprema N° 102-92-PCM del 21 de Febrero de 1992, a CENTROMIN PERU S.A. en el Proceso de Inversión Privada a que se refiere el Decreto Legislativo citado;

Que, por Resolución Suprema N° 016-96-PCM de fecha 18 de Enero de 1996, se ratificó el nuevo plan de privatización de CENTROMIN PERU S.A. de manera fraccionada;

Que, mediante Escritura Pública de fecha 2 de setiembre de 1996 se constituye la Sociedad Anónima denominada "Empresa Metalúrgica La Oroya Sociedad Anónima", como filial de la EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERÚ S.A. - CENTROMIN PERU S.A., inscrita en la ficha 132405 del Libro de Sociedades Mercantiles del Registro de Personas Jurídicas de la Oficina Registral de Lima y Callao y en la ficha 040367 del Libro de Sociedades Contractuales de la Oficina Registral Regional de Lima del Registro Público de Minería;

Que, mediante Resolución Administrativa N° 002-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de Junio de 1997, se otorga el uso de agua en vía de adecuación a la EMPRESA METALURGICA LA OROYA S.A. - METALOROYA S.A., para el uso de hasta mil (1,000) litros por segundo de las aguas del RIO MANTARO , para fines industriales de su Planta de Fundición y de Refinería ubicada en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, con una masa anual de 31'536,000 metros cúbicos.

Que, mediante Testimonio de la Escritura Pública de Constitución de fecha 30 de Diciembre de 1997 e inscrito el 16 de marzo de 1998 en el Registro Público-Tarma, la "FUSION POR ABSORCIÓN" otorgado por la "EMPRESA METALÚRGICA LA OROYA S.A.-METALOROYA S.A." a favor de DOE RUN PERU S.R.LTDA., siendo esta última la que absorbe de la primera por disolución sin liquidación, el íntegro de su activo y pasivo a la Empresa absorbente;

MINISTERIO DE AGRICULTURA
DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA JUNIN
ADMINISTRACIÓN TECNICA DEL DISTRITO DE RIEGO MANTARO

Que, mediante Opinión Legal N° 0102-98-OAJ/DRA-J de fecha 17 de Agosto de 1998, la Oficina de Asesoría Jurídica de la Dirección Regional Agraria Junín, opina se declare procedente la solicitud indicada y, en uso de las facultades otorgadas por el artículo 58° del Decreto Legislativo N° 653 y la Resolución Suprema N° 022-97-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Otorgar Licencia de uso de agua, en vía de adecuación a la Empresa DOE RUN PERU S.R.LTDA., para el uso de hasta mil (1,000) litros por segundo de las aguas del **"RIO MANTARO"** con una masa anual de 31'536,000 metros cúbicos, para fines industriales de su Planta de Fundición y de Refinería ubicada en el Distrito de La Oroya, Provincia de Yauli, Departamento de Junín; cuyo uso fué otorgado mediante Resolución Administrativa N° 027-94-ATDRM/AACII de fecha 09 de Mayo de 1994 a la Empresa Minera del Centro S.A. - CENTROMIN PERU S.A. y en vía de adecuación mediante Resolución Administrativa N° 002-97-ATDRM/DRA-RAAC de fecha 27 de Junio de 1997 a la Empresa Metalúrgica La Oroya S.A. - METALOROYA S.A.

Artículo 2°.- La Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro, inscribirá la presente Licencia de uso de agua en el Padrón de Usuarios correspondiente, de acuerdo a lo establecido en el artículo 37° de la Ley General de Aguas D.L. 17752, vigilando que el uso de las mismas corresponda al otorgado por la presente resolución.

REGISTRESE Y COMUNIQUESE

MINISTERIO DE AGRICULTURA
Dirección Regional Agraria Andrés Avelino Cáceres
Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro

ING. ANDRES VENTURA DE LA CRUZ
ADMINISTRADOR TECNICO

Apéndice N° 5: Licencia de Uso de Aguas de la fuente de Mantaro 2006

REPUBLICA DEL PERU

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA N° 088 -2006-INRENA-IRH/ATDRM

Huancayo, 17 MAYO 2006

VISTO:

EL Informe Técnico N° 002-2006-DRA-J/ATDRM/VCS, de fecha 16 de febrero del 2006, sobre la inspección Ocular realizada en la Caseta de Bombeo del río Mantaro por parte de la Empresa DOE RUN PERU S.R.L., ubicada en el Distrito de la Oroya, Provincia de Yauli, Departamento y Región Junín;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución Administrativa N° 126-2003-INRENA-IRH/ATDRM, de fecha 24 de junio del 2003, se otorga a la Empresa DOE RUN PERU S.R.L. *Licencia en vías de regularización* del uso de hasta Un mil (1 000.00) litros por segundo o probable masa anual de 31 536.00 m^3 de la aguas del río Mantaro, con fines mineros para el Complejo Metalúrgico la Oroya – Refinería 1;

Que, mediante Expediente DRA N° 0045-2006 de fecha 12 de enero del 2006 la Empresa DOE RUN PERU S.R.L., solicita la modificación de la licencia de agua proveniente del río Mantaro que fue otorgado mediante Resolución Administrativa anotada en el párrafo anterior a un caudal de 10 litros por segundo, cual equivale a una masa anual de 315, 360 m^3 de agua del río Mantaro con fines mineros para el Complejo Metalúrgico la Oroya;

Que, en la inspección ocular reglamentaria realizada el 16 de febrero del 2006, de acuerdo al Informe Técnico N° 002-2006-DRA-J/ATDRM/VCS, personal técnico de la Administración Técnica del Distrito de Riego Mantaro hace de conocimiento que las cuatro captaciones de las aguas del río Mantaro autorizadas a la Empresa DOE RUN PERU S.R.L., se encuentran cerradas cuya líneas de conducción hacia las pozas de sedimentación están desinstaladas, para lo cual se ha instalado un sistema de recirculación de las aguas provenientes del río Tishgo, las mismas que son utilizadas para las pozas de sedimentación del Complejo Metalúrgico la Oroya –Refinería 1, sin embargo en épocas no previstas se hará uso de las aguas del río Mantaro con fines de mantenimiento del sistema, para efecto se debe mantener como Licencia de uso de agua con un volumen mínimo;

Que, estando a las atribuciones y funciones conferidas al Administrador Técnico del Distrito de Riego Mantaro, mediante el Artículo 133° del Decreto Ley N° 17752, Artículo 54° del Decreto Legislativo N° 653 Ley de Promoción de las Inversiones en el Sector Agrario y al amparo de la Resolución Ministerial N° 948-2004-AG;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Dejar sin efecto Resolución Administrativa N° 126-2003-INRENA-IRH/ATDRM, de fecha 24 de junio del 2003 y Declarar ***PROCEDENTE*** el pedido formulado por la Empresa DOE RUN PERU S.R.L., por las razones expuestas en la parte considerativa de la presente Resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Otorgar **LICENCIA** de uso de agua a la Empresa **DOE RUN PERU S.R.L.** para el uso de hasta diez (10.00) litros por segundo con una explotación anual de 315,360.00 m^3 de las aguas del Río Mantaro, con fines mineros para el Complejo Metalúrgico de la Oroya-Refinería 1, ubicada en el distrito de la Oroya, provincia de Yauli, departamento y región Junín.

ARTÍCULO TERCERO.- La Empresa usuaria está obligada a dar cumplimiento a la Legislación de Aguas y Código del Medio Ambiente vigente.

ARTÍCULO CUARTO.- La Licencia otorgada queda afecta al pago de la tarifa de agua que anualmente fija el Ministerio de Agricultura. El incumplimiento de su pago durante dos (02) años consecutivos será causal para la caducidad de la Licencia otorgada.

ARTÍCULO QUINTO.- Notificar la presente Resolución a la Intendencia de Recursos Hídricos, Dirección Regional Agraria Junín, Junta de Usuarios del Distrito de Riego Mantaro y DOE RUN PERU S.R.L.

REGÍSTRESE Y COMUNÍQUESE

Ing. ALEJANDRO MALPARTIDA ARRIETA
Administrador Técnico del Distrito de Riego Mantaro

AMA/VCS/jvc

Apéndice N° 6: Decreto Supremo N° 017-2004-AG

El Peruano – Jueves 29 de abril de 2004

Establecen tarifa por uso de agua superficial con fines no agrarios por categorías, correspondiente al año 2004

DECRETO SUPREMO No. 017-2004-AG

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, el Artículo 12º de la Ley General de Aguas, dada por Decreto Ley Nº 11752, establece que los usuarios de cada Distrito de Riego abonarán tarifas que serán fijadas por unidad de volumen para cada uso, que servirán de base para cubrir los costos de explotación y distribución de los recursos de agua, incluyendo las del subsuelo, así como para la financiación de estudios y obras hidráulicas necesarios para el desarrollo de la zona;

Que, el Artículo 1º del Reglamento de Tarifas y Cuotas por el Uso del agua, aprobado por Decreto Supremo Nº 003-90-AG, dispone que todos los usuarios de agua están obligados a contribuir económicamente para lograr el uso racional y eficiente del recurso, mediante el pago de tarifa de agua;

Que, a partir de la vigencia del Decreto Supremo Nº 001-98-AG se terminó el valor de la tarifa por uso de agua superficial con fines no agrarios: piscícola, minero, industrial y poblacional, en función de la moneda nacional por m3 de agua, aprobándose en dicha norma la tarifa correspondiente al año 1998; posteriormente, mediante Decreto Supremo Nº 034-99-AG y Resolución Ministerial Nº 0247-2000-AG, se aprobaron las tarifas correspondientes a los años 1999 y 2000, respectivamente;

Que, asimismo mediante Decreto Supremo Nº 055-2002-AG se estableció la tarifa por uso de agua superficial con fines no agrarios pro categorías, correspondientes a los años 2001, 2002 y 2003, en nuevos soles por metro cúbico, basado en los estudios técnicos denominados "Incidencia de las tarifas de agua superficial en la estructura de costos de empresas no agrícolas", "Determinación de las tarifas por uso de agua superficial con fines no agrarios" y "Determinación de la Tarifa para el Agua Superficial destinada a usos no agrarios y no energéticos", realizado por la Universidad del Pacífico;

Que, por lo tanto la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, mediante Oficio Nº 553-2004-INRENA-IRH, de fecha 16 de abril de 2004, acorde con los citados estudios, que se fundamentan en el cálculo de lo costos de las entidades involucradas en la asignación del recurso y su monitoreo, así como en criterios de eficiencia económica, equidad y sostenibilidad en el sistema tarifario, propone que para el año 2004 se determinen tres categorías de valores de tarifas: mínima, media y máxima, en nuevos soles por metro cúbico; estas categorías están relacionadas con la disponibilidad hídrica existente en el ámbito de cada uno de los Distritos de Riego;

Que, en consecuencia, es necesario establecer las tarifas por uso de agua superficial con fines no agrarios: minero, industrial y poblacional, correspondientes al año 2004, por categorías; así como clasificar los Distritos de Riego según la categoría de la tarifa;

De conformidad con lo dispuesto por el inciso 8) del artículo 118º de la Constitución Política del Perú;

DECRETA

Artículo1º.- Establézcase la tarifa por uso de agua superficial con fines no agrarios por categorías, correspondiente al año 2004, en nuevos soles por metro cúbico, de acuerdo al detalle siguiente:

Uso	Categorías de Tarifa en S/. X m3		
	Mínima	Media	Máxima
Industrial	0.04634	0.05497	0.06347
Minero	0.03048	0.03910	0.04760
Poblacional	0.00424	0.01286	0.02136

Artículo 2º.- Los Distritos de Riego, para los efectos del cumplimiento de lo dispuesto en los artículos precedentes, se clasifican de la manera siguiente:

Categoría de Tarifa	**Distrito de Riego Ratio de Tasa de Disponibilidad del Recurso Hídrico**
Mínima Tingo María, Alto Marañón, Apurímac	Alta Huallaga Central, La Convención, Pomabamba, Tarapoto, Cusco, Alto Huallaga, Abancay, Sicuani, Alto Mayo, Ayacucho, Maldonado, Perené, Bagua, Cajabamba, Tarma, Huancavelica, Santiago de Chuco, Andahuaylas, Huaraz, Huamachuco, Pasco, Cajamarca, Jaén, Huancané, Ocoña – Pausa, Ramis, Mantaro, Juliaca, Utcubamba, Ilave, Tumbes, Colca – Siguas – Chivay, Camaná – Majes, Santa – Lacramarca, Tambo – Alto Tambo, Barranca, Mala – Omas – Cañete, Pucallpa, Huari, Atalaya, Iquitos y Alto Amazonas.
Media Medio y Bajo Piura, San Lorenzo, Chira	Media Alto Piura – Huancabamba, Jequetepeque, Moche – Virú-Chao, Motupe – Olmos – La Leche, Chancay – Huaral, Huaura, Chincha – Pisco, Palma – Nasca, Chili y Acarí – Yauca – Puquio.
Máxima Chancay – Lambayeque, Zaña, Chicama,	Baja Nepeña – Casma – Huarmey, Chillón – Rímac – Lurín, Ica, Moquegua, Locumba – Sama y Tacna.

Artículo 3º.- El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro de Agricultura y entrará en vigencia al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial El Peruano.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintiocho días del mes de abril del año dos mil cuatro.

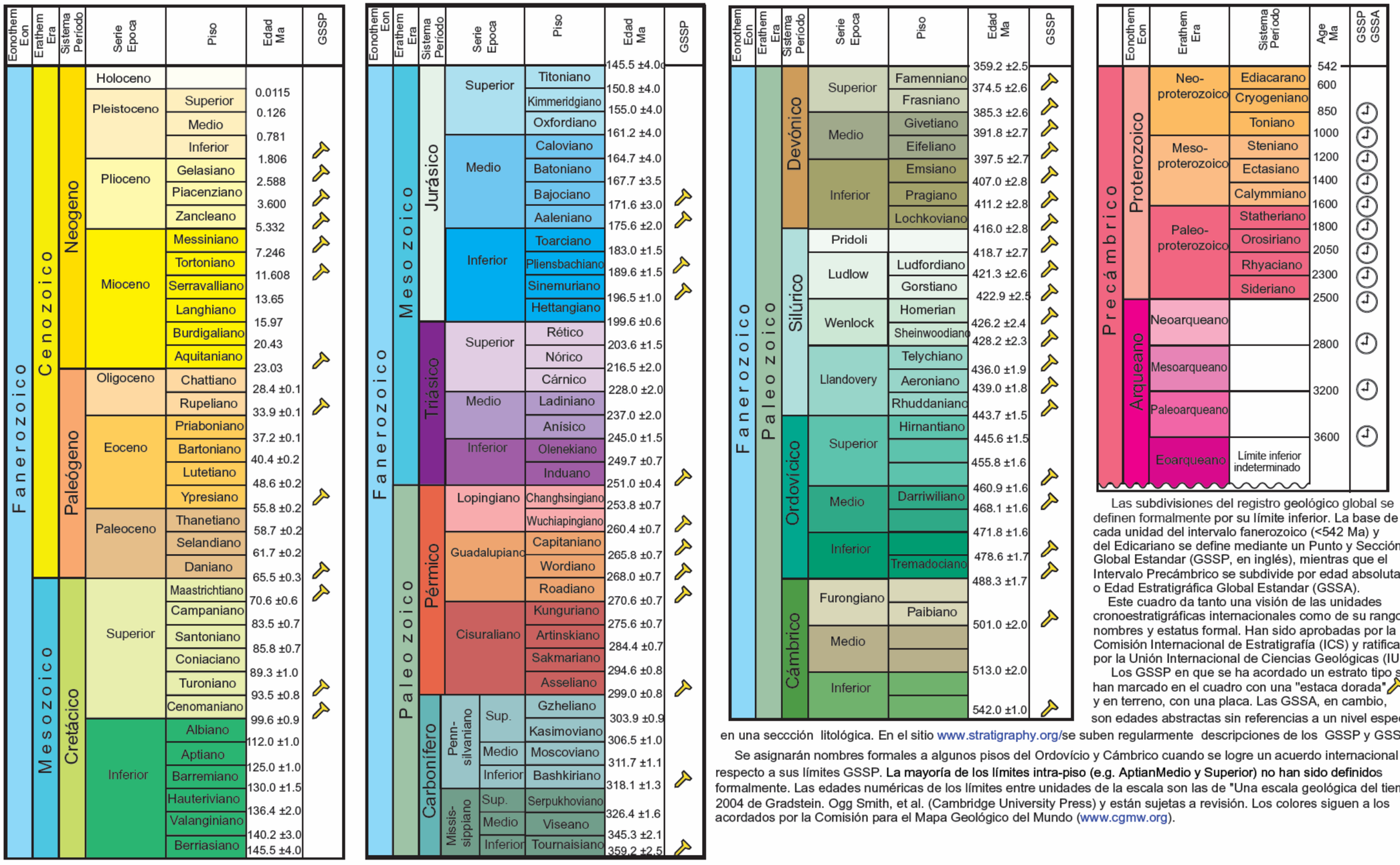
ALEJANDRO TOLEDO
Presidente Constitucional de la República

JOSÉ LEÓN RIVERA
Ministro de Agricultura

Apéndice N^{o} 7: Carta Estratigráfica Internacional

CUADRO ESTRATIGRAFICO INTERNACIONAL

Comisión Internacional para la Estratigrafía



Las subdivisiones del registro geológico global se definen formalmente por su límite inferior. La base de cada unidad del intervalo fanerozoico (<542 Ma) y del Edicariano se define mediante un Punto y Sección Global Estandar (GSSP, en inglés), mientras que el Intervalo Precámbrico se subdivide por edad absoluta o Edad Estratigráfica Global Estandar (GSSA).

Este cuadro da tanto una visión de las unidades cronoestratigráficas internacionales como de su rango, nombres y estatus formal. Han sido aprobadas por la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS) y ratificadas por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS).

Los GSSP en que se ha acordado un estrato tipo se han marcado en el cuadro con una "estaca dorada" y en terreno, con una placa. Las GSSA, en cambio, son edades abstractas sin referencias a un nivel específico en una seccción litológica. En el sitio www.stratigraphy.org/se suben regularmente descripciones de los GSSP y GSSA.

Se asignarán nombres formales a algunos pisos del Ordovício y Cámbrico cuando se logre un acuerdo internacional respecto a sus límites GSSP. **La mayoría de los límites intra-piso (e.g. AptianMedio y Superior) no han sido definidos** formalmente. Las edades numéricas de los límites entre unidades de la escala son las de "Una escala geológica del tiempo 2004 de Gradstein. Ogg Smith, et al. (Cambridge University Press) y están sujetas a revisión. Los colores siguen a los acordados por la Comisión para el Mapa Geológico del Mundo (www.cgmw.org).

Apéndice N° 8: Hoja Técnica de la Resina Amberjet 1200 Na

ROHM AND HAAS

Resinas de Intercambio Iónico

AMBERJET™ 1200 Na

Intercambio Catiónico Ácido Fuerte – Grado Industrial

AMBERJET 1200-Na es una resina catiónica ácida fuertemente intercambiadora con un tamaño de partícula uniforme y alta calidad. Está diseñada para su uso en todas las aplicaciones de tratamiento de agua como ablandamiento y desmineralización. La uniformidad y el tamaño medio de partícula de AMBERJET 1200-Na se han optimizado para su uso en equipos industriales. El ciclo de H+ puede ser utilizado en aplicaciones de lecho mixto combinada con la AMBERJET 4200 Cl. La AMBERJET 1200-Na puede ser sustituida directamente por resinas convencionales tipo gel en equipos nuevos y en instalaciones existentes.

PROPIEDADES

Forma física	Granos esféricos ambarinos
Matriz	Copolímero del divinilbenceno del estireno
Grupo funcional	Acido Sulfónico
Forma iónica, según embarque	Na^+
Capacidad de intercambio total *(1)*	≥ 2.00 eq/L (en forma de Na^+)
Capacidad de retención de humedad *(1)*	43 a 47 % (en forma de Na^+)
Peso de embarque	850 g/L
Gravedad específica	1.26 a 1.30 (en forma de Na^+)
Tamaño de partícula	
Coeficiente de uniformidad *(1)*	≤ 1.2
Tamaño medio armónico	0.57 – 0.67 mm
< 0.300 mm *(1)*	0.1 % máx.
Máxima expansión reversible	$Na^+ \rightarrow H^+$ < 10 %

(1) Valor contractual
Los métodos de ensayos están disponibles según requerimiento

CONDICIONES DE OPERACIÓN SUGERIDAS

Temperatura máxima de operación	135 °C		
Altura mínima del lecho de resina	800 mm		
Rango flujo de operación	5 a 50 BV*/h		
Velocidad máxima de servicio	60 m/h		
Regeneración			
Regenerante	**NaCl**	**HCl**	**H_2SO_4**
Nivel (g/L)	50 a 240	40 a 150	40 a 200
Concentración (%)	10	4 a 10	1 a 8
Tiempo mínimo de contacto	20 minutos		
Enjuague lento	2 BV en el rango del flujo de regeneración		
Enjuague rápido	1 a 3 BV en el rango del flujo de servicio		

**** 1 BV (Volumen del lecho de resina) = 1 m^3 solución por m^3 de resina***

© 2008 Rohm and Haas Company | PDS 03548 A – Feb. 08 - 1/2

RENDIMIENTO

La capacidad de operación y las fugas de sodio, depende de varios factores tales como el análisis del agua, temperatura y nivel de regenerante.

LIMITES DE USO

La resina AMBERJET 1200 Na es adecuada para usos industriales. Para otras aplicaciones específicas como la elaboración de alimentos, farmacéutico o aplicaciones en agua potable, se recomienda buscar asesoramiento con el fin de determinar la mejor opción de resina y de las condiciones óptimas de funcionamiento.

CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

La **Figura 1** muestra el cama expansión de la resina AMBERJET 1200 Na, en función al caudal y temperatura del agua de retrolavado.

La **Figura 2** muestra los datos de caída de presión para la resina AMBERJET 1200 Na, en función del flujo de servicio y temperatura del agua. Los datos de caída de presión son válidos, al inicio de la operación en servicio y con el lecho correctamente clasificado.

Fig. 1: Expansión del Lecho

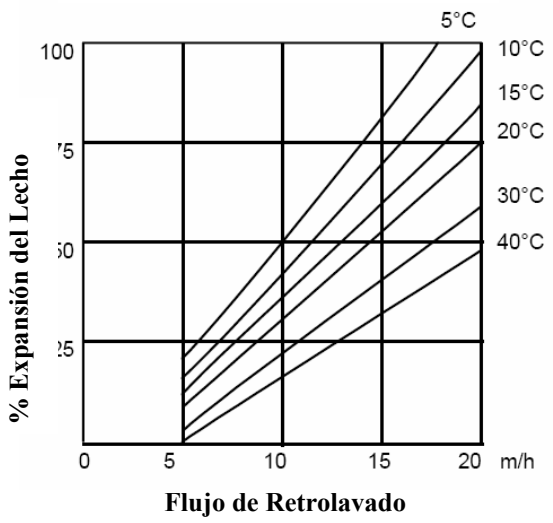
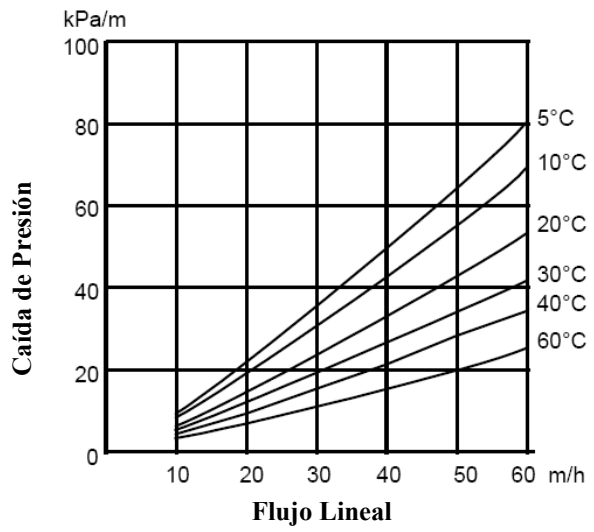


Fig. 2: Caída de presión



Todos los productos Rohm and Haas son manufacturados con Certificación ISO 9001

Rohm and Haas/Ion Exchange Resins - Philadelphia, PA - Tel. (800) RH AMBER - Fax: (215) 409-4534
Rohm and Haas/Ion Exchange Resins - 75579 Paris Cedex 12 - Tel. (33) 1 40 02 50 00 - Fax: 1 43 45 28 19

htpp://www.amberlite.com

ROHM AND HAAS

© 2008 Rohm and Haas Company | PDS 03548 A – Feb. 08 - 2/2

Apéndice N° 9: Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas- Año 2003

CALCULO DE BENEFICIO ECONOMICO POR DERECHO DE CONSUMO DE AGUAS - 2003

SISTEMA DE AGUA		CAUDAL (m^3/min) SIN RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑ0) SIN RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) SIN RECIRCULACION	CAUDAL (m^3/min) CON RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑO) CON RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) CON RECIRCULACION	BENEFICIO (US $/AÑ0) (*)
Agua Consumo Poblacional		**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**0.00**
Agua Refinerías Cu y Pb		**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**0.00**
Agua de Procesos							0.00	
	Granulación de Escorias Cu y Pb	38.98	624,470.83	215,334.77	38.98	624,470.83	215,334.77	0.00
	Fundición Cu y Pb	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Refinería Zn	4.10	65,683.18	22,649.37	4.10	65,683.18	22,649.37	0.00
	Pérdidas	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Total agua de procesos	**51.08**	**818,316.31**	**282,178.04**	**51.08**	**818,316.31**	**282,178.04**	**0.00**
Agua de Enfriamiento							0.00	
	Planta Ácido de Zinc	9.02	144,503.00	49,828.62	9.02	144,503.00	49,828.62	0.00
	Refinería Zn	5.00	80,101.44	27,621.19	5.00	80,101.44	27,621.19	0.00
	Casa de Fuerza	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Total Agua Enfriamiento	**20.02**	**320,726.17**	**110,595.23**	**20.02**	**320,726.17**	**110,595.23**	**0.00**
Agua para Sanitarios							0.00	
	Sanitarios	1.10	17,622.32	6,076.66	1.10	17,622.32	6,076.66	0.00
	Total sanitarios	**1.10**	**17,622.32**	**6,076.66**	**1.10**	**17,622.32**	**6,076.66**	**0.00**
T O T A L		**85.40**	**1,229,939.32**	**424,117.01**	**85.40**	**1,229,939.32**	**424,117.01**	**0.00**

(*): Tipo de cambio: S/. 2.90 / US $. Noviembre 27, 2009

TARIFAS	**S/. / m^3**
Tarifa por uso minero	0.03048
Tarifa por uso poblacional	0.00424

Fuente: Decreto Supremo N° 017-2004-AG

Apéndice N° 10: Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas- Año 2005

CALCULO DE BENEFICIO ECONOMICO POR DERECHO DE CONSUMO DE AGUAS - 2005

SISTEMA DE AGUA		CAUDAL (m^3/min) SIN RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑ0) SIN RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) SIN RECIRCULACION	CAUDAL (m^3/min) CON RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑO) CON RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) CON RECIRCULACION	BENEFICIO (US $/AÑ0) (*)
Agua Consumo Poblacional		**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**0.00**
Agua Refinerías Cu y Pb		**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**0.00**
Agua de Procesos							0.00	
	Granulación de Escorias Cu y Pb	29.18	467,472.00	161,197.24	12.20	195,447.51	67,395.69	93,801.55
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Refinería Zn	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Pérdidas	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Total agua de procesos	**37.18**	**595,634.31**	**205,391.14**	**20.20**	**323,609.82**	**111,589.59**	**93,801.55**
Agua de Enfriamiento							0.00	
	Planta Ácido de Zinc	9.02	144,503.00	49,828.62	9.02	144,503.00	49,828.62	0.00
	Refinería Zn	3.00	48,060.86	16,572.71	3.00	48,060.86	16,572.71	0.00
	Casa de Fuerza	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Total Agua Enfriamiento	**18.02**	**288,685.59**	**99,546.76**	**18.02**	**288,685.59**	**99,546.76**	**0.00**
Agua para Sanitarios							0.00	
	Sanitarios	1.10	17,622.32	6,076.66	1.10	17,622.32	6,076.66	0.00
	Total sanitarios	**1.10**	**17,622.32**	**6,076.66**	**1.10**	**17,622.32**	**6,076.66**	**0.00**
T O T A L		**69.50**	**975,216.74**	**336,281.63**	**52.52**	**703,192.25**	**242,480.09**	**93,801.55**

(*): Tipo de cambio: S/. 2.90 / US $. Noviembre 27, 2009

TARIFAS	**S/. / m^3**
Tarifa por uso minero	0.03048
Tarifa por uso poblacional	0.00424

Fuente: Decreto Supremo N° 017-2004-AG

Apéndice N° 11: Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas- Año 2006

CALCULO DE BENEFICIO ECONOMICO POR DERECHO DE CONSUMO DE AGUAS - 2006

SISTEMA DE AGUA		CAUDAL (m^3/min) SIN RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑ0) SIN RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) SIN RECIRCULACION	CAUDAL (m^3/min) CON RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑO) CON RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) CON RECIRCULACION	BENEFICIO (US $/AÑ0) (*)
Agua Consumo Poblacional		**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**0.00**
Agua Refinerías Cu y Pb		**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**0.00**
Agua de Procesos							0.00	
	Granulación de Escorias Cu y Pb	18.21	291,729.44	100,596.36	6.10	97,723.76	33,697.85	66,898.51
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Refinería Zn	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Total agua de procesos	**22.21**	**355,810.60**	**122,693.31**	**10.10**	**161,804.91**	**55,794.80**	**66,898.51**
Agua de Enfriamiento							0.00	
	Planta Ácido de Zinc	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Refinería Zn	3.00	48,060.86	16,572.71	3.00	48,060.86	16,572.71	0.00
	Casa de Fuerza	4.00	64,081.15	22,096.95	4.00	64,081.15	22,096.95	0.00
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Total Agua Enfriamiento	**13.00**	**208,263.74**	**71,815.08**	**13.00**	**208,263.74**	**71,815.08**	**0.00**
Agua para Sanitarios							0.00	
	Sanitarios	1.10	17,622.32	6,076.66	1.10	17,622.32	6,076.66	0.00
	Total sanitarios	**1.10**	**17,622.32**	**6,076.66**	**1.10**	**17,622.32**	**6,076.66**	**0.00**
T O T A L		**49.51**	**654,971.18**	**225,852.13**	**37.40**	**460,965.50**	**158,953.62**	**66,898.51**

(*): Tipo de cambio: S/. 2.90 / US $. Noviembre 27, 2009

TARIFAS	**S/. / m^3**
Tarifa por uso minero	0.03048
Tarifa por uso poblacional	0.00424

Fuente: Decreto Supremo N° 017-2004-AG

Apéndice N° 12: Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas- Año 2009

CALCULO DE BENEFICIO ECONOMICO POR DERECHO DE CONSUMO DE AGUAS - 2009

SISTEMA DE AGUA		CAUDAL (m^3/min) SIN RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑ0) SIN RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) SIN RECIRCULACION	CAUDAL (m^3/min) CON RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑO) CON RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) CON RECIRCULACION	BENEFICIO (US $/AÑ0) (*)
Agua Consumo Poblacional		**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**0.00**
Agua Refinerías Cu y Pb		**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**0.00**
Agua de Procesos							0.00	
	Granulación de Escorias Cu y Pb	24.00	384,486.91	132,581.69	1.62	25,952.87	8,949.26	123,632.43
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Refinería Zn	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Pérdidas	7.76	124,317.43	42,868.08		0.00	0.00	42,868.08
	Total agua de procesos	**35.76**	**572,885.50**	**197,546.72**	**5.62**	**90,034.02**	**31,046.21**	**166,500.51**
Agua de Enfriamiento							0.00	
	Planta Ácido de Zinc	9.00	144,182.59	49,718.14	0.42	6,728.52	2,320.18	47,397.96
	Refinería Zn	3.00	48,060.86	16,572.71	3.00	48,060.86	16,572.71	0.00
	Casa de Fuerza	3.00	48,060.86	16,572.71	3.00	48,060.86	16,572.71	0.00
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Planta Ácido de Plomo	16.70	267,538.81	92,254.76	0.85	13,617.24	4,695.60	87,559.16
	Total Agua Enfriamiento	**33.70**	**539,883.71**	**186,166.80**	**9.27**	**148,508.07**	**51,209.68**	**134,957.12**
Agua para Sanitarios							0.00	
	Sanitarios	0.50	8,010.14	2,762.12	0.50	8,010.14	2,762.12	0.00
	Total sanitarios	**0.50**	**8,010.14**	**2,762.12**	**0.50**	**8,010.14**	**2,762.12**	**0.00**
T O T A L		**83.16**	**1,194,053.88**	**411,742.72**	**28.59**	**319,826.76**	**110,285.09**	**301,457.63**

(*): Tipo de cambio: S/. 2.90 / US $. Noviembre 27, 2009

TARIFAS	**S/. / m^3**
Tarifa por uso minero	0.03048
Tarifa por uso poblacional	0.00424

Fuente: Decreto Supremo N° 017-2004-AG

Apéndice N° 13: Cálculo del Beneficio Económico por disminución de consumo de aguas- Año 2012

CALCULO DE BENEFICIO ECONOMICO POR DERECHO DE CONSUMO DE AGUAS - 2012

SISTEMA DE AGUA		CAUDAL (m^3/min) SIN RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑ0) SIN RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) SIN RECIRCULACION	CAUDAL (m^3/min) CON RECIRCULACION	COSTO (S/./AÑO) CON RECIRCULACION	COSTO (US $/AÑ0) CON RECIRCULACION	BENEFICIO (US $/AÑ0) (*)
Agua Consumo Poblacional		**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**10.02**	**22,330.01**	**7,700.00**	**0.00**
Agua Refinerías Cu y Pb		**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**3.18**	**50,944.52**	**17,567.07**	**0.00**
Agua de Procesos							0.00	
	Granulación de Escorias Cu y Pb	24.00	384,486.91	132,581.69	0.82	13,136.64	4,529.87	128,051.82
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Refinería Zn	2.00	32,040.58	11,048.47	2.00	32,040.58	11,048.47	0.00
	Total agua de procesos	**28.00**	**448,568.06**	**154,678.64**	**4.82**	**77,217.79**	**26,626.82**	**128,051.82**
Proyectos Modernización / PAMA							0.00	
	Planta Ácido de Plomo	16.70	267,538.81	92,254.76	0.85	13,617.24	4,695.60	87,559.16
	Nueva Fundición Cu ISASMELT	14.60	233,896.20	80,653.86	1.04	16,661.10	5,745.21	74,908.66
	Planta Ácido de Cobre	32.27	516,974.69	178,267.14	1.77	28,355.91	9,777.90	168,489.24
	Planta de Oxígeno	10.00	160,202.88	55,242.37	0.41	6,568.32	2,264.94	52,977.44
	Total proyectos	**73.57**	**1,178,612.59**	**406,418.13**	**4.07**	**65,202.57**	**22,483.65**	**383,934.49**
Agua de Enfriamiento							0.00	
	Planta Ácido de Zinc	9.00	144,182.59	49,718.14	0.40	6,408.12	2,209.69	47,508.44
	Refinería Zn	3.00	48,060.86	16,572.71	0.10	1,602.03	552.42	16,020.29
	Casa de Fuerza	3.00	48,060.86	16,572.71	0.10	1,602.03	552.42	16,020.29
	Fundición Cu y Pb	2.00	32,040.58	11,048.47	0.06	961.22	331.45	10,717.02
	Total agua enfriamiento	**17.00**	**272,344.90**	**93,912.03**	**0.66**	**10,573.39**	**3,646.00**	**90,266.04**
Agua para Sanitarios							0.00	
	Sanitarios	0.22	3,524.46	1,215.33	0.22	3,524.46	1,215.33	0.00
	Total sanitarios	**0.22**	**3,524.46**	**1,215.33**	**0.22**	**3,524.46**	**1,215.33**	**0.00**
T O T A L		**131.99**	**1,976,324.54**	**681,491.22**	**22.97**	**229,792.74**	**79,238.88**	**602,252.34**

(*): Tipo de cambio: S/. 2.90 / US $. Noviembre 27, 2009

TARIFAS	**S/. / m^3**
Tarifa por uso minero	0.03048
Tarifa por uso poblacional	0.00424

Fuente: Decreto Supremo N° 017-2004-AG

Apéndice N^{o} 14: Cálculo del Beneficio Económico por Labor y Mantenimiento

BENEFICIO ECONOMICO POR LABOR Y MANTENIMIENTO

DESCRIPCION	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	EJECUTADO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO
	10,500,000	11,000,000	11,433,754	17,811,728	20,097,117	19,841,021	15,644,768	14,803,000	15,247,090	15,704,503
Ahorro por mano de obra	0	165,000	171,506	267,176	301,457	297,615	234,672	222,045	228,706	235,568
Ahorro por repuestos	0	330,000	343,013	534,352	602,914	595,231	469,343	444,090	457,413	471,135
Beneficio Estimado (US $ / Año)	**0**	**495,000**	**514,519**	**801,528**	**904,370**	**892,846**	**704,015**	**666,135**	**686,119**	**706,703**

DESCRIPCION	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO	PRESUPUESTO
	16,175,638	16,660,907	17,160,734	17,675,556	18,205,823	18,751,998	19,314,557	19,893,994	20,490,814	21,105,538
Ahorro por mano de obra	242,635	249,914	257,411	265,133	273,087	281,280	289,718	298,410	307,362	316,583
Ahorro por repuestos	485,269	499,827	514,822	530,267	546,175	562,560	579,437	596,820	614,724	633,166
Beneficio Estimado (US $ / Año)	**727,904**	**749,741**	**772,233**	**795,400**	**819,262**	**843,840**	**869,155**	**895,230**	**922,087**	**949,749**

Apéndice Nº 15: Cálculo del Beneficio Económico Total Anual

BENEFICIO TOTAL ANUAL

DESCRIPCION	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	10,500,000	11,000,000	11,433,754	17,811,728	20,097,117	19,841,021	15,644,768	14,803,000	15,247,090	15,704,503
Beneficio por consumo de agua	0	0	93,802	66,899	66,899	66,899	301,458	301,458	301,458	602,252
Beneficio por labor y mantenimiento	0	495,000	514,519	801,528	904,370	892,846	704,015	666,135	686,119	706,703
Beneficio Total (US $ / Año)	**0**	**495,000**	**608,320**	**868,426**	**971,269**	**959,744**	**1,005,472**	**967,593**	**987,577**	**1,308,955**

DESCRIPCION	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	16,175,638	16,660,907	17,160,734	17,675,556	18,205,823	18,751,998	19,314,557	19,893,994	20,490,814	21,105,538
Beneficio por consumo de agua	602,252	602,252	602,252	602,252	602,252	602,252	602,252	602,252	602,252	602,252
Beneficio por labor y mantenimiento	727,904	749,741	772,233	795,400	819,262	843,840	869,155	895,230	922,087	949,749
Beneficio Total (US $ / Año)	**1,330,156**	**1,351,993**	**1,374,485**	**1,397,652**	**1,421,514**	**1,446,092**	**1,471,407**	**1,497,482**	**1,524,339**	**1,552,002**

BIBLIOGRAFÍA

1. INTERNATIONAL STANDARIZATION ORGANIZATION. Information - Références bibliographiques. Partie 2: Documents électroniques, documents ou parties de documents. Norme international ISO 690-2: 1997 (F).Genéve: ISO, 1997, 18 p.

2. INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO (Perú), Carta Geológica Nacional, Boletín N^{o} 69, Geología de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos, Setiembre 1996.

3. NORMA ISO 9001:2000, Sistema de gestión de la calidad – Requisitos, Capítulo 4.

4. ISO 14001:2004 – Sistemas de gestión ambiental – Requisitos, Capítulo 4.

5. ESTUDIO DE REMEDIACIÓN DE LAS ÁREAS AFECTADAS POR LAS EMISIONES DE GASES Y MATERIAL PARTICULADO DEL COMPLEJO METALURGICO DE LA OROYA, Apéndice A: Meteorología, Hidrología Regional de La Oroya, Pág. 43, Concurso Público CP-001-2007-EAMSAC/PAMA , Marzo 2007.

6. PROGRAMA DE ADECUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL, 1996, Geología y Sismicidad – La Oroya, Pág. 015.

7. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS, LEGISLACIÓN AMBIENTAL. Página web: www.minem.gob.pe

8. B.A.C. COOLING TOWERS, SERIES 3000 OPEN COOLING TOWERS CATALOGUE, Baltimore Aircoil Company

9. EL (AUSENTE) ESTADO AMBIENTAL, primera edición, 2008, Iván K. Lanegra Quispe

10. APORTES METODOLÓGICOS AL DESARROLLO DE PLANES DE GESTION INTEGRADA DE CUENCAS, Lima 2009, Editora: Nicole Bernex, Centro de Investigación en Geografía Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Perú (CIGA – PUCP).

11. GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, Lima 2008, Wageningen University, UNESCO.

12. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 16 th Edition, 1985, E.U.A.

13. PLAN DE CIERRE DEL COMPLEJO METALÚRGICO DE LA OROYA, KLOHN CRIPPEN BERGER S.A., Enero 19, 2007.

PLANOS

1. Plano N^{o} T-003-09, “Plano General del Complejo Metalúrgico de La Oroya”

2. Plano N^{o} T-004-09, “Plano Topográfico de las Cuencas Hidrográficas de Yauli y La Oroya”

3. Plano N^{o} T-005-09, “Sistema de Captación y Distribución de Aguas”

4. Plano N^{o} T-011-09, “Proyecto Recirculación de aguas de Enfriamiento”

5. Plano N^{o} T-012-09, “Diagrama de Proceso de la Planta de Ablandamiento de Agua”

6. Plano N^{o} T-013-09, “Proyecto Centralización de Sistemas de Enfriamiento de Agua”

7. Plano N^{o} T-014-09, “Arreglo general de la Planta de Tratamiento de Aguas Industriales”