



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS MATERIALES E
INGENIERÍA METALÚRGICA**

TESIS DOCTORAL

**DESARROLLO DE UN NUEVO MÉTODO
PARA LA ELIMINACIÓN DE CIANURO DE
AGUAS RESIDUALES DE MINA**

BEGOÑA FERNÁNDEZ PÉREZ

2007



Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

Begoña Fernández Pérez

ISBN: 978-84-694-5579-1

Depósito Legal: AS.00487-2011

<http://www.tesisenred.net/handle/10803/31849>

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



Aplicación de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

Fichas Internacionales de Seguridad Química

PERMANGANATO DE POTASIO

ICSC: 0672



KMnO₄
Masa molecular: 158

NºICSC0672
NºCAS7722-64-7
NºRTEC SSD6475000
NºNU1490
Nº CE 025-002-00-9



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	NO poner en contacto con sustancias inflamables.	En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias combustibles y agentes reductores.		
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡HIGIENE ESTRUCTIVA!	
• INHALACIÓN	Sensación de quemazón. Tos. Dolor de garganta. Jadeo. Dificultad respiratoria. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Evitar la inhalación del polvo . Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Dolor.	Guantes protectores. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• INGESTIÓN	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Diarrea. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.



Aplicación de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

Universidad de Oviedo

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. (Protección personal adicional: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.) NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.</p>	<p>Separado de sustancias combustibles y reductoras, metales en forma de polvo . Bien cerrado.</p>	<p>NU (transporte): Ver pictograma en cabecera Clasificación de Peligros NU: 5.1 Grupo de Envasado NU: II</p> <p>CE: símbolo O símbolo Xn símbolo N R: 8-22-50/53 S: 2-60-61</p> <p>  </p>
<p>ICSC: 0672 Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003</p>		



Aplicación de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FÍSICO: ASPECTO: Cristales púrpura oscuro .</p> <p>PELIGROS FÍSICOS:</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo gases tóxicos y humos irritantes . La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores, causando peligro de incendio o explosión. Reacciona violentamente con metales en forma de polvo , originando peligro de incendio.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: (com Mn) 0.2 mg/m³, como TWA; (ACGIH 2003). MAK: (como Mn) 0.5 mg/m³ I; Riesgo para el embarazo: grupo C; Categoría de limitación de pico: 1; (DFG 2003).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación del polvo y por ingestión .</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN: La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación del polvo de esta sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA: La sustancia puede afectar al pulmón, dando lugar a bronquitis y neumonía .</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	Se descompone por debajo del punto de fusión a 240°C Densidad: 2.7g/cm ³	Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 6.4 Presión de vapor, Pa a 20°C: despreciable
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.	
NOTAS		
Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante, (peligro de incendio). Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-51G02-I-II+III		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm		Última revisión IPCS: 2003 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003
ICSC: 0672		PERMANGANATO DE POTASIO
© CE, IPCS, 2003		
NOTA LEGAL IMPORTANTE:	Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.	



ANEJO 2.

ANÁLISIS Y MONITORIZACIÓN DEL CIANURO

Realizar una monitorización rigurosa del cianuro durante y después de la recuperación del oro es esencial para la buena práctica operativa y la protección de la salud y el medioambiente. En el caso de cualquier elemento a controlar, y en mayor medida en el caso del cianuro debido a su toxicidad y rápida evolución, son necesarios rigurosos protocolos de muestreo y procedimientos analíticos con el fin de asegurar un correcto análisis de la información disponible y poder de este modo tomar las decisiones correctas en cada caso. Esto exige una estricta planificación y un exquisito y riguroso trabajo por parte del personal asignado a la realización de dicho trabajo. Los análisis de cianuro son necesarios para controlar las operaciones, evaluar la toxicidad y el cumplimiento normativo, así como para informar al público sobre la manipulación de materiales peligrosos.

Desde el punto de vista del presente estudio, el análisis de los distintos tipos de compuestos cianurados es esencial, sobre todo por la evidente importancia que tiene la calidad de la información. Los métodos empleados más intensivamente en el presente trabajo han sido los indicados a continuación:

- El método de valoración con nitrato de plata para el cianuro libre.
- El método del ácido pícrico (colorimétrico) para la determinación del cianuro disociable en ácidos débiles.

El cuadro siguiente hace referencia a los métodos empleados más comúnmente (fundamentos, medidas, interferencias y otros problemas). Las referencias y denominaciones de los métodos normalizados de análisis de las diferentes familias de compuestos cianurados quedan recogidas también en el cuadro:



Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

Tabla A1. Métodos analíticos normalizados y métodos empleados en el análisis de las diferentes especies de compuestos cianurados.

Familia a cuantificar	Método normalizado (ASTM)	Denominación del método
Cianuro libre	4500-CN-D	Valoración con AgNO_3
Cianuro disuelto	4500-CN-E	Método de la Piridina-Ácido barbitúrico
Cianuro WAD	4500-CN-I	Método del Ácido Pírico
Cianuro SAD	4500-CN-C	Cianuro total después de destilación
Cianuro total	4500-CN-C	Cianuro total después de destilación

A) MÉTODO DE VALORACIÓN CON NITRATO DE PLATA PARA EL CIANURO LIBRE

Consiste en la valoración de un volumen conocido de muestra con una solución estándar de nitrato de plata en acetona, para formar el complejo soluble $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$.

En cuanto se haya complejado todo el ión cianuro presente y exista un pequeño exceso de Ag^+ añadido, este exceso es detectado por el indicador p-dimetilaminobenzalrodanina, sensible a la plata, que vira inmediatamente de color amarillo a color salmón. Se recomienda que si el contenido en cianuro libre de la solución es inferior a 10 mg/l, se proceda con un análisis colorimétrico o potenciométrico (APHA; AWWA y WEF, 1999). La muestra debe estar preservada a valores elevados de pH para asegurar que todo el cianuro libre presente se encuentre en forma iónica. Manteniendo esta precaución, el método se considera libre de interferencias.

B) VALORACIÓN DE CIANURO LIBRE CON NITRATO DE PLATA Y RODANINA

Para determinar la concentración de cianuro libre en disolución se realiza una valoración con nitrato de plata y rodanina como indicador. La disolución de Rodanina al 0,02 % se prepara mediante pesada del compuesto de mismo nombre (5-(4-dimetilaminobencilideno)-Rodanina 99%) en acetona.

Preparación de una disolución de rodanina al 0,02%

El proceso consiste en la preparación de 100 ml de una disolución de rodanina al 0,02% por pesada del compuesto del mismo nombre y su posterior enrase en un volumen conocido. Esta disolución será utilizada después en la planta



Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

como indicador de punto final en la valoración de cianuro libre con AgNO_3 . (1 N)

Como reactivos se utilizan:

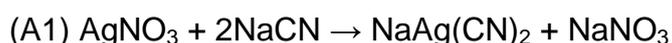
- 5-(4-dimetilaminobencilideno)-Rodanina 99%
- Acetona

Se toma un vaso de precipitado limpio y seco en el que se pesan en la balanza granataria 0,02 g de rodanina. Se le añade un poco de acetona y se agita hasta la total disolución del sólido. Se enrasa a un volumen final de 100 ml en el mismo vaso

Procedimiento de medida:

Se añade en un matraz 10 ml de la muestra a analizar y se van añadiendo unas gotas de Rodanina como indicador.

El nitrato de plata reacciona con el cianuro libre para dar complejo de plata cianurado y nitrato sódico, tal como indica la reacción (A1):



A medida que se va añadiendo nitrato de plata gota a gota desde la bureta, este consume el cianuro en disolución para dar NaAg(CN)_2 . Cuando el cianuro presente en la disolución se termina, la plata del nitrato de plata comienza a reaccionar con las gotas de rodanina añadidas formando un compuesto rosado, es decir, terminando el proceso cuando se aprecie el viraje de color de amarillo a rosa-anaranjado.

Para los cálculos del cianuro libre en solución se calcula que cada ml de AgNO_3 añadido correspondería con 100 ppm de NaCN.



D) MÉTODO DEL ÁCIDO PÍCRICO PARA EL CIANURO DISOCIABLE EN ÁCIDOS DÉBILES

Se trata de un método colorimétrico, que se ha mostrado como relativamente sencillo y adecuado para un amplio rango de concentraciones (Smith y Mudder, 1991). Su fundamento es el desarrollo del color de la solución a analizar, mediante la acción del ácido pícrico en presencia de níquel, y un calentamiento de la solución “*al baño María*” durante 30 minutos, como paso previo a la medida, que se realiza mediante un espectrofotómetro fijando la longitud de onda en la parte visible del espectro, $\lambda=520$ nm. Teóricamente este método mide el cianuro de hidrógeno y los complejos de Cd, Cu, Ni, Ag y Zn (Shifrin *et al.*, 1996), hecho que actualmente se pone en entredicho, ya que se cree que puede disolver otros complejos.

Preparación de una disolución de ácido pícrico:

La disolución de ácido pícrico a utilizar consiste en realidad en una disolución de varios reactivos:

- NaOH, hidróxido sódico en lentejas para análisis. Calidad ISO
- DTPA, Ac. Dietilenotriaminopentaacético 97+%
- Ac. Pícrico humectado con 33.5 de H₂O para análisis. Calidad ACS
- Na₂CO₃, carbonato sódico anhidro para análisis. Calidad ISO.
- Na₂B₄O₇·10H₂O, Tetraborato disódico tetrahidratado. Calidad ACS,ISO

Se toma un vaso de precipitado limpio y seco en el que se pesa en la balanza granataria 32 g de NaOH. El contenido del vaso se vierte a través de un embudo en el interior de un matraz aforado de 2000 ml arrastrándose los restos que pudieran quedar pegados a las paredes con agua destilada. Se rellena el matraz con agua destilada hasta aproximadamente la mitad de su capacidad. Se introduce un imán en el interior del matraz y se coloca sobre un agitador magnético, agitándose hasta la total disolución de la sal.

A continuación se pesa en el vaso 80 g de DTPA, que se añade al matraz y se deja agitando hasta su total disolución. De igual modo se pesan 14 g de ácido pícrico, que se añaden al matraz (se pesarían 12 g si el contenido en humedad del pícrico fuese del 10-15%).



Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

Una vez disuelto, se pesan 16 g de Na_2CO_3 procediéndose de igual forma que con los reactivos anteriores. En el caso de que no se disolviese del todo, se puede añadir al matraz un poco más de agua destilada.

Finalmente se pesan 54 g de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ y se procede como en los casos anteriores. Por último, se retiran el embudo y el imán previamente lavados con agua destilada paredes y bordes de los mismos, y se enrasa a 2000 ml, agitándose varias veces el matraz para conseguir una perfecta homogeneización de la disolución.

Procedimiento de medida:

En un matraz se añaden 25 ml de la disolución de ácido pícrico preparada y se añade un volumen de muestra adecuado (dependiendo de la concentración que se supone pueda tener la solución a valorar. Así, para concentraciones de cianuro superiores a 50 ppm se toman 200 μl de muestra y para concentraciones menores de 10 ppm se recogen muestras de 25 ml). Se añade agua destilada hasta enrasar a 50 ml y se tapan las muestras.

Posteriormente una vez preparadas las muestras, se calientan al baño María durante 35 minutos. Pasado este período de tiempo se ponen a enfriar en agua fría y una vez frías se enrasan con agua destilada hasta 100 ml. Después se miden las absorbancias de cada muestra y se hace el cálculo de las ppm de cianuro wad presente en ellas.

Para poder realizar un cálculo rápido de las ppm de cianuro presentes, se obtienen unas tablas de medidas a partir de la calibración del colorímetro utilizado. La línea de calibración se obtiene a partir de tres muestras patrón con 50, 100 y 200 ppm en cianuro Wad y un blanco. De este modo se obtiene una recta que relaciona concentraciones en ppm con absorbancias.



ANEJO 3. PROPUESTA PARA UNA POSIBLE INSTALACIÓN DE CIANURO



PRESUPUESTO

CAPÍTULO Nº 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0101	m ³	Vaciado mecánico realizado en terreno medio. Se excavará el terreno entre los límites laterales y hasta una cota coincidente con la de explanación marcada en la Documentación Técnica. En bordes con estructuras de protección.	56,795	3,60	204,46 €
UO0102	m ³	Tendido de zahorras cernidas naturales, en tongadas de espesor uniforme, con posterior compactación del material, hasta alcanzar un 98 % del proctor normal. Las zahorras estarán limpias y exentas de arcillas, margas y otros materiales extraños, con un tamaño máximo de piedra de 40 mm, sobre compactado previo del terreno.	32,509	17,15	557,53 €
TOTAL CAPÍTULO Nº 1:					761,99 €



Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

PRESUPUESTO

CAPÍTULO Nº 2. OBRA CIVIL.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0201	m ²	Encofrado y desencofrado de zapatas, mediante planchas metálicas, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Incluso parte proporcional de apuntalamientos previos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante, arriostramientos y paso instalaciones. Realizado según Instrucción E.H.E.	17,290	12,10	209,21 €
UO0202	m ²	Encofrado y desencofrado de pilares, de altura hasta 3,0 m, mediante elementos metálicos, montado de forma que permita un fácil desencofrado. Comprobándose, antes de hormigonar, la solidez del conjunto. Incluso parte proporcional de apuntalamientos, humedecido de los paramentos, limpieza y a condicionamiento de los elementos, montaje, desmontaje, clavazón , desencofrante y arriostramientos. Realizado según la Instrucción E.H.E. Totalmente acabado.	5,832	14,74	85,96 €
UO0203	m ²	Encofrado y desencofrado de forjado nervado, realizado mediante soporte de perfiles metálicos desmontables. Comprobándose, antes de hormigonar, la solidez del conjunto. Incluso parte proporcional de apuntalamientos, humedecido de los paramentos, limpieza y acondicionamiento de los elementos utilizados, montaje, desmontaje, clavazón, desencofrante, arriostramientos y paso instalaciones. Realizado según Instrucción E.H.E. Totalmente acabado.	44,160	15,62	689,78 €
UO0204	m ³	Hormigón fck=150 kg/cm ² , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 40 mm, elaborado en planta, vertido en pozos y zanjas. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, mermas, formación de juntas constructivas y de dilatación, nivelación final del elemento. Colocado en obra. Realizado según Instrucción E.H.E.	11,816	90,54	1.069,82 €

**PRESUPUESTO****CAPÍTULO Nº 2. OBRA CIVIL.**

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0205	m ³	Hormigón fck=200 kg/cm ² , de consistencia plástica y árido de tamaño máximo 20 mm, en zapatas, muros, pilares y forjados. Armado con acero corrugado AEH-400 S con cuantía según proyecto. Incluso parte proporcional de vibrado, curado, regado del encofrado, mermas, formación de juntas constructivas y de dilatación, nivelación y aplomado final del elemento. Colocado en obra. Realizado según Instrucción E.H.E.	8,330	164,40	1.369,45 €
UO0206	m ²	Forjado de semivigueta y bovedilla de hormigón SR-MR de 62x20x16 cm para una sobrecarga de uso de 350 kg/cm ² más peso propio. Incluso colocación, hormigonado de la capa de compresión, senos y zuncho perimetral, herramientas, formación de pendientes y medios auxiliares.	44,160	37,33	1.648,49 €
UO0207	m ²	Impermeabilización de cubierta con lámina de betún elastómera y doble armadura. Incluso remates perimetrales, pulido y raseado de la base.	44,160	8,40	370,94 €
UO0208	m ³	Árido granular 10/30 mm de canto rodado para capa de 10 cm de recubrimiento de cubierta, totalmente nivelada.	10,065	17,92	180,36 €
UO0209	m ²	Capa de mortero de cemento de 3 cm de espesor, en protección de la impermeabilización de la cubierta. Incluso mallazo galvanizado.	40,260	4,63	186,40 €
UO0210	m ²	Pared de ½ asta de ladrillo cara vista "Palau" de 6 cm, color a decidir por la Dirección Facultativa, recibido con mortero de cemento Portland hidrófugo. Incluso llagueado, anclajes laterales del paño, recortes para plaqueta, mochetas, dos caras vistas en nervios, herramientas y medios auxiliares.	68,160	20,96	1.428,63 €



PRESUPUESTO

CAPÍTULO Nº 2. OBRA CIVIL.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0211	m ²	Pared de tabicón de ladrillo de 9 cm doble hueco, tomado con mortero de cemento Portland en formación de cámaras y distribución. Incluso anclajes laterales del paño, mochetas, herramientas y medios auxiliares.	37,200	11,62	432,26 €
UO0212	m ²	Aislamiento térmico con doble placa de porexpán de 3 cm de espesor cada una, colocada a matajuntas en cámara. Incluso sujección, recortes, herramientas y medios auxiliares.	68,160	4,14	282,18 €
UO0213	m ²	Raseo a golpe de llana en paramentos interiores, con mortero de consistencia plástica hidrófugo. Incluso herramientas y medios auxiliares.	68,160	3,07	209,25 €
UO0214	m ²	Raseo maestreado y enlucido con mortero de consistencia plástica hidrófugo en paramentos verticales. Incluso salpicado previo, aristado, herramientas y medios auxiliares.	68,160	6,69	455,99 €
UO0215	ud	Rejilla de ventilación de 25x40 cm de chapa de aluminio, pintado. Incluso colocación, herramientas y medios auxiliares.	1,000	17,28	17,28 €
UO0216	m ²	Carpintería metálica con perfiles normalizados de 40 mm y chapa lisa en puertas ciegas. Incluso herrajes de colgar y seguridad, totalmente colocada.	5,040	41,92	211,28 €
UO0217	m ²	Impermeabilización de suelos mediante revestimiento impermeable, compuesto por mortero hidrófugo a base de polímeros. Incluso parte proporcional de limpieza y preparación del soporte, realización de juntas de dilatación y encuentros, sumideros, solapes, medios auxiliares para su ejecución, etc. Totalmente acabada.	37,200	22,24	827,33 €



PRESUPUESTO

CAPÍTULO Nº 2. OBRA CIVIL.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0218	m ²	Impermeabilización de muros mediante revestimiento impermeable, compuesto por mortero hidrófugo a base de polímeros. Incluso parte proporcional de limpieza y preparación del soporte, realización de juntas de dilatación y encuentros, sumideros, solapes, medios auxiliares para su ejecución, etc. Totalmente acabada.	34,560	15,22	526,00 €
UO0219	m ²	Pintura plástica de acabado liso mate o satinado, tipo Junokril, para interiores, con una capa de imprimación y dos de acabado. Incluso lijado y empaste a dos manos.	105,360	3,14	330,83 €

TOTAL CAPÍTULO Nº 2: 10.531,44 €



PRESUPUESTO

CAPITULO Nº 3. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0301	ud	Medidor-controlador de cobre según método colorimétrico, con 1 ó 2 vías, ciclos de medida cada 20 minutos, resolución de 0,001 mg/l con una precisión del +/- 2 %, nivel mínimo de detección: 0,001 mg/l, salidas 4-20 mA aisladas para uso con PLC, tipo SERES 1000 ó similar. Totalmente instalado.	1,000	14.578,20	14.578,20 €
UO0302	ud	Medidor-controlador de cianuro según método de ión selectivo con 1 ó 2 vías, ciclos de medida cada 6 minutos, resolución de 0,01 mg/l con una precisión del +/- 2 %, nivel mínimo de detección: 0,01 mg/l, salidas 4-20 mA aisladas para uso con PLC, tipo SERES 1000 ó similar. Totalmente instalado.	1,000	15.161,07	15.161,07 €
UO0303	ud	Cuadro eléctrico de protección y maniobra, en armario metálico pintado y secado al horno. Incluso interruptor general, interruptor diferencial, contactores guardamotores, relés térmicos, autómatas programables, sinóptico de estado, selectores M-O-A, pilotos de señalización, bornas, cableado y pequeño material eléctrico. Totalmente montado y probado.	1,000	1.915,15	1.915,15 €
UO0304	ud	Instalación de fontanería para sala de control, dotándola con las tomas de agua necesarias, realizada con tuberías de polietileno para la red de agua fría y con tuberías de PVC para la red de desagües, con los diámetros necesarios para cada punto de servicio, con sifones individuales. Totalmente terminada y probada.	1,000	470,13	470,13 €
UO0305	ud	Instalación de red interior de desagües, incluyendo tuberías de PVC y pozos de registro. Totalmente terminada.	1,000	652,96	652,96 €

**PRESUPUESTO****CAPITULO Nº 3. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.**

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0306	ud	Instalación eléctrica de la sala de control, comprendiendo contador, tomas de tierra, línea de acometida, derivaciones, circuitos interiores, mecanismos, luminarias, luces de emergencia y señalización, etc. Totalmente instalada y en servicio.	1,000	1.243,73	1.243,73 €
UO0307	ud	Depósito prefabricado en PRFV, cilíndrico vertical, cerrado superiormente, con soporte para electroagitador. Capacidad 1.000 litros. Incluso tuberías para llenado, rebosaderos y tuberías de aspiración de bombas, nivel visual con tubo transparente de PVC DN 32 mm, electroniveles de mínima y deflectores antivórtice. Totalmente instalado y probado. Para almacenamiento de reactivos.	3,000	572,15	1.716,45 €
UO0308	ud	Depósito prefabricado en PRFV, cilíndrico vertical, cerrado superiormente, con soporte para electroagitador. Capacidad 2.000 litros. Incluso tuberías para llenado, rebosaderos y tuberías de aspiración de bombas, nivel visual con tubo transparente de PVC DN 32 mm, electroniveles de mínima y deflectores antivórtice. Totalmente instalado y probado. Para almacenamiento de reactivos.	1,000	891,06	891,06 €
UO0309	ud	Electroagitador para depósito, tipo CH-1 ó similar, con motor de 0,25 CV a 1.000 rpm, alimentación 220/380 V-III-50 Hz IP-55. Palier guiado con rodamientos y eje de 1,00 m de longitud. Totalmente instalado y probado.	3,000	1.336,83	4.010,49 €
UO0310	ud	Electroagitador para depósito, tipo DHR-0,5-300-200 ó similar, con motor de 0,50 CV a 1.500 rpm, alimentación 220/380 V-III-50 Hz IP-55. Palier guiado con rodamientos, eje de 0,9 m de longitud, reductor de salida a 300 rpm, hélice sable de 200 mm de diámetro en acero inoxidable AISI 316. Totalmente instalado y probado.	1,000	1.536,19	1.536,19 €

**PRESUPUESTO****CAPITULO Nº 3. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.**

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0311	ud	Bomba dosificadora tipo DMX 190-10 ó similar, con capacidad regulable entre 19 y 190 l/h a 10 bar. Cabezal en polipropileno, juntas EDPM y válvula de bola PTFE. Totalmente instalada y probada. Para permanganato potásico y floculante/polielectrolito.	4,000	2.065,67	8.262,68 €
UO0312	ud	Bomba dosificadora tipo DME 60-10 ó similar, con capacidad regulable entre 0,06 y 60 l/h a 10 bar. Cabezal en polipropileno, juntas EDPM y válvula de bola cerámica. Totalmente instalada y probada. Para lechada de cal.	2,000	1.721,53	3.443,06 €
UO0313	ud	Complementos al sistema de dosificación de permanganato potásico, lechada de cal y/o floculante/polielectrolito, comprendiendo 1 fiitro de aspiración en Y con malla y juntas de FPM, 1 bancada-soporte en acero inoxidable AISI 304, 2 cañas de inyección taradas, 2 aforadores en tuberías de impulsión, 2 válvulas de PVC DN 32 mm y PN 10. Incluso accesorios y parte proporcional de elementos de fijación y soportación. Totalmente instalados y probados.	3,000	1.146,74	3.440,22 €
UO0314	ud	Grupo de presión con 2 bombas GCHD 4-40 E.S. ó similar, de 16 m ³ /h de capacidad unitaria a 9 m.c.a. Potencia 1,16 Kw. Alimentación 220 V 50 Hz. Incluso colectores de aspiración e impulsión, cuadro eléctrico de mando y valvulería. Totalmente instalado y probado.	1,000	1.866,89	1.866,89 €
UO0315	ud	Decantador cilíndrico abierto CVC-DC-TC ó similar, de 13.420 litros de capacidad, 3,0 m de diámetro y 2,9 m de altura total. Incluso deflector de entrada, canal Thompson perimetral de salida, purga automática de lodos a través de válvula de manguito elástico, patas de apoyo, escalera tipo gato y pasarela superior. Totalmente instalado y probado.	1,000	9.804,75	9.804,75 €



Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina

PRESUPUESTO

CAPITULO Nº 3. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0316	ud	Filtro prensa tipo FP 120 ó similar, de funcionamiento automático, con 40 placas de tamaño 1,20x1,20 m, de 6,52 m de longitud y 2,35 m de anchura. Incluso estructura metálica para sustentación elevada. Bastidor en acero AISI 304, grupo electrohidráulico con distribuidor electromagnético a 380 V y 1.450 rpm, válvulas de seguridad incorporadas, placas de cámara incorporada y telas de polipropileno. Totalmente instalado y probado.	1,000	50.289,72	50.289,72 €
UO0317	ud	Instalación de tuberías exteriores para las redes de agua y de tratamiento de lodos. Totalmente colocadas y probadas.	1,000	1.044,73	1.044,73 €
UO0318	ud	Instalación de red exterior de desagües, incluyendo tuberías de PVC y pozos de registro. Totalmente terminada.	1,000	652,96	652,96 €
UO0319	P.A.	Partida alzada, a justificar, para la ejecución de unidades no contempladas en el presente presupuesto.	1,000	2.000,00	2.000,00 €

TOTAL CAPÍTULO Nº 3: 122.980,44 €



PRESUPUESTO

CAPÍTULO Nº 4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

CÓD.	Ud.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
UO0401	ud	Estudio de Seguridad y Salud.	1,000	2.685,48	2.685,48 €
TOTAL CAPÍTULO Nº 4:					2.685,48 €



RESUMEN DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

CAPÍTULO Nº 1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	761,99	€
CAPÍTULO Nº 2. OBRA CIVIL	10.531,44	€
CAPÍTULO Nº 3. INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	122.980,44	€
CAPÍTULO Nº 4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	2.685,48	€
	SUMA:	136.197,36 €

TOTAL DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL: 136.197,36 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de CIENTO TREINTA Y SEIS MIL CIENTO NOVENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS.

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	136.197,36	€
13 % DE GASTOS GENERALES	17.705,66	€
6 % DE BENEFICIO INDUSTRIAL	8.171,84	€
	SUMA:	162.074,86 €
16 % DE I.V.A.	25.931,98	€
	SUMA:	188.006,84 €

TOTAL DEL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA: 188.006,84 €

Asciende el Presupuesto de Ejecución por Contrata a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y OCHO MIL SEIS EUROS CON OCHENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Oviedo, Marzo de 2007



ESTUDIO DE LOS COSTES DIARIOS DE EXPLOTACIÓN

CONSUMO DE REACTIVOS

REACTIVO	PRECIO	CONSUMO	IMPORTE
Agua para dilución	0,16 €/m ³	8,58 m ³ /día	1,37 €
Permanganato potásico	2,73 €/kg	0,11 kg/día	0,30 €
Lechada de cal	61,18 €/Tm	0,24 Tm/día	14,68 €
Floculante/Polielectrolito	0,26 €/kg	0,10 kg/día	0,03 €
			16,38 €/día

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (Se supondrá un coste de 0,094297 €/Kwh)

EQUIPO	POTENCIA	FUNCIONAMIENTO	IMPORTE
Electroagitadores 0,25 CV	3 x 0,184 Kw	24 h/día	1,25 €
Electroagitador 0,5 CV	0,368 Kw	24 h/día	0,83 €
Iluminación sala	0,6 Kw	1 h/día	0,06 €
Bombas dosificadoras DMX	2 x 0,25 Kw	24 h/día	1,13 €
Bomba dosificadora DME	0,067 Kw	24 h/día	0,15 €
Grupo de presión	1,16 Kw	12 h/día	1,31 €
Filtro prensa	7,36 Kw	12 h/día	8,33 €
			13,06 €/día

RESUMEN DE COSTES

COSTE REACTIVOS	16,38 €/día
COSTE ENERGÍA	13,06 €/día
SUMA.	29,44 €/día

Asciende el Coste Diario de Explotación a la expresada cantidad de VEINTINUEVE EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

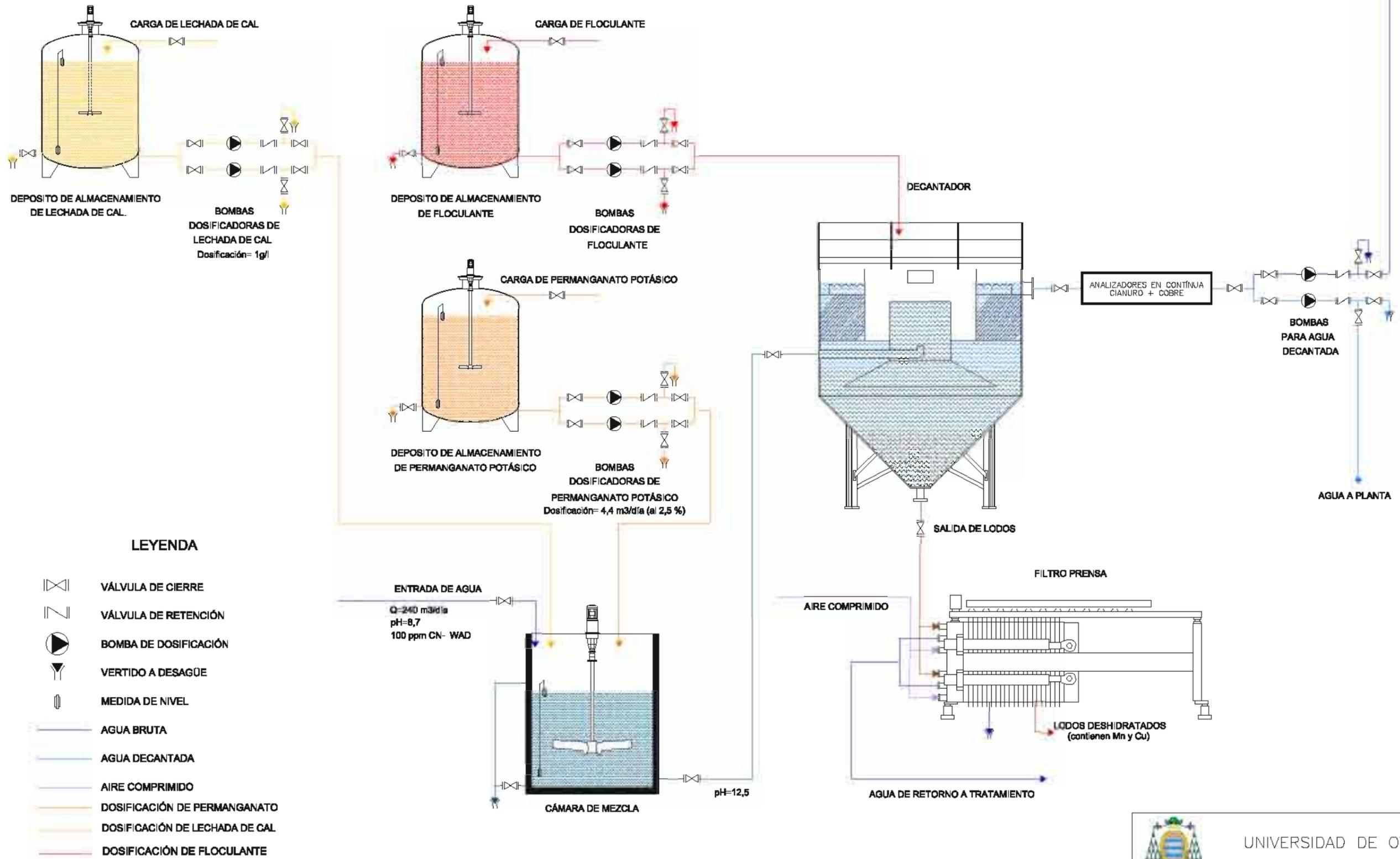
Oviedo, Marzo de 2007



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Tesis doctoral: Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina	Plano n°: 1
Plano de: Plano topográfico de la explotación	Escala: 1/3.000
Autor: Begoña Fernández Pérez	Fecha: Marzo de 2007

AGUA DE RETORNO A TRATAMIENTO

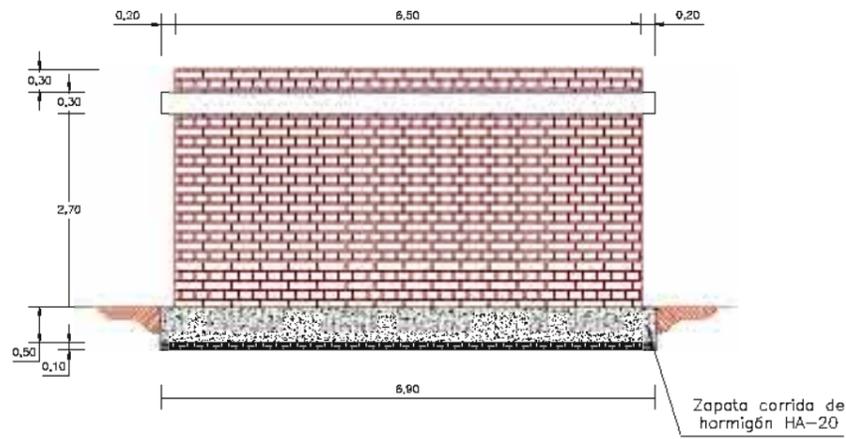


LEYENDA

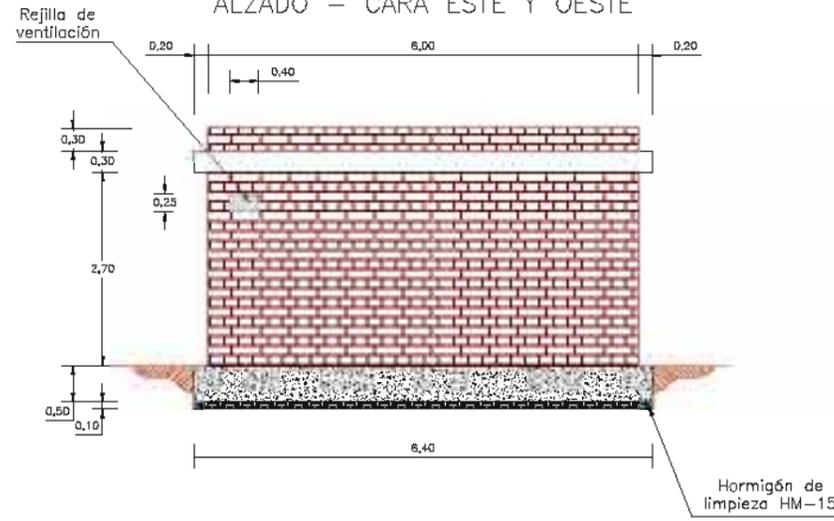
- VÁLVULA DE CIERRE
- VÁLVULA DE RETENCIÓN
- BOMBA DE DOSIFICACIÓN
- VERTIDO A DESAGÜE
- MEDIDA DE NIVEL
- AGUA BRUTA
- AGUA DECANTADA
- AIRE COMPRIMIDO
- DOSIFICACIÓN DE PERMANGANATO
- DOSIFICACIÓN DE LECHADA DE CAL
- DOSIFICACIÓN DE FLOCULANTE

		UNIVERSIDAD DE OVIEDO	
Tesis doctoral: Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina	Plano n°: 2		
Plano de: Esquema del proceso de tratamiento	Escala: Sin Escala		
Autora: Begoña Fernández Pérez	Fecha: Marzo de 2007		

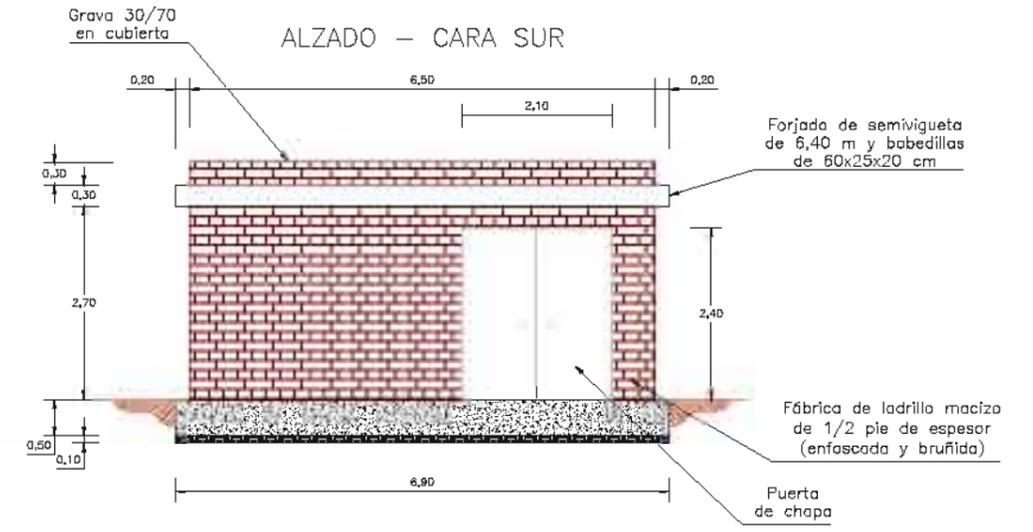
ALZADO – CARAS NORTE



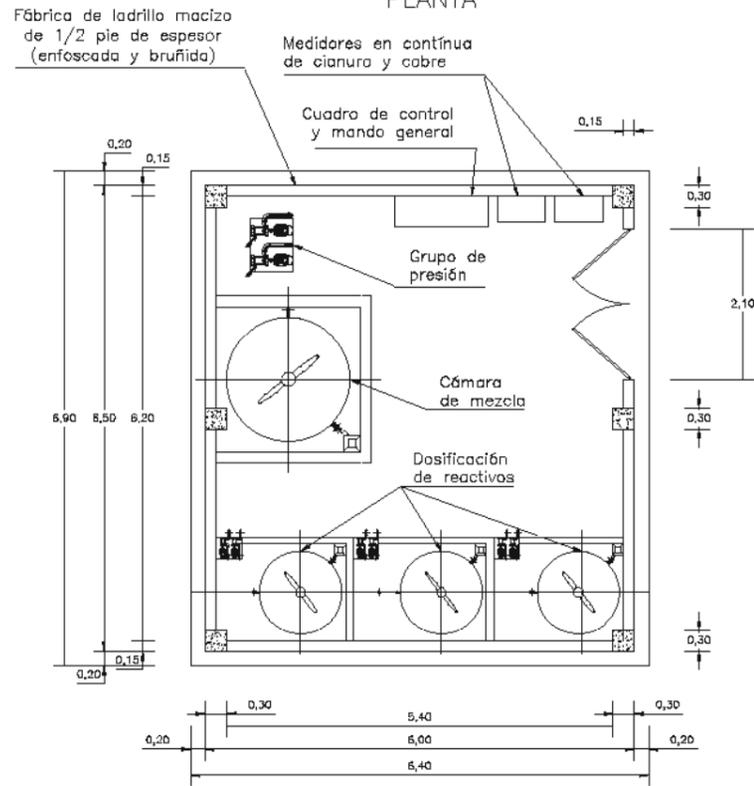
ALZADO – CARA ESTE Y OESTE



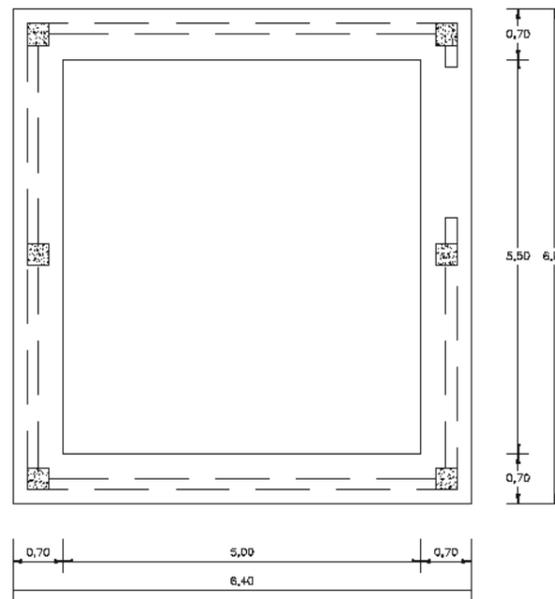
ALZADO – CARA SUR



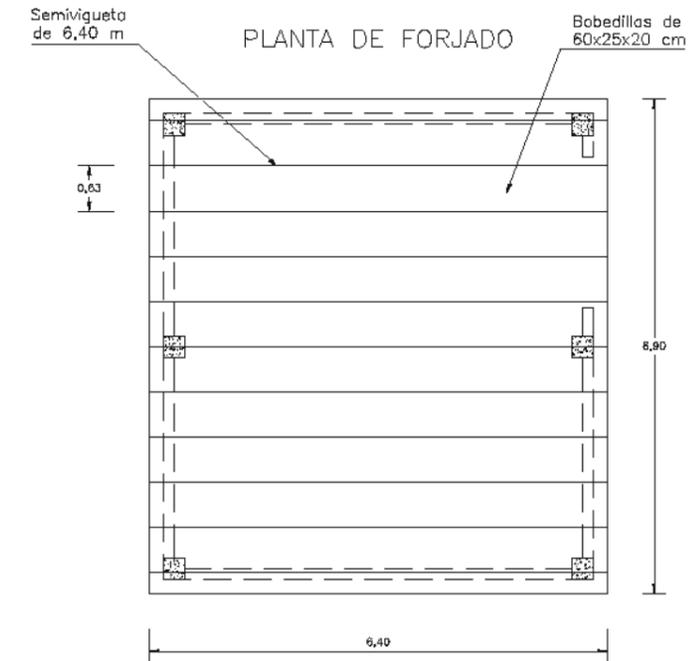
PLANTA



PLANTA DE CIMIENTOS



PLANTA DE FORJADO



CONTROL DE CALIDAD S/EHE			
ELEMENTO	TIPO	NIVEL DE CONTROL	COEF.
ACERO	$f_{yk}=5.100 \text{ kg/cm}^2$	NO SISTEMÁTICO	$f_i=1.15$
HORMIGÓN	$f_{ck}=200 \text{ kg/cm}^2$	CON PROBETAS	$f_i=1.5$
EJECUCIÓN	-	NORMAL	$f_i=1.5$
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
HORMIGONES		$f_{ck} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	
ZAPATAS Y CIMENTACIÓN		200	
VIGAS Y MUROS		200	
DE LIMPIEZA		150	
ACERO		B 500 S	
RECUBRIMIENTO DE ARMADURAS		ALZADOS	3 cm
		CIMENTACIÓN	5 cm



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Tesis doctoral: Desarrollo de un nuevo método para la eliminación de cianuro de aguas residuales de mina	Plano n°: 3
Plano de: Edificio de control y dosificación de reactivos	Escala: 1/100
Autora: Begoña Fernández Pérez	Fecha: Marzo de 2007