

## **Reducción parcial del pasivo ambiental de Palpalá**

**J. R. Pérez <sup>1</sup> | C. Pérez Gómez <sup>1</sup>**

### **Resumen**

Desde la puesta en marcha y producción de arrabio en los Altos Hornos de Zapla en el año 1945 y posterior funcionamiento de sus plantas de acero, laminados y forjados, hasta la fecha, en Palpalá, Provincia de Jujuy se ha acumulado un inmenso volumen de residuos industriales en su parque externo (PE), adyacente a las playas del Río Grande y la Ruta Provincial 21, cercano a conglomerados urbanos, en pleno valle, origen de las célebres llanadas de Palpalá. Hoy, ajustado a la normativa ambiental, se impone la necesidad de implementar un programa de reducción, reciclado económico y disposición final de los residuos dispuestos a cielo abierto en el área; los cuales contaminan de diversas formas al medio, sin que se hayan tomado medidas conducentes a remediar el impacto ambiental que provocan.

**Palabras clave:** Palpalá, pasivo, estío, reducción, oxidación, arrabio, colada, sanear.

### **Introducción**

Al comienzo de la actividad industrial de Zapla y hasta transcurridos unos 15 años, no se percibía con claridad la necesidad de controlar la generación de los residuos industriales. Recién para los años 60, se comenzó a reconocer las limitaciones de recuperación que abriga nuestro ecosistema; y las medidas de alivio que el sector implementó fueron las conocidas como de «final de tubería». Recién para los años 70, se llegó a reconocer que la solución del problema integral, implica la necesidad de redu-

cir al mínimo la generación de los residuos industriales; y que ofrece significativas ventajas para el sector. No obstante, nuestro propósito no radica en hacer una evaluación, pero si diremos que un programa de saneamiento, recuperación y disposición final de estos pasivos, es factible; para lo cual se deben caracterizar cuidadosamente los materiales, elaborar un proyecto integral, incluido un plan de prioridades con cronograma de tiempos y su evaluación. En esta instancia, solo nos detendremos para destacar someramente algunos conceptos sobre estos materiales.

---

<sup>1</sup> Escuela de Minas de la Universidad Nacional de Jujuy, Facultad de Ingeniería e Informática de la Universidad Católica de Salta.

## Saneamiento de pasivos

En el diagrama de flujo de materiales y producción, se han indicado los Efluentes Gaseosos (EG) operados en los hornos y particularmente los residuos industriales de las instalaciones destinadas al Parque Externo (PE), entre cuales se destacan los subproductos de los Altos Hornos y de la Planta de Producción de Acero. El parque indicado se sitúa al Norte del Centro Siderúrgico cercano al Río Grande. Dicho parque alberga en mayor medida las escorias de los Altos Hornos (AA HH) cuya existencia se ha estimado en 1.500.000 t, mientras que las correspondientes de Acería, incluidos los restos de colada, se estiman en 1.000.000 t. En cuanto al llamado Polvo de Ciclón (PDC), se estima también una existencia de 500.000 t. Para una mayor comprensión del espacio físico ver la foto satelital que acompaña al informe.

## Escoria de Alto Horno

Las escorias de los Altos Hornos de Zapla presentan una composición química muy variada, dependiendo estas de los minerales e insumos empleados para la producción del Arrabio. Principalmente están constituidas por cuatro óxidos: CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub> y en menor proporción lo acompañan otros compuestos como: FeO, MnO, TiO<sub>2</sub>. Incluso, una investigación más fina nos debe llevar a determinar otros elementos químicos, incluido su estado de oxidación en el sitio. En Zapla se emplearon con éxito estas escorias para distintos usos, como material de construcción, relleno y aislante térmico. Pero su uso potencial, va desde la producción de cal, cementos especiales, lana mineral y otras aplicaciones. El cuadro que sigue es indicativo de la composición química de algunos de los minerales empleados en Zapla y de las variadas escorias obtenidas en el proceso de reducción del Alto Horno. Los valores se expresan en %.

Descripción	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Mn	P	Fe	S
M9 de Octubre	16,31	6,06	1,72	0,72	0,15	0,68	48,8	0,057
M Pto. Viejo	25,43	7,99	2,06	0,68	0,09	0,62	41,5	0,052
M de Brasil	1,92	0,89	0,34	0,38	0,18	0,07	66,24	0,032
M de Chile	1,9	0,4	1,4	0,6	0,04	0,46	65,1	-
Escoria de AHZ	40-45	10-15	30-40	0-5	-	-	-	-

Minerales de Fe procesados en Zapla y escorias de los AAH

-

### Escoria Thomas-OBM

La obtención de arrabio por reducción de los minerales propios (M 9 de

Octubre- Puesto Viejo) da un producto rico en fósforo, de la composición química aproximada que se indica:

Fe	C	Si	Mn	P	S
93-94	3,4-3,7	0,3-05	0,4-0,7	1,8-1,9	0,025-0,04

Arrabio fosforoso de los AAHH de Zapla

En los convertidores de la Planta de Acería Thomas-OBM, las impurezas del arrabio son oxidadas por inyección de aire/oxígeno y cal, produciendo ace-

ro y una escoria fosforosa que al primer vuelco del convertidor presenta mas o menos la siguiente composición química:

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	FeO
20	50	6	3	7

Escoria fosforosa del proceso de aceración del arrabio en el convertidor

Este producto convenientemente molido constituye el abono fosfatado Thomas que producía y comercializaba AHZ, donde el fósforo y la cal (CaO) cumplen funciones vitales en la mejora de la calidad de los suelos. También estas escorias como asimismo las provenientes de la Acería Eléctrica son susceptibles de ser usadas para otros fines como la producción de cal y otros materiales de construcción.

### Restos de Coladas

Estos materiales, roturados, seleccionados y dimensionados se usan también como chatarra, aptos para la producción de Acero Eléctrico o Fundición Gris en Hornos de Cubilote.

### Polvo de Ciclón (PDC)

Como se expresa en la introducción la estimación de Polvo de Ciclón (PDC) en el Parque Externo (PE) es considerable y el stock deberá ser motivo de una ponderación cuidadosa. Ante la necesidad de sanear el área en el marco de un proyecto sustentable ajustado al Derecho Ambiental, se propone en principio abordar la temática con la aplicación práctica tendiente al uso o reciclado conveniente de el PDC acumulado, por tratarse del residual que se halla más cercano a los pobladores asentados en su área de influencia y que llegada la temporada del estío se producen incendios que afectan a la población, su economía de subsistencia y al

ambiente con su aporte de gases de efecto invernadero (GEI), también responsables en alguna medida del Cambio Climático.

Por otra parte la metodología implementada en el proyecto relativa a la tecnología de los tratamientos de residuos industriales físicos químicos, térmicos, marco legal, etc. podrán servir a los fines de abordar la temática relativa a la recuperación de las escorias de los AAHH y de los convertidores, que obviamente en razón de sus volúmenes involucrarían emprendimiento de mayor envergadura. Asimismo, también el criterio podrá servir a los fines del tratamiento y remediación de otros sitios contaminados, como por ejemplo la playa del ferro carril, el parque de escorias

de la Empresa Fundinor, el antiguo predio de Mina Pirquitas, etc.

### Saneamiento del PE de Polvo de Ciclón (PDC)

El PDC es el residual que acompaña al gas del alto horno a la salida por el tragante y luego es separado en los ciclones y filtros de mangas de la planta respectiva como se aprecia en la **Figura** que ilustra el esquema de la instalación del Alto Horno y sus periféricos. Este subproducto luego es transportado en vagones o camiones al Parque Externo (PE) donde se halla actualmente estacionado con las ulterioridades que provoca en el ambiente.

Producto	Peso	%	C	Residuos	SiO <sub>2</sub>	Fe
#	g	-	%	%	%	%
Cabeza	-	-	80,46	19,54	1,53	12,6
-10 + 18	32,8	3,4	86,53	13,47	1,62	8,29
+ 35	114,6	11,87	90,51	9,49	-	7,02
+ 50	107,8	11,16	90,80	9,20	-	6,76
+ 100	211,4	21,89	89,11	10,89	0,30	7,41
+ 140	137,8	14,27	86,55	13,45	0,95	8,74
+ 200	95,4	9,88	82,04	17,96	2,16	11,05
+ 270	45	4,66	78,29	21,71	4,32	18,1
+ 400	72,7	7,53	69,8	30,20	-	15,18
- 400	148,1	15,34	51,15	48,85	28,57	14,18
	965,6	100				

Muestra de Polvo de Ciclón procedente del Parque Externo de Zapla (28.09.07)

Análisis granulométrico húmedo. Análisis químico (18.10.07)

A los efectos de definir el tratamiento mas adecuado se ha tomado una muestra de PDC y se ha sometido a un análisis granulométrico y químico estudiándose las fracciones, los elementos y sustancias como el carbono (C), el hierro (Fe) y la sílice (SiO<sub>2</sub>). Los resultados se indican en el cuadro « Muestra de Polvo de Ciclón» que sigue, donde se presentan datos de los tamices empleados, carbono, residuo de calcinación, hierro y sílice. Se aprecia que las fracciones comprendidas entre los tamices - 10 mallas

y +200 mallas, registran porcentajes de carbono superior al 80 %. Mientras que los tamices que retienen las fracciones + 400 y - 400 mallas registran porcentajes superiores al 30 % de residuos de calcinación que involucra valores relativamente altos de hierro y sílice

También otra muestra de PDC fue sometida a la acción de un campo magnético de intensidad variable, obteniéndose los valores que se consiguen seguidamente:

Polvo de ciclón	Carbono	Res de Calc	Sílice	Hierro
-	%	%	%	%
No Magnético	82,59	17,41	2,21	15,21
B1 Magnético	36,36	63,54	4,94	58,70
B2 Magnético	68,53	31,74	3,69	27,78

Ensayo metalúrgico de muestra de PDC procedente del Parque externo de AHZ, realizado en el Instituto de Tecnología de los Minerales (INTEMI) el 13.12.07

En relación a los resultados del cuadro precedente, se desprende: a) un producto no magnético de elevado contenido en C y bajo contenido de Fe, b) un producto B1 magnético de contenido medio de C y elevado tenor de Fe, coincidente con el hecho de haber pasado por un campo magnético de baja intensidad y c) un producto B2 magnético de un contenido medio de C, como así también de Fe, este producto estuvo sometido a un campo magnético de mayor intensidad. experiencias de investigación y control que se deben llevar realizar a escala reducida.

### Usos potenciales del PDC

La aplicación del PDC con valores de C superiores al 80 % se estima importante poder emplearlo como combustible en calderas generadoras de vapor, hornos rotativos de cemento y otras instalaciones de la industria metalúrgica y siderúrgica, como la inyección por toberas en los altos hornos donde se ha probado con éxito aplicaciones de hasta 150 Kg por tonelada de arrabio. Mientras que las fracciones finas (+270 - 400 mallas) podría ser idóneo incorporarlas al suelo como enmiendas.

En relación al producto B1 magnético podría ser sometido a una operación de optimización y enriquecimiento del mineral de Fe para luego ser peletizado, secado y empleado como carga metálica en el horno eléctrico para la producción de acero.

Con una muestra de PDC retenido en el tamiz de 140 mallas se determinó el poder calorífico inferior (PCI) en una bomba calorimétrica dando 4.851 Kcal/Kg equivalentes a 20.306 KJ/Kg. Se destaca que el poder calorífico de las briquetas de carbón varía entre 5.200 y 5.300 Kcal/Kg. Este producto se cita por estar fabricado con finos de carbón vegetal de tamaños menores de 12 mm.

El poder calorífico del carbón vegetal depende de varios parámetros como la madera, su estacionamiento, proceso de carbonización, humedad, etc. Sus valores típicos están comprendidos entre 6.600 y 7.200 Kcal/Kg y el parámetro más empleado, indicativo de la calidad del producto es el carbono fijo.

## Conclusiones

De los revelamientos de campo realizados y de los ensayos preliminares efectuados, surge la necesidad del saneamiento de los pasivos acumulados en el Parque Externo, comenzando con el de PDC. Resulta imperante abordar el tema con total responsabilidad. Para lo cual habrá que realizar los estudios pertinentes, tales como ensayos en planta piloto, estudios técnicos, económicos, de impacto ambiental, etc.

Además habrá que involucrar personal idóneo, planificar las acciones que permitan el desarrollo de la infraestructura técnica, administrativa y de gestión que hagan posible la concreción del proyecto. Asimismo habrá que involucrar también a las instituciones como Aceros Zapla, El Municipio, Universidades, ONGs, y Empresas, para articular las medidas apropiadas al tema concreto de saneamiento.

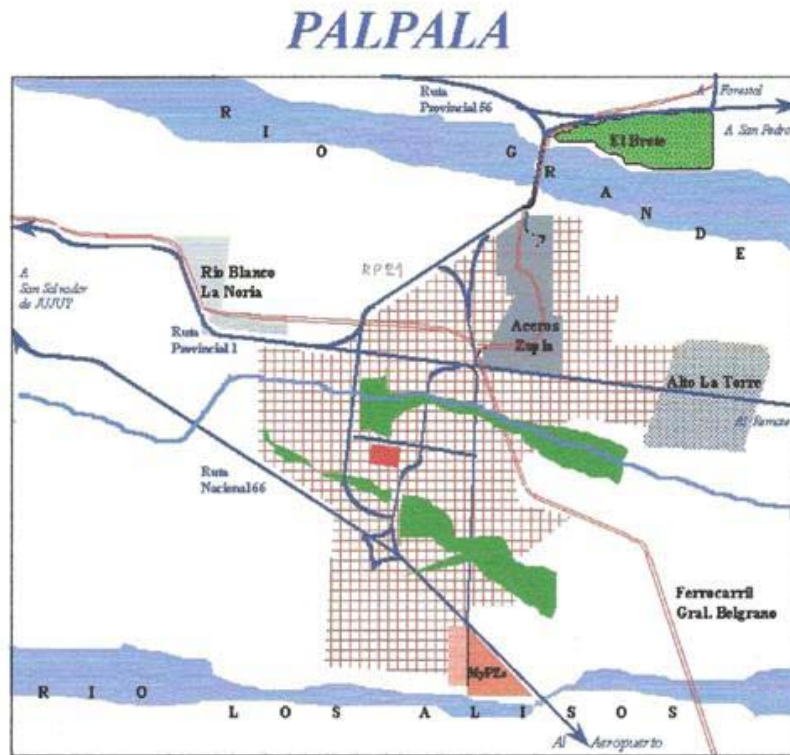
La implementación del proyecto podrá servir a múltiples propósitos, en primer lugar, para definir una metodología de trabajo que podrá ser aplicada luego para el saneamiento de otros pasivos y sitios contaminados en el entorno del área industrial, particularmente contaminados con residuos provenientes del tratamiento de concentrados de minerales de metales pesados, procesados en los parques industriales de Palpalá, Alto la Torre y La Noria –Río Blanco.

También el saneamiento del sitio propuesto podrá generar fuentes de trabajo dignas, con producción de bienes con valor agregado, como asimismo incidir en la toma de conciencia en la comunidad y de la sociedad en general, sobre la necesidad de poner en valor un espacio totalmente antropizado, e instalado en el área protegida de Las Yungas, donde hoy lucen ciertamente un aspecto deprimente.

Por último, resulta oportuno destacar que el proyecto del saneamiento y recuperación del polvo de ciclón, como asimismo la de otros pasivos, se encu-

dra totalmente en las instrucciones que el Defensor del Pueblo de la Nación mediante Resolución 048/08, exhorta a los gobiernos provincial y municipal a convocar a una Audiencia Pública para informar y responder los interrogantes

relativos a la calidad ambiental local y crear una Comisión entre sus actores para diseñar un plan que garantice la reconversión ambiental de las industrias instaladas en Palpalá y neutralice los riesgos de impactos individuales y colectivos.



Áreas urbanas, suburbanas, espacios verdes y parques industriales

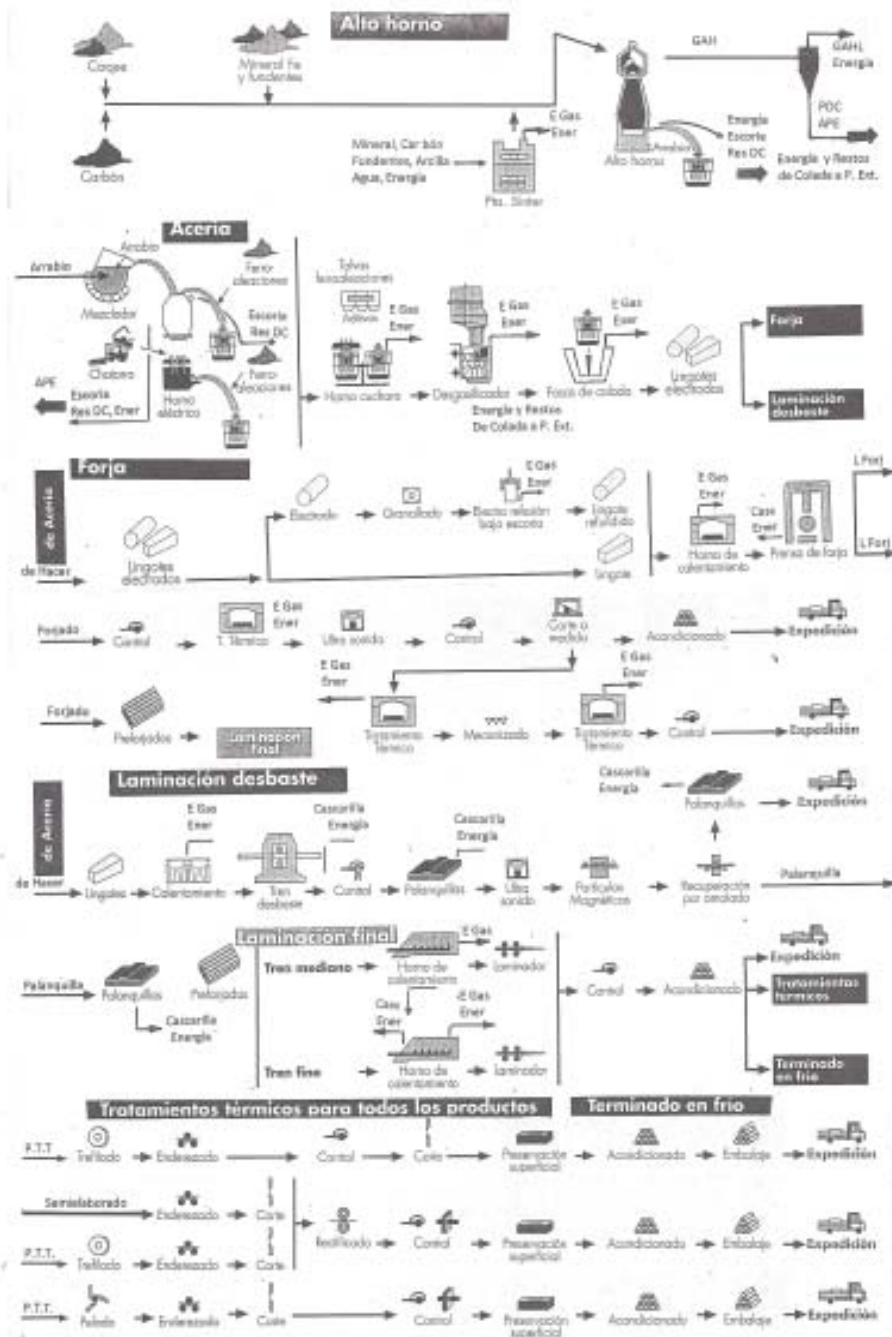
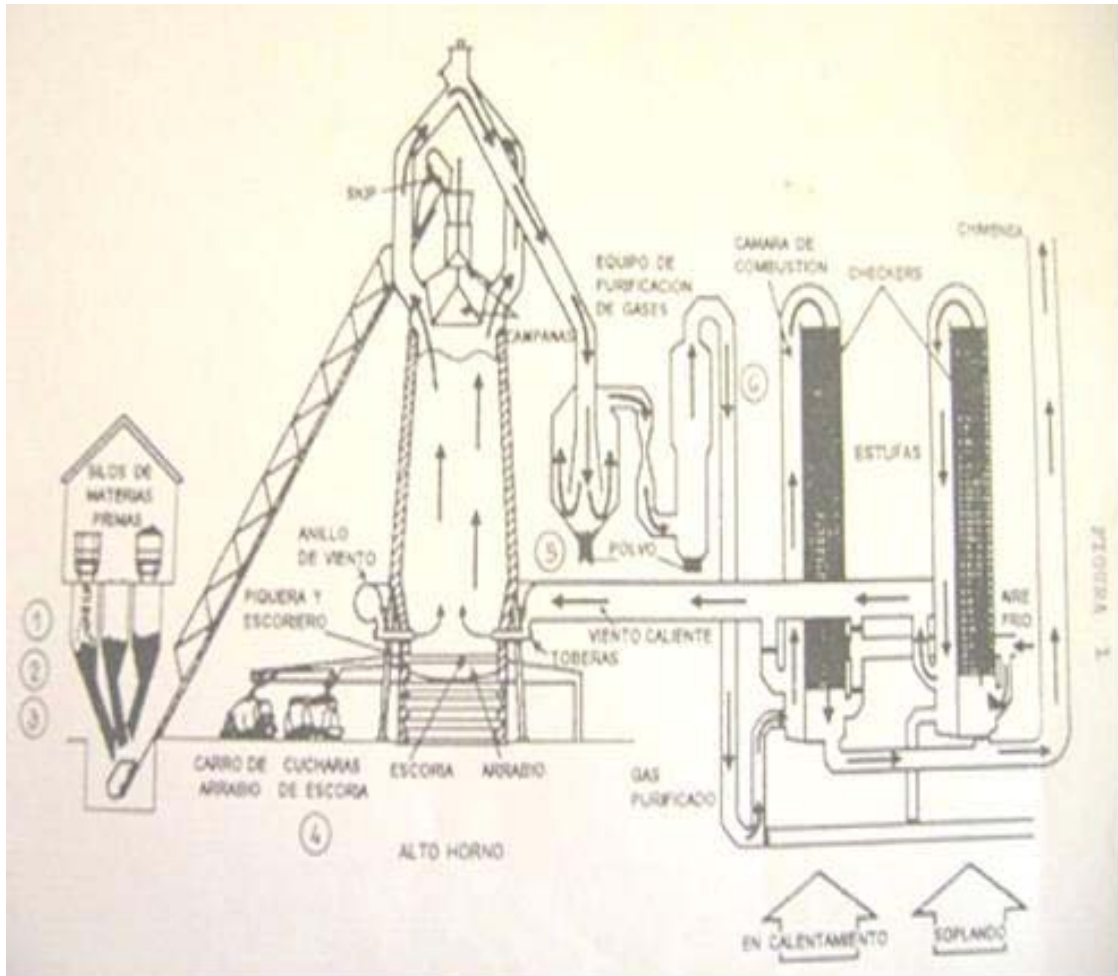


Diagrama de flujo de materiales de AHZ-AZ





Esquema de la instalación del Alto Horno y sus periféricos



Parque externo de AHZ-AZ

*Caracterización geotécnica y análisis de estabilidad de los macizos rocosos*



Vertedero de RSU en playa del Río Grande – Parque externo de escorias



Polvo de Ciclón en parque externo

## Referencias

1. Echagüe Salvo. 1999. Savio, acero para la industria. Bs. As. Ghirlanda
2. Janicow Arturo. 2000. Introducción a los procesos metalúrgicos. UNJU
3. Kiely Gerard. 1999. Ingeniería ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. España
4. Lovelock James. 2007. La venganza de la tierra. Bs. As. Planeta
5. Nicodemo Miguel Ángel. 2003. Mis primeros 50 años en la siderurgia del país, su nacimiento y desarrollo. UNJU