CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

PROYECTO P-914
INFORME FINAL

"ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO"

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

PROYECTO P-914
INFORME FINAL

"ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO"

Jefe de Proyecto : Sr. Hugo Muñoz R.

Investigadores : Sr. Juan C. Yáñez C.
Sra. María E.Cámara E.

LEOPOLDO BUSTOS I.
Jefe División Control Ambiental

JUNIO, 1992

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

PROYECTO P-914
INFORME FINAL

"ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO"

Preparado para : COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICIO S.A.

Por : CIMM, División Control Ambiental

JUNIO, 1992

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

PROYECTO RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN LA CUENCA DEL RIO HUASCO III REGION

Preparado a Solicitud de : COMPAÑIA MINERA DEL PACIFICO S.A.

Para ser presentado a : SERVICIO AGRICOLA Y GANADERO, III REGION

Por : CIMM, División Control Ambiental

JUNIO, 1992

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

CIMM

CONTENIDO

		pág.
RESUMEN		
1.-	INTRODUCCION	1
2.-	ESTACIONES DE MEDICION	2
2.1	Lugares de Medición	2
2.2	Descripción General	4
3.-	EQUIPOS DE MEDICION	5
3.1	Revisión General de Equipos de Medición	5
3.2	Definición del Equipo Estándar de Medición	7
3.3	Especificaciones Técnicas del Equipo Propuesto	8
4.-	PROCEDIMIENTO DE OPERACION Y MUESTREO	9
4.1	Operación de Equipos	9
4.2	Cosecha de Muestras	9
5.-	PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS	11
6.-	ANALISIS QUIMICO DE HIERRO TOTAL	12

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

CIMM

CONTENIDO
(continuación)

pág.

7.- VALIDACION DE DATOS 14

8.- REGISTRO DE DATOS 15

9.- REFERENCIAS 16

Figuras (1 a 11)

A N E X O S

ANEXO 1 : Criterios para la Instalación de Equipos de Muestreo de Material Particulado Sedimentable.

ANEXO 2 : Revisión General Equipos de Medición de Material Particulado Sedimentable.

ANEXO 3 : Método para la Determinación de Material Particulado Sedimentable.

ANEXO 4 : Norma ISO 2597 para Determinación de Contenido de Hierro Total.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

RESUMEN

1.- INTRODUCCION

A solicitud de Compañía Minera del Pacífico S.A., el Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM, a través de su División Control Ambiental, ha desarrollado el presente estudio denominado: ***"Especificaciones Técnicas para Implementación de Red de Monitoreo Material Particulado Sedimentable en Cuenca Río Huasco".***

El objetivo del estudio fue realizar las especificaciones técnicas de los equipos de medición, procedimiento de operación de muestreo, análisis y registro de datos para la red de monitoreo de material particulado sedimentable en la Cuenca del Río Huasco, de acuerdo al Decreto N°04 Exento del Ministerio de Agricultura, 04 de Mayo de 1992.

2.- *ASPECTOS GENERALES*

Compañía Minera del Pacífico S.A. desarrolló algunos estudios tendientes a evaluar el impacto del material particulado sedimentable proveniente de las emisiones de la Planta de Pellets de Huasco, en el Valle del Río Huasco.

Para cumplir con estos objetivos, Compañía Minera del Pacífico S.A., suscribió un contrato de prestación de servicios con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA, y el Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, quienes ejecutaron entre Enero y Mayo de 1991 el Proyecto ***"Tipificación de Elementos Particulados en el Valle del Río Huasco, III Región".***

En este mismo sentido, Compañía Minera del Pacífico S.A. solicitó a CIMM en Octubre de 1991 realizar mediciones isocinéticas en la Planta Pellets de Huasco a fin de cuantificar las emisiones de material particulado de sus chimeneas.

Ambos estudios sirvieron de base para implementar el Decreto N°04 Exento del Ministerio de Agricultura del 04 de Mayo de 1992, para establecer normas de calidad del aire para material particulado sedimentable en la cuenca del Río Huasco, III Región.

3.- *ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO"*

Para cumplir con los objetivos del presente estudio, se efectuó una revisión bibliográfica a fin de buscar antecedentes de métodos y equipos de medición de material particulado sedimentable que son empleados en otros países, principalmente en Alemania, Japón y España.

En este informe se describe el proyecto de red de monitoreo propuesto, el que consta de los siguientes puntos:

- *Estaciones de Medición*
- *Equipos de Medición*
- *Procedimiento de Operación y Muestreo*
- *Procesamiento de las Muestras*
- *Análisis Químico del Hierro Total*
- *Validación de Datos*
- *Registro de Datos*

4.- *CONCLUSIONES*

En el marco de lo solicitado del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones:

- *La red de monitoreo propuesta tendrá como objetivo vigilar la calidad del aire por material particulado sedimentable e hierro contenido en el material particulado, que abarque el área de influencia de la Planta de Pellets de Huasco, propiedad de la Compañía Minera del Pacífico S.A.*

- *La red de monitoreo consta de 15 estaciones convenientemente ubicadas en la cuenca del río Huasco entre las localidades de Huasco y Freirina.*

- *En cada estación se instalará un colector estándar de material particulado sedimentable, y se realizarán muestreos por un período de 1 mes. Se determinará la concentración promedio diaria de material particulado sedimentable y concentración promedio diaria de hierro contenido en el material particulado.*

- *Cada estación de medición consistirá de un recinto cerrado de sección 2 x 5 m, con su correspondiente placa de identificación. En un sector del recinto se instalará un equipo colector y habrá un espacio disponible para que el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), eventualmente instale un equipo adicional con fines de control y fiscalización. Todo el recinto deberá estar resguardado con una reja de protección y una puerta con llave.*

- *El equipo estándar propuesto para la red de monitoreo de material particulado sedimentable de Huasco, está basado en un equipo estándar británico al que se le modificó el diámetro del depósito colector a 50 cm para lograr colectar la cantidad de muestra necesaria para el análisis químico por hierro total. El equipo tiene una altura de 1,5 m, área de colección de 1963 cm^2 y será instalado sobre una plataforma a 1,5 m sobre el nivel del suelo.*

- *Para la cosecha de las muestras e instalación de un nuevo frasco colector en las estaciones de medición se contempla un período comprendido entre los 2 últimos días del mes calendario en curso y los 2 días del mes siguiente.*

- *Se propone un método detallado para la determinación del material particulado sedimentable que incluye desde la recolección de la muestra hasta el cálculo de parámetros.*

- *La norma recomendada para el análisis de hierro total contenido en el material particulado sedimentable, es la Norma ISO 2597 - 1985, Método 1.*

- *Una vez que los datos de concentración de material particulado sedimentable y de hierro contenido en el material particulado sedimentable hayan sido validados, se procederá a almacenar en un computador los valores obtenidos para cada estación de medición.*

- *Se enviará un informe mensual al Servicio Agrícola y Ganadero la tercera semana de cada mes.*

1.- INTRODUCCION

La Red de monitoreo propuesta tendrá como objetivo vigilar la calidad del aire por material particulado sedimentable e hierro contenido en el material particulado que abarque el área de influencia de la Planta de Pellets de Huasco propiedad de la Compañía Minera del Pacífico S.A.

En este documento se presentan los procedimientos propuestos de operación, muestreo, análisis y registro de datos. Además, se incluyen las especificaciones de los equipos de colección su localización, el procedimiento para determinar las concentraciones ambientales de material particulado sedimentable y el método químico para la determinación del hierro total en el material particulado.

2.- ESTACIONES DE MEDICION

La Red de monitoreo de calidad del aire estará compuesta básicamente de 15 estaciones de medición ubicadas en la cuenca del río Huasco entre las localidades de Huasco y Freirina. El número de estaciones de medición y ubicación aproximada de ellas fue definido en base a un estudio de mediciones realizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) denominado **"Tipificación de Elementos Particulados en Valle del Río Huasco, III Región"**, estudio realizado en los primeros meses del año 1991.

En cada estación de medición se instalará un colector estándar de material particulado sedimentable y se determinará durante un período de 1 mes la concentración promedio diaria de material particulado sedimentable y la concentración promedio diaria de hierro contenido en el material particulado. En la Figura N°1 se muestra un diagrama de bloques de la red de monitoreo con las principales actividades funcionales.

2.1 Lugares de Medición

Los lugares de ubicación de las estaciones de medición definidos inicialmente para la red de monitoreo se resumen en la Tabla N°1 y su ubicación se muestra esquemáticamente en la Figura N°2.

Para la selección del punto específico de instalación de la estación de medición se debe considerar lo estipulado en las normas de instalación de equipos de medición, facilidad de accesos y parámetros económicos. En Anexo 1 se incluyen criterios generales para la instalación de los equipos.

Si en alguno de los lugares mencionados en la Tabla N°1 no fuera posible cumplir con los requisitos necesarios, la estación de medición se debe ubicar en otra localidad cercana.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

Tabla N°1: Ubicación Estaciones de Medición.

ESTACION DE MEDICION N°	U B I C A C I O N
1	Prop. Sr.Homero Callejas M. en Bellavista
2	Fundo Los Bajos de Bellavista Sr. Sebastián Callejas
3	Prop. Sr.Alberto Callejas M. en Bellavista
4	Prop. Sr.René Rojo en Sector Bellavista
5	Fundo La Cachina, del Sr. Hernán Callejas
6	Prop. Sr.Santiago Rojas, entre Bellavista y Huasco Bajo
7	Prop. Sr.Julio Tamblay, en La Cachina
8	Prop. Sr.Moisés Portilla, en La Cachina
9	Prop. Sr.Facundo Portilla en Huasco Bajo
10	Prop. de Sucesión Juan Cruz Zuleta, en Lo Avalos
11	Fundo Montt, Sra.Margarita Callejas
12	Fundo El Mirador, Sr. Maximiliano Callejas
13	Fundo La Camelia, Sra. Selma Rojas
14	Prop. Sr.Guillermo Hurtado, en Freirina
15	Prop. Sr.Sebastián Callejas M., en Los Guindos

2.2 Descripción General

Cada estación de medición consistirá de un recinto cerrado de una sección de 2 x 5 metros con su correspondiente placa de identificación. En un sector del recinto se instalará un equipo colector y habrá un espacio disponible para que el Servicio Agrícola y Ganadero, eventualmente instale un equipo adicional con fines de control y fiscalización (Artículo 1º Transitorio, del Decreto Nº04 Exento, Ministerio de Agricultura) [5].

Todo el recinto deberá estar resguardado con una reja de protección y el ingreso a éste deberá ser realizado sólo por personal autorizado, por lo que se deberá contemplar puertas con llaves con copias en poder del operador de la Red y de un funcionario del Servicio Agrícola y Ganadero.

En la Figura Nº3 se incluye un plano ejemplo de diseño de la reja de protección.

Se recomienda una reja de malla tipo bizcocho fija en marcos metálicos, a modo de bastidores que se unen entre sí mediante pernos con postes montados en poyos de cemento enterrados a 50 cm.

Es conveniente, para mayor protección de la estación, que la reja tenga en la parte superior tres corridas de alambre de púa.

En la Figura Nº3, se presenta además en planta y elevación el equipo de medición instalado sobre una plataforma ubicada a una altura de 1,5 m sobre el suelo. El área de la plataforma será de 1 x 1,5 m., espacio suficiente para alojar el equipo y al operador. Esta plataforma tendrá barandas de seguridad y una escala de acceso con pasamano y puede ser montada sobre cuatro poyos independientes.

Para evitar la rapida corrosión de las estructuras metálicas es recomendable que sean protegidas con pintura epóxica y unidas con pernos galvanizados.

3.- EQUIPOS DE MEDICION

3.1 Revisión General de Equipos de Medición

La técnica estándar para medir la depositación de material particulado es usar un recipiente de boca abierta llamado "medidor de depósito" que tiene un orificio circular de diámetro conocido. El medidor de depósito es expuesto a la atmósfera por un período suficiente de tiempo (normalmente 1 mes) para recolectar una cantidad representativa de muestra.

Muchos de los datos que han sido reportados indican que la medición de material particulado sedimentable no es exacta todas las veces y el medidor de depósito sólo da una medida razonable de depositación sobre la superficie de la tierra cuando las velocidades del viento son bajas. Con vientos fuertes, los medidores de depósito colectan menos material particulado, y también la cantidad colectada es apreciablemente afectada por cualquier cambio en el ángulo vertical entre la dirección del viento y el plano del medidor.

Se realizó una completa revisión de los diferentes equipos para la medición de material particulado sedimentable, los resultados de esta revisión bibliográfica se incluyen en el Anexo 2.

De la revisión bibliográfica realizada se desprende que la mayor dificultad, en la operación de los diferentes equipos de medición, es el efecto negativo del viento, el cual a medida que aumenta disminuye la eficiencia de colección de los equipos. En la bibliografía revisada no se cuantifica la disminución de la eficiencia de los equipos en presencia de vientos fuertes, sin embargo se menciona que el equipo que menos problemas presenta por este concepto es el equipo Hibernia de procedencia alemana.

A modo de referencia según la clasificación Beaufort usada por la organización meteorológica mundial (Tabla N°2) vientos fuertes son aquellos que tienen una velocidad instantánea comprendida entre 10,8 a 13,8 m/seg.

Durante el período de mediciones realizadas por el INIA se midieron parámetros meteorológicos en el Valle de Huasco en el período comprendido entre el 7 a 21 de Febrero, detectándose velocidades promedios horarios máximas de 6,7 m/seg.

Tabla N°2

Wind speed equivalents

Beaufort number	Description	Wind speed equivalent at a standard height of 10 metres above open flat ground				Specifications for estimating speed over land
		Knots	*Metres per second*	*Kilometres per hour*	*Miles per hour*	
0	Calm	< 1	0 – 0.2	< 1	< 1	Calm; smoke rises vertically.
1	Light air	1 – 3	0.3 – 1.5	1 – 5	1 – 3	Direction of wind shown by smoke-drift but not by wind vanes.
2	Light breeze	4 – 6	1.6 – 3.3	6 – 11	4 – 7	Wind felt on face; leaves rustle; ordinary vanes moved by wind.
3	Gentle breeze	7 – 10	3.4 – 5.4	12 – 19	8 – 12	Leaves and small twigs in constant motion; wind extends light flag.
4	Moderate breeze	11 – 16	5.5 – 7.9	20 – 28	13 – 18	Raises dust and loose paper; small branches are moved.
5	Fresh breeze	17 – 21	8.0 – 10.7	29 – 38	19 – 24	Small trees in leaf begin to sway, crested wavelets form on inland waters.
6	Strong breeze	22 – 27	10.8 – 13.8	39 – 49	25 – 31	Large branches in motion; whistling heard in telegraph wires; umbrellas used with difficulty.
7	Near gale	28 – 33	13.9 – 17.1	50 – 61	32 – 38	Whole trees in motion; inconvenience felt when walking against the wind.
8	Gale	34 – 40	17.2 – 20.7	62 – 74	39 – 46	Breaks twigs off trees; generally impedes progress.
9	Strong gale	41 – 47	20.8 – 24.4	75 – 88	47 – 54	Slight structural damage occurs (chimney-pots and slates removed).
10	Storm	48 – 55	24.5 – 28.4	89 – 102	55 – 63	Seldom experienced inland; trees uprooted; considerable structural damage occurs.
11	Violent storm	56 – 63	28.5 – 32.6	103 – 117	64 – 72	Very rarely experienced; accompanied by widespread damage.
12	Hurricane	64 and over	32.7 and over	118 and over	73 and over	

The relation between the Beaufort number B and the wind speed V, in m s^{-1}, is based on the empirical formula derived from the work of Sir G. C. Simpson (reference: Meteorological Office Publication No. 180, London, 1906), the wind speed (average value integrated over ten minutes) being measured at a height of ten metres above the ground.

204

3.2 Definición del Equipo Estándar de Medición

La definición de un equipo de medición de material particulado sedimentable dependerá de las condiciones locales, del período de medición, de la carga de material particulado y de los requerimientos de análisis químico y/o mineralógicos.

El equipo a seleccionar en este caso debe además cumplir con los requerimientos establecidos en el Decreto N°04 Exento del Ministerio de Agricultura[5], que indican que las mediciones de concentración de material particulado sedimentable deben tener las siguientes características:

- Que estén referidas a la medición de partículas en caída gravitacional en una determinada superficie de intercepción por unidad de tiempo.
- Que el lapso de acumulación de material particulado sedimentable en los receptáculos será de un mes calendario. Con la excepción del mes de Diciembre, que será cada 15 días.
- Que las mediciones serán ininterrumpidas y permanentes.
- Que la determinación del elemento hierro en el material particulado sedimentable se hará por métodos químicos.

Por otro lado, el equipo a seleccionar debe ser similar o equivalente al utilizado en el estudio INIA[9], el cual sirvió de base para establecer las normas secundarias de calidad del aire para material particulado sedimentable en la cuenca del río Huasco (Artículo 4, Decreto N°04 Exento, Ministerio de Agricultura).[5]

Los equipos de colección estándar británico y Löbner-Liesegang son los que mejor cumplen los requisitos para ser seleccionados como equipo de medición para la red de monitoreo. Conceptualmente ambos equipos son equivalentes y sólo tienen diferencias de diseño. El equipo estándar británico además es utilizado en Japón y España.

Para la red de monitoreo de material particulado sedimentable de Huasco el equipo estándar de medición propuesto está basado en el equipo estándar británico, al que se le modifica el

diámetro del depósito colector a 50 cm para lograr colectar la cantidad de muestra necesaria para el análisis químico por hierro total y además se le realizan modificaciones de diseño para una mejor operación.

3.3 Especificaciones Técnicas del Equipo Propuesto

3.3.1 Generalidades

El muestreador estándar propuesto permite recoger las partículas existentes en el aire que son depositados por la gravedad o arrastradas por la lluvia y consiste de cuatro unidades principales.

- Soporte
- Depósito colector
- Frasco colector
- Conexión

El equipo tiene una altura de 1,5 m con un depósito colector de 50 cm de diámetro nominal, con un área de colección de 1963 cm^2. El depósito puede ser de vidrio, cerámico, aluminio u otro material no magnético de superficie interior lisa. Las dimensiones del equipo son sólo referenciales y pueden ser modificables por conveniencia de fabricación.

Una descripción más detallada del equipo se presenta en el Anexo 3, Método para la Determinación de Material Particulado Sedimentable (sección 7 a 7.1.4).

3.3.2 Planos del Equipo

En las Figuras Nºs.4, 5 y 6 se presentan los planos de diseño del equipo, indicándose sus dimensiones y el tipo de material para su fabricación. El equipo no lleva soldadura sino que su estructura se une mediante pernos, pudiendo ser fácilmente desmontado y trasladado a otro lugar.

Para evitar problemas de resuspensión de material particulado desde el terreno, el equipo se instalará sobre una plataforma ubicada a 1,5 m sobre el suelo (Figura Nº3).

4.- PROCEDIMIENTO DE OPERACION Y MUESTREO

4.1 Operación de Equipos

La operación de los equipos de la red de monitoreo de material particulado sedimentable la realizará un operador debidamente entrenado.

El recorrido de las quince estaciones se efectuará en un vehículo, en compañía de un funcionario del Servicio Agrícola y Ganadero. Para el traslado de los 15 frascos colectores se deberá disponer de un embalaje adecuado que impida su volcamiento y contaminación con polvo u otras sustancias.

El procedimiento de operación a seguir está explicado en el Anexo 3, Método para la Determinación de Material Particulado Sedimentable. (sección 8).

4.2 Cosecha de Muestras

En el período comprendido entre los 2 últimos días del mes calendario en curso y los 2 días del mes siguiente, el operador de la red en compañía de un funcionario del SAG procederá a cosechar las muestras recolectadas e instalar un nuevo frasco colector para el siguiente período de muestreo.

En cada estación de muestreo se deberá llenar en duplicado una planilla con la siguiente información:

- Nº de estación
- Fecha y hora de muestreo (inicio y término)
- Nº de serie del equipo
- Nº del depósito colector y su área
- Nº de frasco colector

Además de esta información, en la planilla se deben anotar las observaciones relativas a situaciones o hechos ocurridos en la estación que de alguna manera pudieran afectar los resultados del muestreo. Las planillas deben ser firmadas por el operador de la red y funcionario del Servicio Agrícola y Ganadero. En la Figura Nº7 se incluye una planilla tipo.

El procedimiento para la cosecha de una muestra e instalación de un frasco limpio para el próximo período de muestreo se presenta en el Anexo 3, Método para la Determinación de Material Particulado Sedimentable (Sección 8.1 a 8.6).

Una vez que las planillas han sido llenadas, éstas deben quedar una en poder del operador de la red de monitoreo, para su utilización en las etapas de cálculo posteriores y otra en poder del funcionario del Servicio Agrícola y Ganadero.

5.- PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

El procesamiento de las muestras se debe realizar en un laboratorio de análisis químico equipado con sala de balanza acondicionada a un rango de temperatura de 15° a 35°C y a una humedad relativa menor que 50%. La balanza analítica debe tener una sensibilidad de 0,1 mg (Anexo 3, Sección 7.2).

Entre la cosecha de la muestra y su procesamiento no deben transcurrir más de 14 días. Durante este período de almacenamiento, los frascos deben conservarse herméticamente cerrados, en frío y protegidos de la luz.

La metodología para el procesamiento de las muestras se describe en el Anexo 3, Sección 8.7 a 8.10.

El encargado del procesamiento de las muestras en el laboratorio deberá llenar una planilla, similar a la que se muestra en la Figura N°8, para cada una de las estaciones de medición.

Con los datos de esta planilla, se calculan los siguientes parámetros:

- Concentración de material particulado sedimentable.
- Concentración de hierro total en el material particulado.
- Concentración de material particulado sedimentable de origen industrial.

Los procedimientos de cálculo se presentan en el Anexo 3, Sección 9.

6.- ANALISIS QUIMICO DE HIERRO TOTAL

Para establecer un método de análisis químico que permita efectuar la determinación del elemento hierro en el material particulado y calcular su concentración en $mg/m^2/día$, como se indica en el Decreto N°04 Exento del Ministerio de Agricultura, se procedió a revisar diferentes métodos de análisis de los cuales se eligieron los siguientes:

- Norma ASTM E 277 - 1969, (American Society for Testing and Materials), "Standard test methods for total iron in iron ores by Stannous Chlorine reduction and dichromate titration".

- Norma ISO 2597 - 1985, (the International Organization for Standardization), "Iron ores - Determination of total iron content - Titrimetric methods".

- Norma JIS M 8212 - 1971, (Japanese Industrial Standard), "Methods for determination of total iron ores in iron ores".

Estas tres normas de análisis de hierro son equivalentes, ya que realizan etapas que llegan a los mismos resultados, además son utilizadas en la Compañía Minera del Pacífico para las determinaciones de hierro en sus minerales.

La norma recomendada para el análisis del hierro total del material particulado sedimentable del Valle de Huasco es la Norma ISO 2597 - 1985, método 1, "Reduction by tin (II) Chloride" con crisol de platino. Esta norma tiene otro método (método 2) que se descartó porque utiliza sulfuro de hidrógeno, el que es tóxico y su manejo debe ser cauteloso y bajo campana.

- El método fue elegido por el respaldo y confiabilidad, que este organismo presenta.

- Se tiene precedente sobre la evaluación del método, que arrojó resultados satisfactorios, obtenidos de los ensayos de muestras con alto contenido de hierro, realizados en laboratorios de varios países, en los cuales ha sido ampliamente utilizado y por lo tanto aprobado a nivel mundial.

- Este método puede ser implementado en otros laboratorios competentes que realicen análisis de minerales en general, los que pueden ser usados como laboratorios alterativos por ejemplo el laboratorio de CIMM.

  Una descripción del método seleccionado se presenta en el Anexo 4.

7.- VALIDACION DE DATOS

Los datos de concentración de material particulado sedimentable y de hierro contenido en el material particulado, obtenidos en el proceso de cálculo, antes de ser informados al Servicio Agrícola y Ganadero y ser almacenados como datos históricos deben pasar por un proceso de validación que básicamente consistirá en lo siguiente:

a) Los valores de concentración promedios calculados deberán cumplir con los siguientes períodos mínimos de medición:

   27 días para la estimación de un mes calendario
   11 meses para el cálculo de los valores anuales

b) Los valores de concentración promedios calculados con períodos de medición inferior al 75% de los días de un mes o de los meses de un año no serán considerados válidos.

c) Los valores de concentración promedios calculados con períodos de medición intermedios entre 75% de los días de un mes y 27 días y los intermedios entre 75% de los meses de un año, y 11 meses podrán ser considerados válidos, cuando las circunstancias así lo justifiquen, mediante resolución fundada de la Dirección Regional del Servicio Agrícola y Ganadero de la III Región.

8.- REGISTRO DE DATOS

Para el registro de datos históricos se propone usar una planilla Lotus, en la cual se almacenen los valores promedios mensual y anual para cada estación de medición respecto a concentración de material particulado sedimentable, concentración ambiental de hierro total en el material particulado y concentración de material particulado sedimentable de origen industrial. En las Figuras N°s.9, 10 y 11 se incluyen planillas tipo para la concentración de material particulado sedimentable, concentración de hierro total en el material particulado sedimentable y concentración de material particulado sedimentable de origen industrial respectivamente.

Un informe con los resultados obtenidos en las 15 estaciones durante el mes debe ser enviado al Servicio Agrícola y Ganadero durante la tercera semana de cada mes.

9.- REFERENCIAS

1. CFR 40, Part 58, Appendix E, Revised as of July 1, 1979.

2. Measurement of Dustfall. Hibernia and Löbner - Liesegang Instruments, VDI 2119 Blatt 3. Norma Alemana traducida al español.

3. Howard E. Hesbeeth. Predicting and Measuring Fugitive Dust. U.S.A., 1985.

4. De Lora Soria, Federico. Técnicas de Defensa del Medio Ambiente, Apéndice III, Barcelona - España, 1978.

5. Decreto N°04 Exento, Ministerio de Agricultura. Establece Normas de Calidad del Aire para Material Particulado Sedimentable en la Cuenca del río Huasco, III Región, 04 de Mayo de 1992. D.O. 26 de Mayo de 1992.

6. Sistema de Medición de Partículas Sedimentadas (traducido del japonés).

7. Acta de Reunión INIA-CMP, 17 de Mayo de 1992.

8. CIMM, "Definición de Procedimientos para Establecimiento de Normas de Material Particulado Sedimentable y de Arsénico en el Aire". Proyecto P-871, Marzo 1992.

9. Ministerio de Agricultura - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Proyecto "Tipificación de Elementos Particulados en el Valle del Río Huasco, III Región", Mayo de 1991.

10. CFR 40, Part 50, Appendix B, Revised as of July 1, 1990.

11. Kenneth Wark. Air Pollution. Its Origin and Control, Second Edition.

12. U.S.E.P.A. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems: Volume II. Ambient Air Specific Methods, Appendix A. July 1984.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

F I G U R A S

(N°1 A 11)

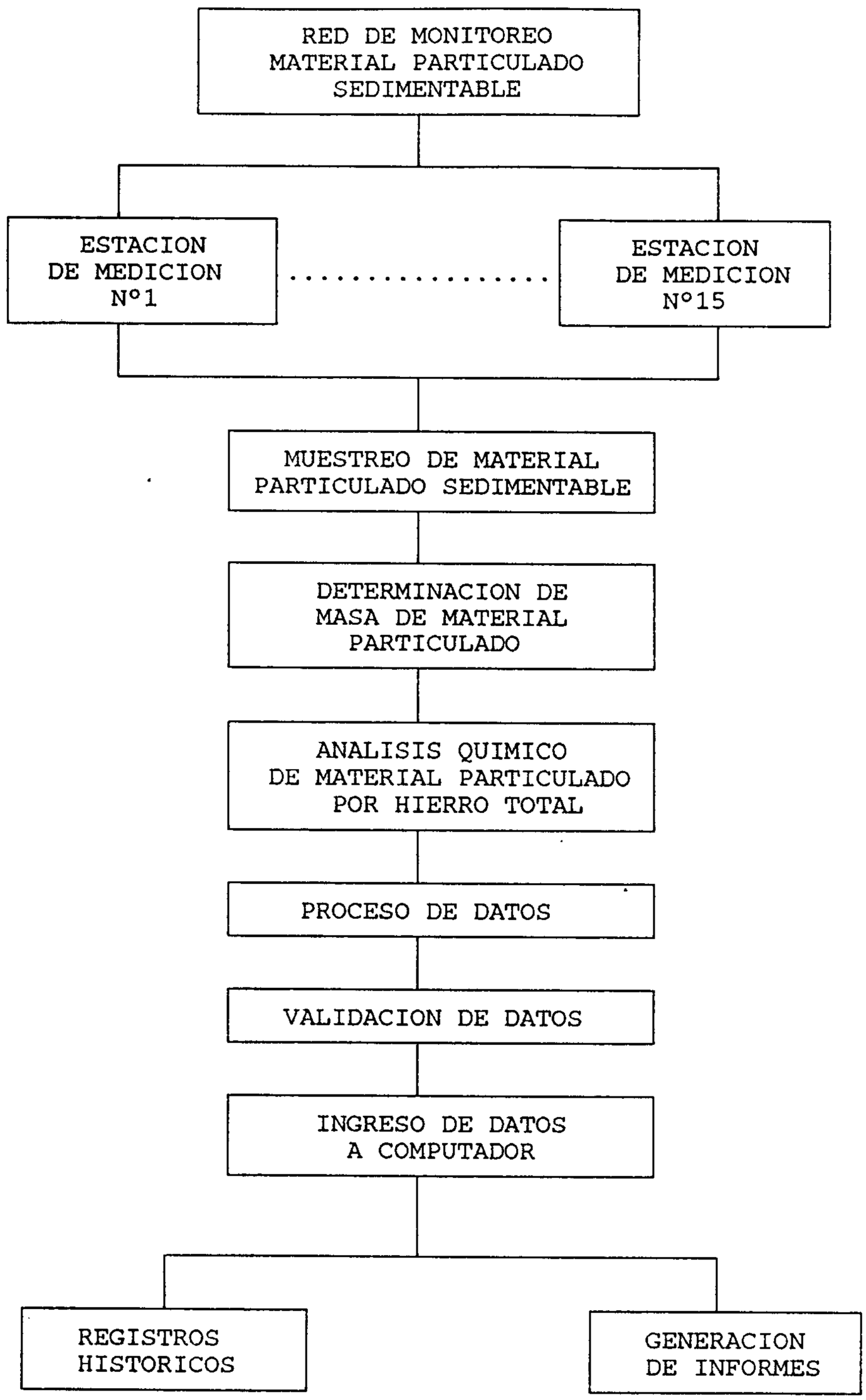


Figura N°1: Diagrama de Bloques Red de Monitoreo.

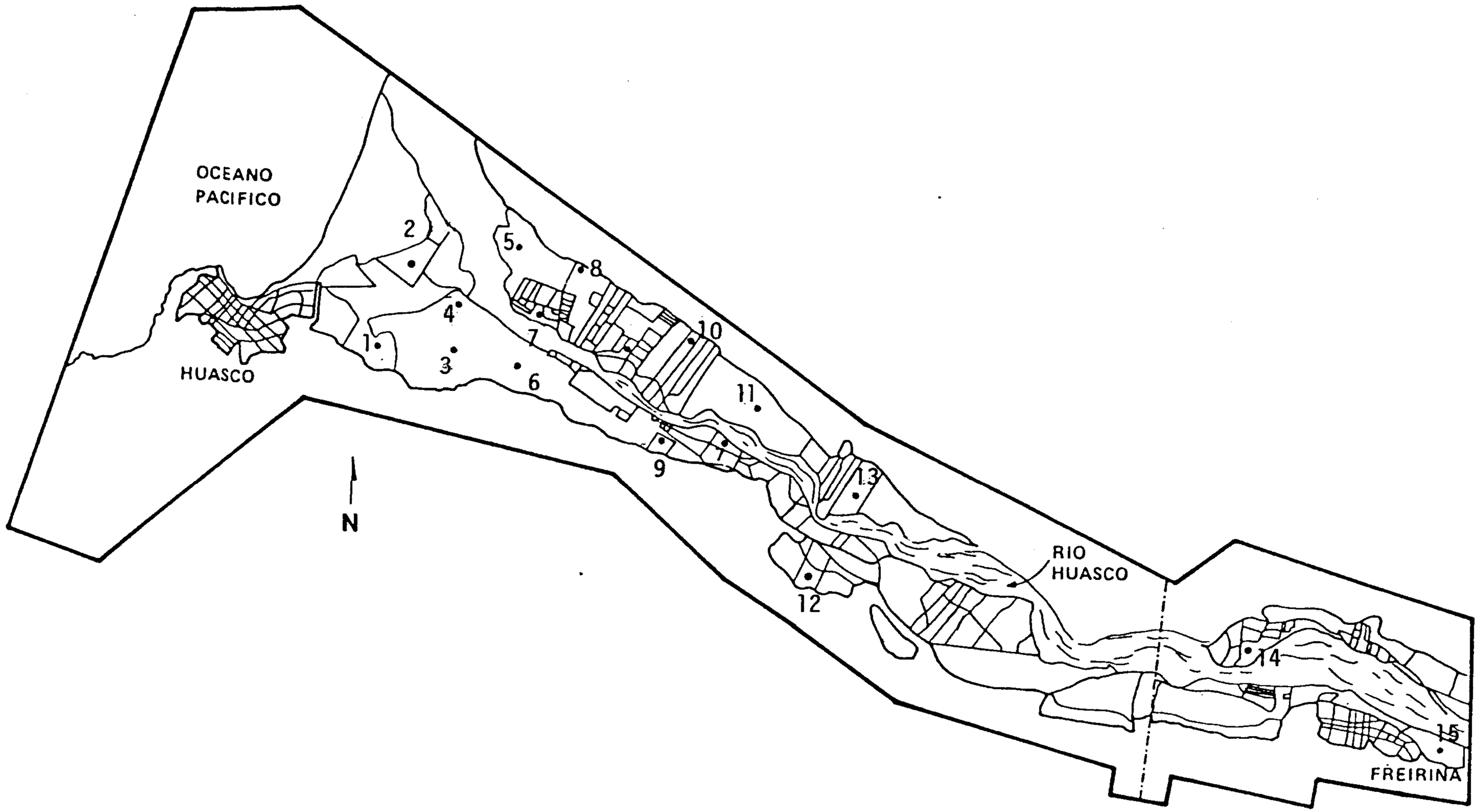


Figura N°2 : Ubicación Aproximada de Estaciones de Medición.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

Figura N°7: Planilla de Muestreo de Material Particulado Sedimentable.

N° DE ESTACION.....

FECHA INICIO..... FECHA TERMINO.....
HORA INICIO..... HORA TERMINO.....

EQUIPO DE MUESTREO SERIE N°

DEPOSITO COLECTOR N°..... AREA.....M2

FRASCO N°.....

OBSERVACIONES.....
.....
.....
.....

OPERADOR..... .....
FIRMA

FUNCIONARIO SAG..... .....
FIRMA

Figura N°8: **Proceso de Laboratorio para Determinación de Material Particulado Sedimentable.**

ESTACION DE MEDICION..... **EQUIPO DE MUESTREO SERIE N°**.....

FECHA ANALISIS LABORATORIO..... **DEPOSITO COLECTOR N°**.....

AREA DEPOSITO COLECTOR (1).....M^2

MES	AÑO	FRASCO N°	INICIO		TERMINO		TIEMPO DE MUESTREO (2) (DIAS)	PESO INICIAL (mg)	PESO FINAL (mg)	PESO NETO (3) (mg)	CONCENTRACION mg/m2/día
			DIA	HORA	DIA	HORA					

NOMBRE OPERADOR.....

FIRMA.....

$$CONCENTRACION = \frac{(3)}{(2)\,x\,(1)}$$

Figura Nº9: Concentración de Material Particulado Sedimentable

AÑO....

Nº ESTACION	LOCALIDAD	CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL mg/m2/día												CONC. PROM. ANUAL mg/m2/día
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	Prop. Sr.Homero Callejas M. en Bellavista													
2	Fundo Los Bajos de Bellavista Sr. Sebastián Callejas													
3	Prop. Sr.Alberto Callejas M. en Bellavista													
4	Prop. Sr.René Rojo en Sector Bellavista													
5	Fundo La Cachina, del Sr. Hernán Callejas													
6	Prop. Sr.Santiago Rojas, entre Bellavista y Huasco Bajo													
7	Prop. Sr.Julio Tamblay, en La Cachina													
8	Prop. Sr.Moisés Portilla, en La Cachina													
9	Prop. Sr. Facundo Portilla en Huasco Bajo.													
10	Prop. de Sucesión Juan Cruz Zuleta, en Lo Avalos													
11	Fundo Montt, Sra.Margarita Callejas													
12	Fundo El Mirador, Sr. Maximiliano Callejas													
13	Fundo La Camelia, Sra. Selma Rojas													
14	Prop. Sr.Guillermo Hurtado, en Freirina													
15	Prop. Sr.Sebastián Callejas M., en Los Guindos													

Figura N°10: Concentración de Hierro Contenido en el Material Particulado Sedimentable.

AÑO....

N° ESTACION	LOCALIDAD	CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL mg/m2/día												CONC. PROM. ANUAL mg/m2/día
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	Prop. Sr.Homero Callejas M. en Bellavista													
2	Fundo Los Bajos de Bellavista Sr. Sebastián Callejas													
3	Prop. Sr.Alberto Callejas M. en Bellavista													
4	Prop. Sr.René Rojo en Sector Bellavista													
5	Fundo La Cachina, del Sr. Hernán Callejas													
6	Prop. Sr.Santiago Rojas, entre Bellavista y Huasco Bajo													
7	Prop. Sr.Julio Tamblay, en La Cachina													
8	Prop. Sr.Moisés Portilla, en La Cachina													
9	Prop. Sr. Facundo Portilla en Huasco Bajo.													
10	Prop. de Sucesión Juan Cruz Zuleta, en Lo Avalos													
11	Fundo Montt, Sra.Margarita Callejas													
12	Fundo El Mirador, Sr. Maximiliano Callejas													
13	Fundo La Camelia, Sra. Selma Rojas													
14	Prop. Sr.Guillermo Hurtado, en Freirina													
15	Prop. Sr.Sebastián Callejas M., en Los Guindos													

Figura N°11: Concentración de Material Particulado Sedimentable de Origen Industrial.

AÑO....

N° ESTACION	LOCALIDAD	CONCENTRACION PROMEDIO MENSUAL mg/m2/día												CONC. PROM. ANUAL mg/m2/día
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1	Prop. Sr.Homero Callejas M. en Bellavista													
2	Fundo Los Bajos de Bellavista Sr. Sebastián Callejas													
3	Prop. Sr.Alberto Callejas M. en Bellavista													
4	Prop. Sr.René Rojo en Sector Bellavista													
5	Fundo La Cachina, del Sr. Hernán Callejas													
6	Prop. Sr.Santiago Rojas, entre Bellavista y Huasco Bajo													
7	Prop. Sr.Julio Tamblay, en La Cachina													
8	Prop. Sr.Moisés Portilla, en La Cachina													
9	Prop. Sr. Facundo Portilla en Huasco Bajo.													
10	Prop. de Sucesión Juan Cruz Zuleta, en Lo Avalos													
11	Fundo Montt, Sra.Margarita Callejas													
12	Fundo El Mirador, Sr. Maximiliano Callejas													
13	Fundo La Camelia, Sra. Selma Rojas													
14	Prop. Sr.Guillermo Hurtado, en Freirina													
15	Prop. Sr.Sebastián Callejas M., en Los Guindos													

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

ANEXO 1

CRITERIOS PARA INSTALACION DE EQUIPOS DE MUESTREO DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE

1.- Los criterios para material particulado sedimentable (MPS) que aquí se presentan, han sido adaptados principalmente de los criterios que la USEPA[1] establece para las partículas totales en suspensión (TSP), ya que el comportamiento de las TSP es el que más se aproxima al comportamiento de las MPS. Al final de la sección 1.3 se presenta un cuadro resumen con los criterios de instalación de muestreadores de material particulado sedimentable.

1.1 Altura de Muestreo

La altura ideal de muestreo de material particulado sedimentable es al nivel de las superficies que son impactadas por el MPS, tales como vegetales, objetos o el mismo suelo. Consideraciones prácticas tales como prevención del vandalismo, seguridad, accesibilidad, etc., requieren que la boca del depósito colector esté ubicada entre 2 y 15 metros sobre nivel del suelo. Sin embargo, se acepta que este esté hasta 1,5 metros sobre una superficie preparada y limpia[2,3,4]. El límite menor está basado en un compromiso entre facilidad para la manipulación del muestreador y el requerido para evitar la entrada de partículas provenientes del suelo.

1.2 Distancia de las Obstrucciones

Si el muestreador está instalado sobre un techo u otra estructura, entonces debe estar a una distancia mínima de 2 metros desde paredes, parapetos, etc. No deben haber caminos de tierra, áreas de actividad que generen partículas, chimeneas de hornos o incineradores cerca del equipo de medición. La distancia de separación de las chimeneas depende de la altura de estas chimeneas, del tipo de desecho o combustible quemado, y calidad de los gases (contenido de cenizas). Por ejemplo, si las emisiones de las chimeneas son el resultado de combustión de gas natural, no se necesitan precauciones especiales, excepto evitar obstrucciones a menos de 2 metros de distancia.

Por otro lado, si el combustible es petróleo, carbón o se queman desechos sólidos y la chimenea es suficientemente corta como para que la pluma eventualmente impacte un cierto tiempo en el muestreador.

El muestreador debe estar localizado lejos de obstáculos tales como árboles y construcciones, tal que la distancia entre los obstáculos y el muestreador sea el doble de la altura que el obstáculo sobresale del muestreador; o bien que el ángulo formado entre una línea horizontal a la altura de la boca del depósito colector y una línea trazada desde el muestreador hasta el borde más cercano del punto más alto del obstáculo sea menor o igual a 30° [3].

Por otra parte, el flujo de aire alrededor del muestreador no debe estar restringido por lo menos en un arco de 270°, y la dirección referencial del viento en la época de mayor contaminación debe estar incluida en el arco de 270°C.

1.3 Distancia de los Caminos

El material particulado sedimentable es fuertemente afectado por la gravedad, por lo que se espera que tenga grandes gradientes de concentración horizontal y vertical cerca de los caminos. Debido a que la pluma de emisiones que se forma en un camino depende del tráfico, la distancia entre el muestreador y el camino varía según el tráfico vehicular.

Para caminos pavimentados y/o asfaltados con un tráfico menor que 3.000 vehículos por día, se recomienda instalar el muestreador a más de 5 metros del borde del camino. Para caminos con un tráfico superior a 3.000 vehículos por día, se recomienda instalar el muestreador a más de 25 metros del borde del camino.

Debido a que los caminos de acceso a las estaciones de la red no son pavimentados, los criterios para la distancia entre un camino y una estación de muestreo deberán ser castigados, o bien los caminos serán protegidos con una carpeta apropiada para evitar la generación de polvo fugitivo.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

Criterios para Ubicación de Muestreadores de Material Particulado.

CONTAMINANTE	ALTURA SOBRE NIVEL DEL SUELO (m)	DISTANCIA DESDE ESTRUCTURA HORIZONTAL (m)	OTROS CRITERIOS DE SEPARACION
MPS	1,5-15	> 2	1. La distancia del muestreador hasta un obstáculo, tales como árboles y edificios, deberá ser el doble de la altura que el obstáculo sobresale del muestreador. 2. El flujo de aire alrededor del muestreador no deberá estar restringido en un arco de 270°. 3. No debe haber cerca chimeneas de incineradores u hornos. 4. Debe haber una distancia mínima desde los caminos. A 2 metros de altura se recomienda una separación mínima de 5 metros para caminos con un tráfico menor que 3.000 vehículos por día, y una separación mínima de 25 m. para caminos con un tráfico > 3.000 vehículos por día.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

ANEXO 2

REVISION GENERAL EQUIPOS DE MEDICION DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE

1.- REVISION GENERAL EQUIPOS DE MEDICION DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE

Los equipos colectores de material particulado sedimentable encontrados en la bibliografía revisada se describen brevemente a continuación.

1.1 Colector de Poliétileno de Material Particulado Sedimentable[3]

Es un medidor de material particulado sedimentable simple, consiste en una caja abierta de aluminio pulido y perforado, usada como soporte de un vaso de poliétileno que se emplea para la medición real de sólidos colectados (Figura N°2.1). La caja de aluminio cumple dos funciones: reflejar calor solar para evaporar agua que se pueda juntar en el vaso colector (lluvia, etc.) y actúa como un corta viento, lo que minimiza las pérdidas de muestra por acción del viento. Las perforaciones sirven de drenaje de aguas lluvias y para minimizar los remolinos de viento. Los vasos de poliétileno son lo suficientemente livianos como para que sean pesados directamente en una balanza analítica. Además, no se dañan por las condiciones de frío, no están sujetos a la corrosión y subsecuentes cambios de peso. El envase de plástico tarado se pone en la caja de aluminio y se expone durante un período de tiempo apropiado (normalmente 1 mes), después de terminado el muestreo el envase es tapado y llevado al laboratorio para los análisis y pruebas. Residuos indeseables, tales como hojas, insectos y ramitas deben ser retirados. El contenido de humedad pueden ser evaporado por calentamiento a 110°C en una estufa. Luego de pesado el envase, el material particulado sedimentable se determina por diferencia entre el peso final y la tara inicial del envase limpio.

El resultado puede ser expresado como el peso de material particulado por unidad de tiempo y por unidad de área. Un líquido puede ser usado en este colector para prevenir el escape de muestra por acción del viento, también el envase puede ser untado con grasa.

1.2 Colector de Hoja Adhesiva de Diem[3]

Este equipo consiste de una hoja de aluminio de 0,07 mm que tiene un área superficial de 4,0 x 8,25 cm (33 cm^2 de área de atrapamiento) y un bastidor. Se aplica vaselina pura (50 mg) o cualquier grasa equivalente, sobre la hoja. La hoja es calentada hasta que la capa adhesiva se funda y entonces se saca a 40°C, enfriando en un disecador a una cierta presión de vapor de agua y posteriormente es pesada. Después de un tiempo de exposición las láminas son recuperadas, secadas, y finalmente pesadas. El máximo depósito sobre la superficie de la hoja no debería exceder los 30 mg. El tiempo de exposición debe ser estimado por la experiencia, generalmente es bastante breve. Este método tiene la ventaja que posibilita la inspección del material particulado depositado a través de microscopía de reflexión para pruebas de morfología.

La principal desventaja del método de Diem es que durante lluvia fuerte o intensa insolación ocurren apreciables pérdidas, lo que hace que se obtengan valores que son frecuentemente mucho más bajos que aquéllos obtenidos por métodos que emplean medidores de depósito.

Este método tiene otra desventaja, a saber, que es poco preciso y reproducible.

1.3 Colector de Cápsula Petri[3]

Para una medición de material particulado sedimentable de corta duración y también cuando se necesita colectar muestra para un examen microscópico, este colector es adecuado. En este método, una cápsula de Petri circular de plástico es utilizada como un aparato colector. La cápsula puede tener un tamaño deseado (normalmente cerca de 20 cm de diámetro) que tiene un borde de alrededor de 2 cm de alto. Una delgada capa de vaselina o un tipo equivalente de grasa es aplicada sobre su superficie y luego puesta en un aparato secador a una temperatura de 40°C por un lapso 4 a 5 horas, hasta que quede completamente seca y la capa de grasa quede esparcida en forma pareja en su superficie. Luego, la cápsula Petri deberá ser tapada y sellada.

En el lugar de medición la cápsula Petri será puesta a una altura de 1,2 a 1,5 m desde el suelo. Para comenzar la medición, la cápsula es descubierta por el tiempo requerido,

y al final de éste es tapada y transferida cuidadosamente al laboratorio. Se recomienda poner en cada lugar de muestreo 2 a 3 cápsulas para chequear los resultados en duplicado y tomar un promedio para asegurar la exactitud.

Las cápsulas deben ser secadas nuevamente, como al principio de las pruebas. Luego, mediante balanza analítica se determina el peso del material colectado en cada cápsula. La cápsula Petri, como es transparente, tiene la ventaja de que puede ser usada como porta partículas de material particulado, para análisis de microscopía óptica.

1.4 Equipo Estándar Británico

Uno de los equipos más tradicionales para medir material particulado sedimentable es el "British Standard Gauge"[3,6]. El equipo, que se muestra en la Figura N°2.2, consiste en un embudo colector hecho de vidrio, con un diámetro superior de 31 cm, un área colectora de 760 cm^2. La salida del embudo es ajustada a una botella colectora de 10 litros, que tiene dimensiones de 18,5 cm de diámetro por 21 cm de alto. Una malla gruesa instalada sobre la parte superior del aparato se usa como una protección contra pájaros, hojas, etc. El medidor de material particulado sedimentable está montado en un trípode de 150 cm de altura.

La botella colectora debe ser llenada hasta un 75% de su capacidad con agua destilada. Si en un área de clima seco la tasa de evaporación es demasiado alta, se debe agregar permanentemente agua para mantener su nivel.

Este método de medición de material particulado sedimentable, además del Reino Unido, ha sido utilizado en Japón[6] y España[4].

1.5 Equipo Löbner-Liesegang[2]

Es un equipo utilizado en Alemania para la medición de partículas sedimentables. Este equipo utiliza el mismo principio del tipo "estándar británico", sólo difiere un poco en el diseño.

Se compone de un embudo y un recipiente, ambos contenidos dentro de una cobertura cilíndrica de hojalata (Figura N°2.3). El embudo es de cerámica barnizada, tiene una boca de un

diámetro aproximado de 30,5 cm y una superficie de captación de aproximadamente 730 cm^2. Se debe poner atención a que el embudo esté herméticamente cerrado con el cilindro de hojalata y con el recipiente (de vidrio o de plástico). Antiguas versiones del equipo tienen un cesto protector contra los pájaros.

El equipo Löbner-Liesegang debe ser armado en el lugar de medición, y colocado de tal modo que la boca de captación esté en posición horizontal entre 1,5 a 2,0 m sobre la superficie terrestre.

1.6 Equipo Hibernia[2]

El equipo Hibernia es otro equipo usado en Alemania, para medir material particulado sedimentable, el cual difiere del Löbner-Liesegang fundamentalmente en que el embudo colector tiene un diseño más refinado, para evitar interferencias de ráfagas de viento (Figura Nº2.4).

El equipo Hibernia está compuesto por un embudo de zinc enlacado en sus partes interiores, un recipiente de vidrio o plástico (10 litros de volumen) y un trípode parecido al del equipo estándar británico. El embudo tiene una pieza sobrepuesta que se estrecha hacia arriba, con el fin de impedir que partículas sedimentadas sean impulsadas hacia afuera por turbulencias de viento. Con una boca del embudo de 25,2 cm de diámetro, la superficie de captación es de 500 cm^2. Para cerrar herméticamente el recipiente se lo presiona por medio de un mecanismo contra el embudo. Un anillo de alambre sobre el embudo sirve como protección contra pájaros.

1.7 Equipo Nilu

En Alemania se usa también un colector denominado Nilu [2] (Figura Nº2.5), el cual usa un frasco de 13 cm de diámetro y 20 cm de altura. Dicho colector es especialmente adecuado para realizar mediciones en zonas de poca pluviometría. Además, cuando dicha zona de medición es afectada por fuertes vientos, el colector Nilu debe tener cierta cantidad de agua destilada para que el material particulado sedimentable quede atrapado. Con fines de mayor sofisticación incluso se le puede poner a este equipo un sistema deflector para las ráfagas de viento.

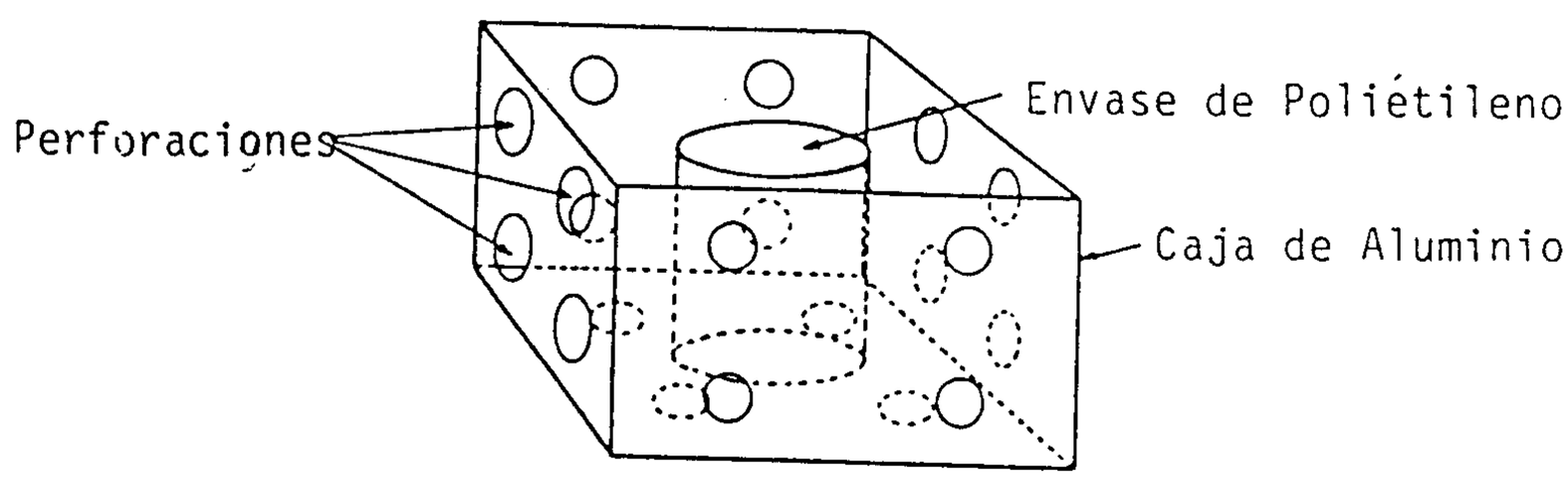


Figura 2.1: Equipo Colector de Polietileno.

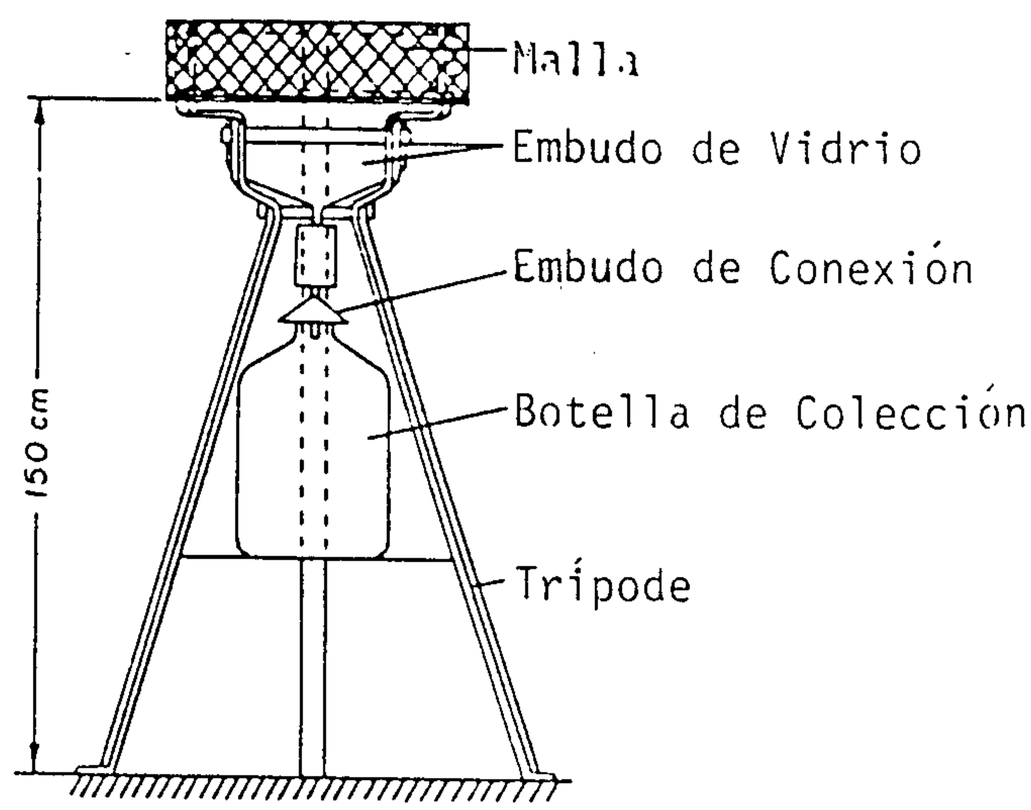


Figura 2.2: Equipo Colector Estándar Británico.

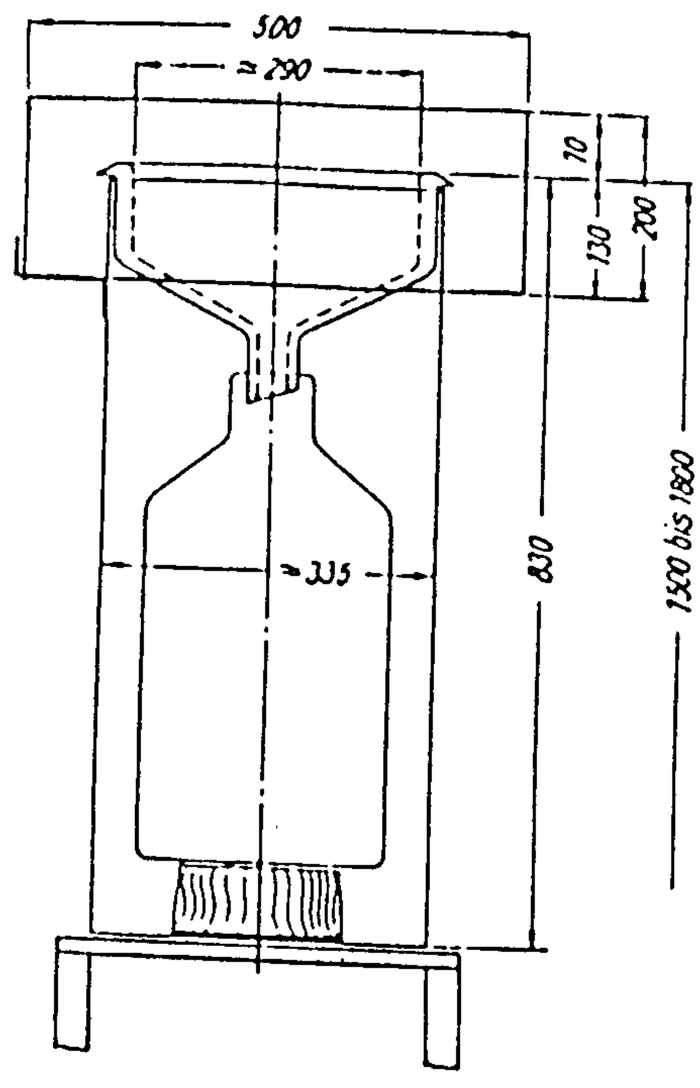


Figura 2.3. Equipo Colector Löeben-Liesegang.

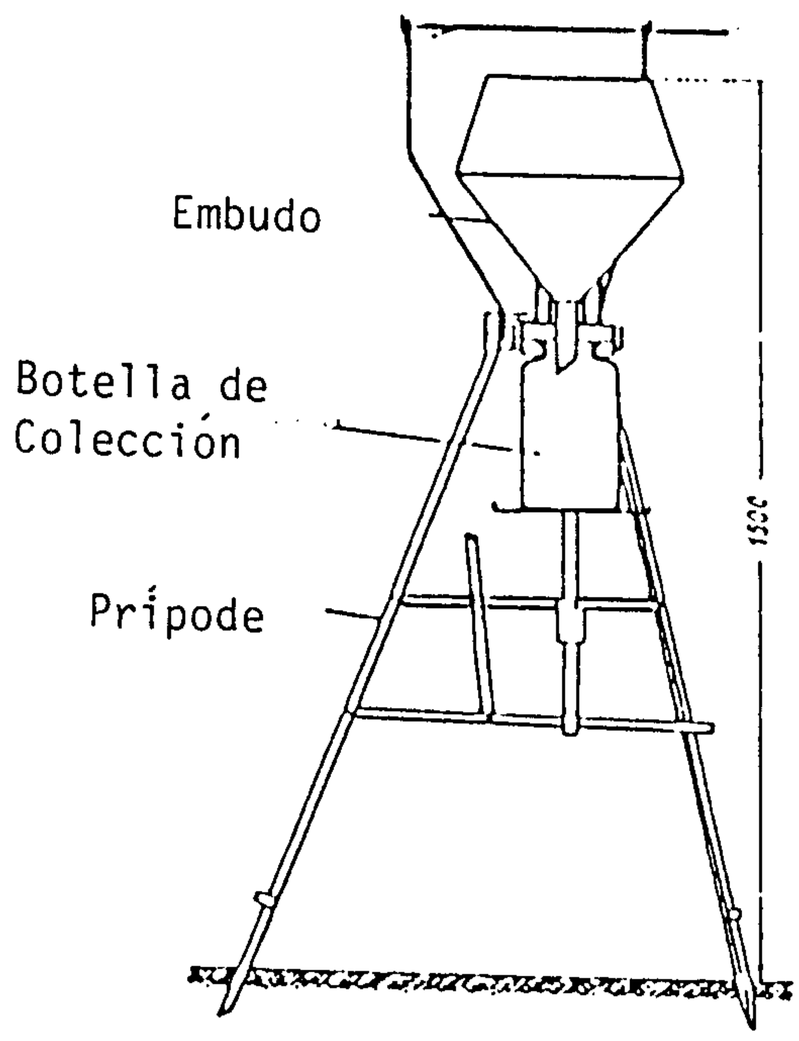


Figura 2.4: Equipo Colector Hibernia.

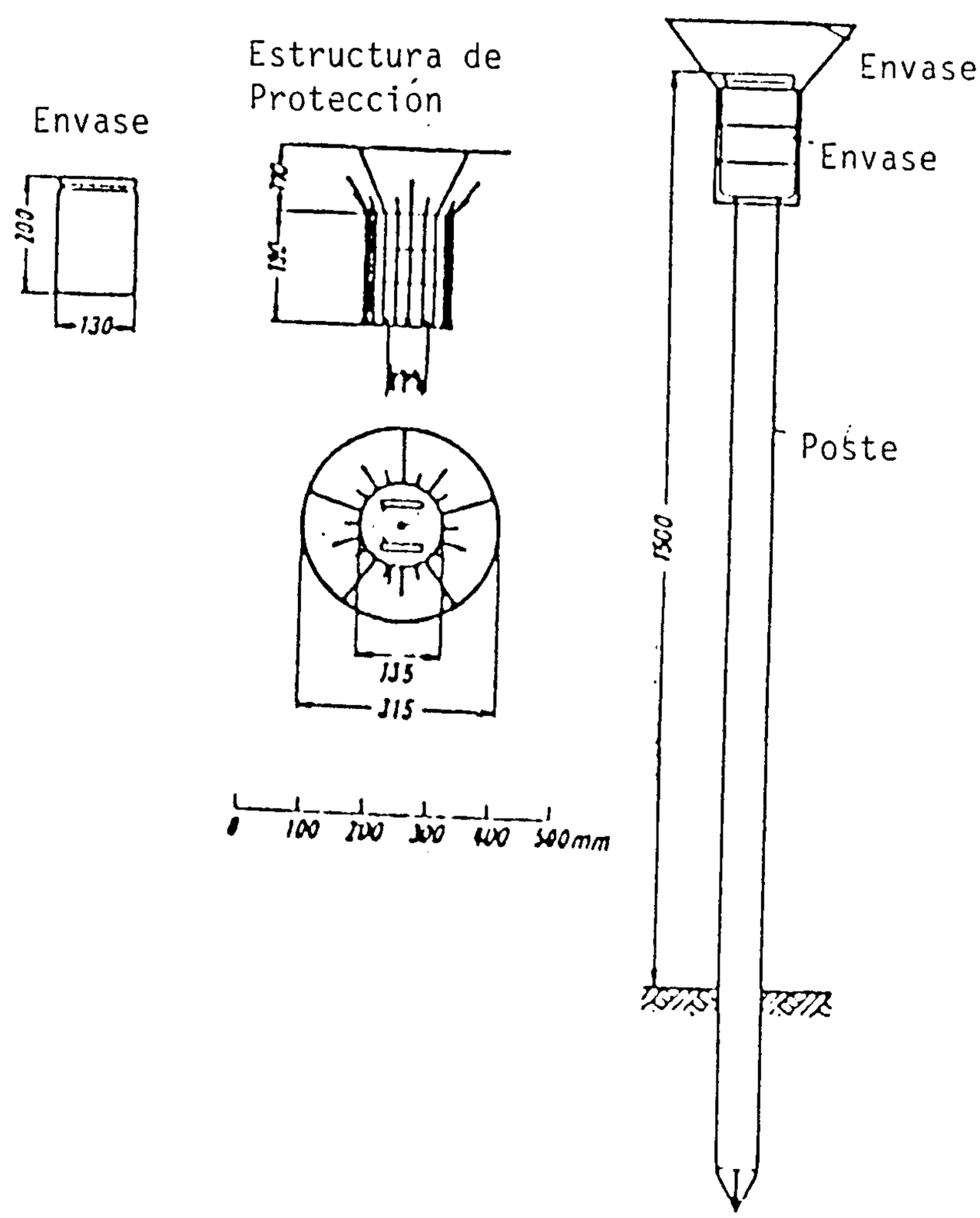


Figura 2.5 : Equipo Colector Nilu.

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

CIMM

ANEXO 3

METODO PARA LA DETERMINACION DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE

1.- APLICABILIDAD

Este método establece un procedimiento de medición de la concentración de material particulado sedimentable en la Cuenca del Río Huasco, III Región. (Decreto N°04 Exento del Ministerio de Agricultura 26 de Mayo de 1992)[5].

El proceso de medición es no destructivo, y el tamaño de la muestra colectada es adecuada para el posterior análisis químico por hierro total.

2.- PRINCIPIO

2.1 El equipo muestreador, convenientemente instalado en el lugar de medición, es abierto y expuesto a la atmósfera durante el período de muestreo de 1 mes (nominal). Dependiendo de las condiciones de velocidad y dirección del viento, el muestreador favorece la colección de partículas mayores que 20 µm (diámetro aerodinámico)[11].

2.2 La concentración del material particulado sedimentable ($mg/m^2/día$) es calculada determinando la masa de las partículas colectadas, el área del depósito colector utilizado y el tiempo efectivo de muestreo.

3.- RANGO

3.1 El muestreador empleado tiene un área de colección de 1963 cm^2, se muestrea durante 30 días y la sensibilidad de la balanza utilizada es de 0,1 mg, por lo tanto el límite inferior de concentración de material particulado de 0,02 $mg/m^2/día$.

4.- PRECISION

Algunas referencias indican que la medición de material particulado sedimentable no siempre mantiene su precisión[3,6]. El método sólo da una medida razonable de depositación cuando

las velocidades de viento son bajas. Durante fuertes vientos el muestreador colecta menos material particulado, también la cantidad colectada es afectada por cualquier cambio en el ángulo formado entre la dirección del viento y el plano del depósito colector. Mayores reducciones se esperan a causa de que el viento pasa a una altura sobre el muestreador y también por la cantidad de agua lluvia caída.

5.- EXACTITUD

5.1 La exactitud absoluta del método no está definida por la naturaleza compleja del material particulado atmosférico y por la dificultad de determinar la concentración "verdadera" del material particulado sedimentable. Este método proporciona una medida de la concentración del material particulado sedimentable adecuada para los propósitos especificados en la sección 1. Aplicabilidad.

6.- FUENTES INHERENTES DE ERROR

6.1 Pérdida de Volátiles

Las partículas volátiles colectadas pueden sufrir pérdidas durante el muestreo o durante el transporte y/o almacenamiento de la muestra antes de ser pesada. Este tipo de pérdidas son inevitables.

6.2 Material Particulado no Muestreado

Durante el período en que el muestreador no está en operación se puede depositar material particulado en el depósito, colector. Para minimizar esta fuente de error, se recomienda sustituir inmediatamente el frasco colector por otro, o bien cubrir el depósito colector durante el período en que no se muestrea.

6.3 Pérdidas de Material durante la Cosecha de la Muestra

Se pueden producir pérdidas de partículas adheridas al depósito colector durante la cosecha de la muestra por un arrastre ineficiente hacia el frasco colector. Para minimizar esta fuente de error se recomienda auxiliarse con un lavado con agua destilada (aproximadamente 500 ml).

6.4 Pérdidas durante el Tratamiento en Laboratorio

Pérdidas de material se pueden originar durante el secado previo a la pesada de las muestras. Se recomienda efectuar un manejo cuidadoso del material colectado para minimizar las pérdidas.

7.- APARATOS

7.1 Muestreador

El muestreador utilizado para recoger las partículas existentes en el aire que son depositadas por gravedad o arrastradas por la lluvia, consiste de cuatro unidades principales.

7.1.1 Soporte

Es un trípode con una plataforma inferior para sostener el frasco, y con un ensanchamiento superior para alojamiento del depósito colector. Sus dimensiones están indicadas en la Figura N°4. Este soporte está fabricado un material que esté protegido o que sea resistente a la corrosión. En su parte superior, sobre el depósito colector, va una armazón metálica como protección contra pájaros. El soporte deberá permitir que la boca del depósito colector quede en un plano horizontal. El soporte deberá ser fijado al piso para evitar su volcamiento por efecto del viento u otra causa.

7.1.2 Depósito Colector

Actúa como una superficie de intercepción del material particulado en caída gravitacional. Su diseño está concebido para colectar y evitar la resuspensión de las partículas que sedimentan. Debe ser de cerámica, vidrio o un material inatacable y sin carga electrostática. No debe ser de acero, ya que algunas partículas que sedimentan pueden ser magnéticas. En la Figura N°5 se presenta un esquema del depósito colector, indicándose sus dimensiones (nominales). La superficie de captación tiene un área nominal de 1963 cm^2; es variable de un equipo a otro, por condiciones de fabricación y por eso debe ser medida para cada depósito[2].

7.1.3. Frasco Colector

El frasco colector recibe y almacena el material particulado que ha sedimentado en el depósito colector. Son frascos de vidrio neutro o de un material plástico idóneo de 5 a 6 litros de capacidad de acuerdo a la baja pluviometría del lugar y dimensiones adaptadas al conjunto del soporte y capacidad del frasco (ver Figura N°5). Deben tener una tapa esmerilada o de rosca, para cerrar herméticamente el frasco al término del muestreo.

7.1.4 Conexión

Debe permitir el paso del material particulado sedimentado desde el depósito colector hacia el frasco colector. La conexión debe estar formada por un tubo de goma o plástico de diámetro adecuado, que en su extremo inferior inserta una tapa de material inatacable a modo de pequeño embudo invertido para impedir la penetración de material particulado que no proceda de la captación del aparato. Se debe instalar de modo que el embudo invertido penetre exteriormente en el cuello del frasco, como se indica en la Figura N°5.

7.2 Análisis

7.2.1 Sala de Balanza

La sala de balanza durante el pesaje debe ser mantenida a una temperatura de 15° a 35°C y a una humedad relativa menor que 50%[10].

7.2.2 Balanza Analítica

Debe estar equipada con un plato de pesada de dimensiones adecuadas y tener una sensibilidad de 0,1 mg[10]. Durante el proceso de pesaje de una serie de muestras, se debe controlar el cero de la balanza antes de comenzar y después de cada 50 determinaciones de peso[2].

8.- PROCEDIMIENTO

8.1 Al frasco limpio para la recogida de partículas, se le añaden previamente en el laboratorio 10 mililitros de solución 0,02 N de sulfato de cobre para prevenir la proliferación de algas y hongos que afectarían a la determinación. La masa de sulfato de cobre agregada es de 16 mg y debe ser descontada en el cálculo de la concentración de material particulado sedimentable (Punto 9.1).

8.1.1 La primera vez que se va a muestrear, instalar en el soporte un depósito colector y un frasco limpio y proceder a su conexión.

Durante esta actividad y antes de comenzar el muestreo, el depósito colector debe estar cubierto en forma apropiada para evitar la caída de partículas.

8.2 Registrar la información que identifica al muestreador (número del frasco y depósito colector, número de identificación del lugar de muestreo, fecha y hora de muestreo).

8.3 Proceder a destapar el depósito colector para comenzar el muestreo, que durará un mes calendario (nominal).

8.4 Durante el período de muestreo se deben efectuar inspecciones periódicas al lugar de muestreo para corregir situaciones de mal funcionamiento u otras.

8.5 Al término del período de muestreo proceder a la cosecha de la muestra. Se deben arrastrar las partículas adheridas en el depósito hacia el frasco colector, mediante una varilla u otro objeto apropiado, auxiliándose por el lavado con agua destilada (aproximadamente 500 ml). A continuación se retira el frasco colector y se sustituye por otro, dando comienzo al siguiente muestreo.

8.6 Registrar la fecha y hora del término del muestreo. El tiempo mínimo de muestreo debe ser de 27 días para la estimación de un mes calendario y 11 meses para el cálculo de los valores anuales. En ningún caso se podrán validar datos que correspondan a lapsos de medición inferiores al 75% de los días de 1 mes o de los meses de 1 año[5].

8.7 Los frascos con las muestras de partículas sedimentadas no deben ser almacenadas por más de 14 días en el laboratorio[2]. Durante este tiempo de almacenamiento, los recipientes deben conservarse herméticamente cerrados, en frío y dentro de lo posible, protegidos de la luz para evitar el desarrollo de microorganismos (por ejemplo: hongos y algas).

8.8 Una vez que el frasco esté en el laboratorio, se traspasa el contenido del frasco a un vaso, filtrándolo por un tamiz Tyler de 18 mallas (1,00 mm)[2,4]. Posteriormente se enjuagan los materiales gruesos retenidos en el tamiz con agua destilada, se limpia y enjuaga el frasco colector y se vierte el agua utilizada en ambos casos igualmente el vaso. Los residuos del tamiz son expulsados.

8.9 Para evaporar el agua de las muestras, se utiliza una fuente de evaporación de vidrio. Para determinar el peso tara de la fuente de evaporación, se deja ésta durante 1 hora en la cámara de secado a una temperatura de 105°C. Después de haberla dejado enfriarse durante treinta minutos en la sala de

balanza a temperatura ambiental de 19°C a 21°C[1], finalmente se determina su peso tara por medio de la balanza analítica. Si la cantidad de líquido del vaso sobrepasa el volumen de la fuente de evaporación, se recomienda reducir el contenido del vaso por un proceso de preevaporación. En el proceso de preevaporación no se debe calentar el líquido del vaso sobre 80°C. Durante este proceso no debe ingresar nada de polvo externo al vaso.

El líquido restante se traspasa a la fuente de evaporación previamente pesada, habiendo limpiado antes las paredes del vaso con una varilla de goma para desprender cuidadosamente todas las sustancias adheridas. Se evapora el contenido de la fuente a una temperatura de 105°C en una cámara de secado. Después de ésto, la fuente de evaporación se deja por lo menos una hora más en la cámara de secado a la misma temperatura. Finalmente se traslada la fuente a la sala de balanza se deja enfriar durante 30 minutos en las mismas condiciones en que fue tarada (19°C a 21°C), y luego se determina su peso.

Posteriormente, se limpian cuidadosamente las fuentes de evaporación con agua destilada, se secan y se conservan en un lugar libre de polvo.

8.10 Determinación del Contenido de Fe

Método ISO determinación de hierro total (Anexo 4, Método 1).

9.- CALCULOS

9.1 Cálculo de la Concentración de Material Particulado Sedimentable

La concentración de material particulado sedimentable será expresada en unidades de masa depositada por unidad de área y por unidad de tiempo efectivamente medido (mg/m²/día)[5].

$$P.S. = \frac{(W_f - W_i) - K}{A \times d}$$

P.S. = Concentración de material particulado sedimentable, $mg/m^2/día$.

W_i = Peso inicial del receptáculo, mg.

W_f = Peso final del receptáculo más contenido, mg.

A = Area de sedimentación depósito colector, m^2.

d = Tiempo efectivo de medición, días.

K = Masa de sulfato de cobre agregada al frasco (16 mg).

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

D = Valor medio del diámetro del depósito colector, resultante de realizar doce medidas de éste en distintos puntos de su circunferencia interior[4].

Es conveniente calcular una sola vez el área A y anotar su valor junto al número de identificación que llevará el depósito colector (ver sección 8.2).

9.2 Cálculo de Concentración de Material Particulado de Origen Industrial

Para el cálculo del material particulado de origen industrial PS_{ind}, se considerará la siguiente fórmula:

$$PS_{ind} = \frac{M_i \; PS}{100} \quad (mg/m^2 \; /día)$$

donde M_i es el porcentaje de material particulado de origen industrial total, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_i = \frac{(\%Fe_{Total} - \%Fe_{nat})}{(\%Fe_i - \%Fe_{nat})} X\ 100$$

donde:

$\%\ Fe_{Total}$ = Porcentaje de hierro total en la muestra.

$\%\ Fe_{nat}$ = Porcentaje de hierro de otro origen.

$\%\ Fe_i$ = Porcentaje de hierro en el material particulado emitido por chimeneas.

El $\%Fe_i$ corresponderá al valor promedio que arrojen las muestras más recientes de material particulado obtenidas por una medición aprobada por el Servicio Agrícola y Ganadero, en las chimeneas de la Planta de Pellets de Huasco. El $\%Fe_{nat}$ será 1,7% (establecido por INIA-SAG).

9.3 Cálculo de la Concentración de Hierro Total en el Material Particulado

La concentración de hierro total en el material particulado sedimentable será expresado en unidades de masa de hierro depositada por unidad de área y por unidad de tiempo efectivamente medido ($mg/m^2/día$).

$$Fe_{MPS} = \frac{\%Fe_{Total}\ PS}{100}$$

donde:

Fe_{MPS} = Hierro en el material particulado sedimentable ($mg/m^2/día$).

CENTRO
DE INVESTIGACION
MINERA Y METALURGICA

ANEXO 4

NORMA ISO 2597 PARA DETERMINACION DE CONTENIDO DE HIERRO TOTAL

International Standard ISO 2597

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION•МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ•ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Iron ores — Determination of total iron content — Titrimetric methods

Minerais de fer — Dosage du fer total — Méthodes titrimétriques

Second edition — 1985-11-15

UDC 553.31 : 545.2 : 546.72

Ref. No. ISO 2597-1985 (E)

Descriptors : minerals and ores, iron ores, chemical analysis, determination of content, iron, volumetric analysis.

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for approval before their acceptance as International Standards by the ISO Council. They are approved in accordance with ISO procedures requiring at least 75 % approval by the member bodies voting.

International Standard ISO 2597 was prepared by Technical Committee ISO/TC 102, *Iron ores*.

ISO 2597 was first published in 1973. This second edition cancels and replaces the first edition of which it constitutes a technical revision.

Users should note that all International Standards undergo revision from time to time and that any reference made herein to any other International Standard implies its latest edition, unless otherwise stated.

© International Organization for Standardization, 1985 •

Printed in Switzerland

Iron ores — Determination of total iron content — Titrimetric methods

1 Scope and field of application

This International Standard specifies two titrimetric methods for the determination of the total iron content in iron ores using potassium dichromate after reduction of the trivalent iron by tin(II) chloride (method 1) or hydrogen sulfide (method 2).

Both methods are applicable to a concentration range of 30 to 72 % (*m/m*) of iron in natural iron ores, and iron ore concentrates and agglomerates including sinter products. For an unknown ore, it is recommended that the iron content be determined by both methods to check that the tin(II) chloride reduction method is satisfactory.

2 References

ISO 2596, *Iron ores — Determination of hygroscopic moisture in analytical samples — Gravimetric and Karl Fischer methods.*

ISO 3081, *Iron ores — Increment sampling — Manual method.* [1]

ISO 3082, *Iron ores — Increment sampling and sample preparation — Mechanical method.* [2]

ISO 3083, *Iron ores — Preparation of samples — Manual method.* [3]

ISO 7764, *Iron ores — Preparation of predried test samples for chemical analysis.*

3 Principle

3.1 Method 1: Reduction by tin(II) chloride

Decomposition of the test portion:

a) for samples containing less than 0,1 % (*m/m*) vanadium, 0,1 % (*m/m*) molybdenum or 0,1 % (*m/m*) copper: by treatment with hydrochloric acid, the residue being filtered off, ignited, treatment with hydrofluoric and sulfuric acids to remove silica and fused with potassium pyrosulfate.

Dissolution of the melt in hydrochloric acid, precipitation of iron with ammonia solution, redissolution of the precipitate in hydrochloric acid, and addition of this solution to the main solution.

b) for samples containing more than 0,1 % (*m/m*) vanadium: by fusion with alkali, the melt being leached with water and filtered, the filtrate being discarded. Dissolution of the residue in hydrochloric acid.

Reduction of trivalent iron in the solution, using tin(II) chloride. Oxidation of excess reductant with mercury(II) chloride.

Titration of the reduced iron with potassium dichromate solution, using sodium diphenylaminesulfonate as indicator.

3.2 Method 2: Reduction by hydrogen sulfide

Decomposition of the test portion by treatment with hydrochloric acid, the residue being filtered off, ignited, treated with hydrofluoric and sulfuric acids to remove silica, and fused with potassium pyrosulfate. Dissolution of the melt in the main solution, addition of sulfuric acid and evaporation to expel all chlorides. Dissolution of the sulfates in water.

After adjustment of the acidity, reduction of the trivalent iron in the solution, using hydrogen sulfide. Boiling to remove excess hydrogen sulfide. After cooling, titration of the reduced iron with potassium dichromate solution using sodium diphenylaminesulfonate as indicator.

4 Reagents

During the analysis, use only reagents of recognized analytical grade, and only distilled water or water of equivalent purity.

1) At present at the stage of draft. (Revision of ISO 3081-1973.)

2) At present at the stage of draft.

3) At present at the stage of draft. (Revision of ISO 3083-1973.)

	Method
4.1 Hydrochloric acid, ϱ 1,16 to 1,19 g/ml.	1 and 2
4.2 Hydrochloric acid, ϱ 1,16 to 1,19 g/ml, diluted 1 + 1.	1
4.3 Hydrochloric acid, ϱ 1,16 to 1,19 g/ml, diluted 1 + 2.	1
4.4 Hydrochloric acid, ϱ 1,16 to 1,19 g/ml, diluted 1 + 10.	1
4.5 Hydrochloric acid, ϱ 1,16 to 1,19 g/ml, diluted 1 + 50.	1 and 2
4.6 Sulfuric acid, ϱ 1,84 g/ml, diluted 1 + 1.	1 and 2
4.7 Hydrofluoric acid, 40 % (*m/m*), ϱ 1,13 g/ml, or 48 % (*m/m*), ϱ 1,19 g/ml.	1 and 2
4.8 Ammonia solution, ϱ 0,90g/ml.	1
4.9 Hydrogen sulfide.	2

CAUTION — Hydrogen sulfide is highly toxic and shall be used only in a fume cupboard.

The hydrogen sulfide may be taken from a cylinder. Alternatively a Kipp generator can be used.

NOTE — The hydrogen sulfide gas from a Kipp generator should be passed through a water trap to remove any entrained iron salts.

4.10 Sodium carbonate (Na_2CO_3), anhydrous.	1

Heat for 30 min at 500 °C, or confirm that the water content is not more than 1 % (*m/m*) (by heating a test portion for 30 min at 500 °C and measuring the loss in mass).

4.11 Sodium peroxide (Na_2O_2), dry powder.	1
4.12 Potassium pyrosulfate ($K_2S_2O_7$), fine powder.	1 and 2
4.13 Sulfuric acid-phosphoric acid mixture.	1 and 2

Cautiously pour 150 ml of sulfuric acid (ϱ 1,84 g/ml) into about 300 ml of water while stirring, cool in a water-bath, add 150 ml of phosphoric acid (ϱ 1,70 g/ml) and dilute with water to 1 litre.

4.14 Tin(II) chloride, 100 g/l solution.	1

Place 200 ml of the hydrochloric acid (4.1) into a 1 litre beaker and add 100 g of crystalline tin(II) chloride dihydrate ($SnCl_2 \cdot 2H_2O$) in small increments, while heating the solution on a water-bath.

Cool the solution and dilute with water to 1 litre.

	Method

Store this solution in a brown glass bottle with the addition of a small quantity of granular or mossy tin metal.

NOTE — The tin(II) chloride solution may be prepared in 250 ml lots.

4.15 Sulfuric acid-hydrogen sulfide wash solution.	2

To 900 ml of water, add 10 ml of sulfuric acid (ϱ 1,84 g/ml). Dilute to 1 litre and pass a rapid stream of hydrogen sulfide gas through the solution for at least 10 min.

4.16 Mercury(II) chloride ($HgCl_2$), 50 g/l solution.	1
4.17 Potassium permanganate ($KMnO_4$), 30 g/l solution.	1
4.18 Sodium diphenylaminesulfonate solution.	1 and 2

Dissolve 0,2 g of powdered sodium diphenylaminesulfonate ($C_6H_5NHC_6H_4SO_3Na$) in a small volume of water and dilute with water to 100 ml.

Store the solution in a brown glass bottle.

4.19 Ammonium iron(II) sulfate, approximately 0,1 mol/l solution.	1 and 2

Dissolve 40 g of ammonium iron(II) sulfate hexahydrate [$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] in sulfuric acid ($\varrho$ 1,84 g/ml, diluted 1 + 19).

Transfer to a 1 000 ml one-mark volumetric flask and dilute to the mark with sulfuric acid (ϱ 1,84 g/ml, diluted 1 + 19). Standardize the solution against the potassium dichromate solution (4.21) by taking a 25 ml aliquot of the solution and titrating as shown in 7.5.3.

4.20 Sodium hydroxide, 20 g/l solution.	1
4.21 Potassium dichromate, standard volumetric solution, $c(K_2Cr_2O_7)$ = 0,016 67 mol/l.	1 and 2

Pulverize about 6 g of potassium dichromate standard reagent in an agate mortar, dry in an air-bath at 140 to 150 °C for 2 h, and cool to room temperature in a desiccator. Dissolve 4,904 g of this dried and pulverized potassium dichromate in water and dilute the solution with water to exactly 1 000 ml.

Record on the stock bottle the temperature at which this dilution was made.

5 Apparatus

Ordinary laboratory apparatus, and

5.1 Zirconium, vitreous carbon or alkali-resistant sintered alumina crucibles, 25 to 30 ml capacity.

5.2 Weighing spatula, of a non-magnetic material or demagnetized stainless steel.

5.3 Cylinder of hydrogen sulfide or Kipp generator (method 2).

5.4 Muffle furnace, capable of being maintained at between 500 ± 10 and 800 ± 10 °C.

6 Sampling and samples

6.1 Laboratory sample

For analysis, use a laboratory sample of minus 100 µm particle size which has been taken in accordance with ISO 3081 or ISO 3082 and prepared in accordance with ISO 3082 or ISO 3083. In the case of ores with significant contents of combined water or oxidizable compounds, use a particle size of minus 160 µm.

NOTE — A guideline on significant contents of combined water and oxidizable compounds is incorporated in ISO 7764.

6.2 Preparation of test samples

Depending on the ore type, proceed in accordance with either 6.2.1 or 6.2.2.

6.2.1 Ores with significant contents of combined water or oxidizable compounds

Prepare an air-equilibrated test sample in accordance with ISO 2596 with the following types of ores:

a) processed ores containing metallic iron;

b) natural or processed ores in which the sulfur content is higher than 0,2 % (*m/m*);

c) natural or processed ores in which the content of combined water is higher than 2,5 % (*m/m*).

6.2.2 Ores outside the scope of 6.2.1

Prepare a predried test sample as follows.

Thoroughly mix the laboratory sample and, taking multiple increments, extract a test sample in such a manner that it is representative of the whole contents of the container. Dry the test sample at 105 ± 2 °C as specified in ISO 7764. (This is the predried test sample.)

7 Procedure

7.1 Number of determinations

Carry out the analysis at least in duplicate in accord with annex A, independently, on one test sample (6.2).

NOTE — The expression "independently" implies that the repetition of the procedure shall be carried out at a different time.

7.2 Blank test and check test

In each run, one blank test and one analysis of a certified reference material of the same type of ore shall be carried out in parallel with the analysis of the ore sample(s) under the same conditions. A test sample of the certified reference material shall be prepared in the manner appropriate to the type of ore involved (see 6.2). (See note 1.)

When the analysis is carried out on several samples at the same time, the blank value may be represented by one test, provided that the procedure is the same and the reagents used are from the same reagent bottles.

When the analysis is carried out on several samples of the same type of ore at the same time, the analytical value of one certified reference material may be used.

NOTES

1 The certified reference material should be of the same type as the sample to be analysed and the properties of the two materials should be sufficiently similar to ensure that in either case no significant changes in the analytical procedure would become necessary.

2 The certified reference material is used only to validate the performance of the analytical procedure and expressly not to standardize the potassium dichromate solution.

7.3 Determination of hygroscopic moisture content

When the ore type conforms to the specifications of 6.2.1, determine the hygroscopic moisture content in accordance with ISO 2596, simultaneously with the taking of the test portion (7.4), for the determination of iron content.

7.4 Test portion

Taking several increments, weigh, to the nearest 0,000 2 g, approximately 0,4 g of the test sample (6.2) using a non-magnetic spatula (5.2).

NOTES

1 For samples of iron content higher than 68 % (*m/m*), weigh approximately 0,38 g.

2 When predried test samples are being used, the test portion should be taken and weighed quickly on the day of predrying to avoid reabsorption of moisture.

7.5 Determination — Method 1: Reduction by tin(II) chloride

7.5.1 Decomposition of the test portion

7.5.1.1 For samples containing less than 0,1 % (*m/m*) vanadium, 0,1 % (*m/m*) molybdenum and 0,1 % (*m/m*) copper

Place the test portion (7.4) in a 300 ml beaker, add 30 ml of the hydrochloric acid (4.1), cover the beaker with a watch-glass, and heat the solution in the low temperature zone (about 80 °C) of a hotplate for about 1 h. Transfer to a higher temperature zone and heat just below boiling for about 10 min or until the ore is substantially decomposed. (See notes 1 and 2.)

Wash the watch-glass and dilute the solution to about 50 ml with warm water. Filter the insoluble residue on a close-texture paper and wash with the warm hydrochloric acid (4.5) until the yellow colour of iron(III) chloride is no longer observed. Then wash it with warm water six to eight times. Collect the filtrate and washings in a 600 ml beaker and concentrate to about 30 ml by heating but without boiling (main solution).

Place the filter paper and the residue in a platinum crucible, dry, char the paper and finally ignite at 750 to 800 °C. Allow the crucible to cool. Moisten the residue in the crucible with the sulfuric acid solution (4.6), add about 5 ml of the hydrofluoric acid (4.7), and heat gently to remove silica and sulfuric acid.

Add to the cool crucible 2 g of the potassium pyrosulfate (4.12), heat gently at first and then more strongly, minimizing any tendency for the flux to creep, until a clear melt is obtained. Allow the melt to cool, place the platinum crucible in a 300 ml beaker, add about 100 ml of warm water and about 5 ml of the hydrochloric acid (4.1), and heat gently to dissolve the melt. Rinse and remove the platinum crucible.

Adjust this solution to slight alkanity by the addition of ammonia solution (4.9), boil the solution for a few minutes and remove from the source of heat.

When the precipitate has settled, collect the precipitate of iron hydroxide on a rapid filter paper, and wash six to eight times with warm water. Discard the filtrate and washings.

Place the beaker containing the main solution under the funnel and dissolve the precipitate on the filter paper by pouring over it 10 ml of the hydrochloric acid solution (4.3); wash the filter, first six to eight times with the warm hydrochloric acid solution (4.5), then twice with hot water, and follow the procedure given under 7.5.2.

NOTES

1 For samples which are difficult to decompose with hydrochloric acid alone, tin(II) chloride may be used as follows.

Decompose the test portion as much as possible by treatment with hydrochloric acid according to the procedure outlined in 7.5.1.1, first paragraph, first sentence, then add 10 ml of the tin(II) chloride solution and heat in the low temperature zone of the hotplate until the yellow colour of iron(III) chloride appears in the solution. Again add a small excess of tin(II) chloride and continue the heating. If necessary, repeat the addition of tin(II) chloride solution until the test portion is completely decomposed. Add the potassium permanganate solution (4.17), drop by drop, to oxidize the excess of tin(II) chloride and restore the yellow colour of iron(III) chloride. Proceed as specified in 7.5.1.1, first paragraph, second sentence.

2 Samples which are more easily decomposed by roasting should be processed as follows.

Place the test portion (7.4) in a porcelain crucible of 30 ml capacity, cover with the lid and roast at 700 to 750 °C for about 30 min. Allow the crucible to cool, transfer the test portion — as far as possible — in solid form into a 300 ml beaker. Dissolve the remainder in the crucible in hydrochloric acid (4.1) and transfer the solution to the beaker. Add hydrochloric acid (4.1) up to a total volume of 30 ml, and proceed as specified in 7.5.1.1 and subsequent subclauses.

7.5.1.2 For samples containing more than 0,1 % (*m/m*) vanadium

Place the test portion (7.4) in an alkali-resistant crucible (5.1), add about 4 g of fusion mixture [1 + 2 mixture of sodium carbonate (4.10) and sodium peroxide (4.11)] mix thoroughly and place in the muffle furnace (5.4) maintained at 500 ± 10 °C for 30 min. Remove from the furnace and heat on a burner to the melting point. Continue heating just above the melting point for approximately 1 1/2 min. Allow the melt to cool, then place the crucible in a 300 ml beaker, add about 100 ml of warm water, and boil for a few minutes to leach the melt. Take out the crucible, wash with warm water, and reserve the crucible. Cool the solution and filter through a filter paper of dense texture. Wash the filter six to eight times with the sodium hydroxide solution (4.20) and discard the filtrate and washings.

Transfer the precipitate on the filter into the original beaker by washing with water, add 10 ml of the hydrochloric acid (4.1), and warm to dissolve the precipitate. Dissolve the remaining precipitate in the reserved crucible with the hot hydrochloric acid solution (4.2) and wash the crucible with hot water, transferring the solution and crucible washings to the original beaker. Place a 500 ml beaker under the filter and wash the filter three times with the warm hydrochloric acid solution (4.3), several times with the warm hydrochloric acid solution (4.5), and finally with warm water until the washings are no longer acid. Combine the solution and washings in the 500 ml beaker, evaporate this solution, without boiling, to about 30 ml and follow the procedure specified in 7.5.2.

7.5.2 Reduction

Heat the solution, now containing all the iron, to just below the boiling point and add three to five drops of the potassium permanganate solution (4.17). Maintain at this temperature for 5 min to oxidize any arsenic and organic matter and evaporate to about 30 ml. Wash the cover and inside wall of the beaker with a small amount of the hot hydrochloric acid solution (4.4). Immediately add the tin(II) chloride solution (4.14), drop by drop, while swirling the liquid in the beaker. When the yellow colour of the iron(III) chloride has disappeared, add an additional drop of the tin(II) chloride solution and cool the solution in a water cooler. Add all at once 8 ml of the mercury(II) chloride solution (4.16), mix gently, and allow the solution to stand for 5 min.

7.5.3 Titration

Dilute the solution to about 300 ml with cold water, add 30 ml of the sulfuric acid-phosphoric acid mixture (4.13), and titrate with the potassium dichromate solution (4.21), using 5 drops of the sodium diphenylaminesulfonate solution (4.18) as indicator. The end-point is obtained when the green colour of the solution changes to bluish green and a final drop of the titrant imparts a violet colour.

NOTE – Note the ambient temperature of the potassium dichromate solution. If this differs by more than 1 °C from the temperature at which it was prepared, make the appropriate volumetric correction: 0,02 % relative of each 1 °C of difference. (Example: the titre should be decreased when the ambient temperature during the titration is higher than the temperature during preparation of the standard volumetric solution.)

7.5.4 Blank test

Determine the value of the blank test concurrently with the test determination, using the same amounts of all reagents and following all the steps of the procedure. Immediately before titrating with the potassium dichromate solution (4.21), add 1,0 ml of the ammonium iron(II) sulfate solution (4.19) and make the appropriate correction for the iron addition.

NOTE – In the absence of iron, the diphenylaminesulfonate indicator does not react with the dichromate solution. The addition of ammonium iron(III) sulfate therefore is necessary to promote indicator response in the blank solution and thus allow a suitable correction for the blank in terms of its equivalent in millilitres of potassium dichromate solution (4.21).

7.6 Determination – Method 2: Reduction by hydrogen sulfide

7.6.1 Decomposition of the test portion

Place the test portion (7.4) in a 300 ml beaker, add 30 ml of the hydrochloric acid (4.1), cover the beaker with a watch-glass, and heat the solution in the low temperature zone (about 80 °C) of a hotplate for about 1 h. Transfer to a higher temperature zone and heat just below boiling for about 10 min or until the ore is substantially decomposed. (See the note.)

Wash the watch-glass with a jet of water, and dilute to 50 ml with warm water. Filter the insoluble residue on a close-texture paper. Wash the residue with the warm hydrochloric acid solution (4.5), until the yellow colour of iron(III) chloride is no longer observed. Then wash with warm water six to eight times. Collect the filtrate and washings in a 600 ml beaker (main solution).

Place the filter paper and residue in a platinum crucible, dry and ignite at 750 to 800 °C. Allow the crucible to cool, moisten the residue with sulfuric acid solution (4.6), add about 5 ml of the hydrofluoric acid (4.7), and heat gently to remove silica and sulfuric acid. Add to the cool crucible 2 g of the potassium pyrosulfate (4.12), heat gently at first then strongly until a clear melt is obtained. Cool the melt, place the crucible in a 250 ml beaker, add about 25 ml of water and about 5 ml of the hydrochloric acid (4.1), and warm to dissolve the melt. Remove and wash the crucible, and add this solution to the main solution.

NOTE – Samples which are more easily decomposed by roasting should be processed as follows.

Place the test portion (7.4) in a porcelain crucible of 30 ml capacity, cover, and roast at 700 to 750 °C for about 30 min. Allow to cool, wash the test portion in a 300 ml beaker, and proceed as directed in 7.6.1.

7.6.2 Reduction

Add 10 ml of the sulfuric acid (4.6) to the main solution and evaporate to copious fumes of sulfur trioxide. (See the note.)

Dilute to about 350 ml, and heat until a clear solution is obtained. Pass the hydrogen sulfide (4.9) through the warm solution for 15 min at a rate of about 1 l/min. Digest at about 60 °C for a further 15 min, filter through a small filter paper into a 1 litre conical flask and wash 15 times with the hydrogen sulfide-sulfuric acid wash solution (4.15). Add to the filtrate 10 ml of the sulfuric acid solution (4.6) and boil until free from hydrogen sulfide as tested by lead acetate paper. Boil for an additional 10 min, fit a Bunsen valve to the flask, then cool to room temperature.

NOTE – If the sample contains much calcium, prolonged fuming with sulfuric acid may lead to the formation of calcium salts that are difficult to dissolve. Therefore, in the presence of considerable calcium, fume just long enough to expel the chlorides.

7.6.3 Titration

Dilute to about 300 ml with water, add 30 ml of the sulfuric acid-phosphoric acid mixture (4.13) and titrate this solution with potassium dichromate solution (4.21), using 5 drops of the sodium diphenylaminesulfonate solution (4.18) as indicator. The end-point is obtained when the green colour of the solution changes to bluish green and a final drop of the titrant imparts a violet colour.

NOTE – Note the ambient temperature of the potassium dichromate solution. If this differs by more than 1 °C from the temperature at which it was prepared, make the appropriate volumetric correction: 0,02 % relative for each 1 °C of difference. (Example: The titre should be decreased when the ambient temperature during the titration is higher than the temperature during preparation of the standard volumetric solution.)

7.6.4 Blank test

Determine the value of the blank test concurrently with the test determination, using the same amounts of all reagents and following all the steps of the procedure. Immediately before titrating with the potassium dichromate solution (4.21), add 1,0 ml of ammonium iron(II) sulfate solution (4.19) and make the appropriate correction for the iron addition.

NOTES

1 In the absence of iron, the diphenylaminesulfonate indicator does not react with the dichromate solution. The addition of ammonium iron(III) sulfate is therefore necessary to promote indicator response in the blank solution and thus allow a suitable correction for the blank in terms of its equivalent in millilitres of potassium dichromate solution (4.21).

2 In order to comply with local environmental specifications it may be necessary to remove mercury from the waste solutions before discharge to effluent drains. A suggested procedure is given in annex D.

8 Expression of results

8.1 Calculation of total iron content

The total iron content, w_{Fe}, as a percentage by mass, is calculated to four decimal places using the equation

$$w_{Fe}(\%) = \frac{V_1 - V_2}{m} \times 0{,}005\,584\,7 \times 100 \times K \quad \ldots (1)$$

where

V_1 is the volume, in millilitres, of potassium dichromate solution (4.15) used for the determination;

V_2 is the volume, in millilitres, of potassium dichromate standard solution (4.15) used for the blank test, corrected for the addition of ammonium iron(II) sulfate solution;

m is the mass, in grams, of the test portion;

K is 1,00 for predried test samples (6.2.2), and for air-equilibrated test samples (6.2.1) is the conversion factor found from the equation

$$K = \frac{100}{100 - A} \quad \ldots (2)$$

in which A is the hygroscopic moisture content, as a percentage by mass, determined in accordance with ISO 2596.

8.2 General treatment of results

8.2.1 Repeatability and permissible tolerance

The precision of this analytical method is expressed by the following regression equations:[1]

Tin(II) chloride reduction (Method 1)

$$r = 0{,}001\,1\,X + 0{,}171\,6 \quad \ldots (3)$$

$$P = 0{,}005\,3\,X + 0{,}218\,9 \quad \ldots (4)$$

$$\sigma_r = 0{,}000\,4\,X + 0{,}061\,9 \quad \ldots (5)$$

$$\sigma_L = 0{,}002\,2\,X + 0{,}054\,1 \quad \ldots (6)$$

Hydrogen sulfide reduction (Method 2)

$$r = 0{,}000\,4\,X + 0{,}234\,8 \quad \ldots (7)$$

$$P = 0{,}003\,1\,X + 0{,}322\,8 \quad \ldots (8)$$

$$\sigma_r = 0{,}000\,2\,X + 0{,}084\,5 \quad \ldots (9)$$

$$\sigma_L = 0{,}001\,2\,X + 0{,}100\,2 \quad \ldots (10)$$

where

X is the total iron content, expressed as a percentage by mass, of the test sample, calculated as follows:

within laboratory equations (3, 5, 7, 9): the arithmetic mean of the duplicate values.

between laboratories equations (4, 6, 8, 10): the arithmetic mean of the final results (8.2.3) of the two laboratories;

r is the permissible tolerance within a laboratory (repeatability);

P is the permissible tolerance between laboratories;

σ_r is the within laboratory standard deviation;

σ_L is the between laboratories standard deviation.

8.2.2 Acceptance of analytical values

The result obtained for the certificed reference materials (7.2) shall be such that the difference between this result and the certificate value of the reference material is statistically insignificant. For a reference material that has been analysed by at least 10 laboratories using method(s) that are comparable both in accuracy and precision with this method, the following condition may be used to test the significance of the difference:

$$|A_c - A| < 2\sqrt{\frac{s_{Lc}^2 + \frac{s_{Wc}^2}{n_{Wc}}}{N_c} + \sigma_L^2 + \frac{\sigma_r^2}{n}} \quad \ldots (11)$$

where

A_c is the certificate value;

A is the result or the mean of results obtained for the reference material;

s_{Lc} is the between laboratories standard deviation of the certifying laboratories;

s_{Wc} is the within laboratory standard deviation of the certifying laboratories;

n_{Wc} is the average number of replicate determinations in the certifying laboratories;

N_c is the number of certifying laboratories;

n is the number of replicate determinations on the reference material (in most cases $n = 1$);

σ_L and σ_r are as defined in 8.2.1.

1) Additional information is given in annex B and annex C.

If condition (11) is satisfied, i.e. if the left-hand side is less than or equal to the right-hand side, then the difference $|A_c - A|$ is statistically insignificant; otherwise, it is statistically significant.

When the difference is significant, the analysis shall be repeated, simultaneously with an analysis of the test sample. If the difference is again significant, the procedure shall be repeated using a different certified material of the same type of ore.

When the range of the two values for the test sample is outside the limit calculated according to either equation (3) or equation (7), an analysis shall be carried out in accordance with the flowsheet presented in annex A, simultaneously with an analysis of a certified reference material of the sample type of ore.

Acceptability of the results for the test sample shall in each case be subject to the acceptability of the results for the certified reference material.

NOTE — The following procedure should be used when the information on the reference material certificate is incomplete:

a) if there are sufficient data to enable the between laboratories standard deviation to be estimated, delete the expression s_{Wc}^2/n_{Wc} and regard s_{Lc} as the standard deviation of the laboratory means;

b) if the certification has been made by only one laboratory or if the interlaboratory results are missing, use the condition

$$|A_c - A| < 2\sqrt{2\sigma_L^2 + \frac{\sigma_r^2}{n}} \quad \ldots (12)$$

8.2.3 Calculation of final result

The final result is the arithmetic mean of the acceptable analytical values for the test sample, calculated to four decimal places and rounded off to the second decimal place as follows:

a) when the figure in the third decimal place is less than 5, it is discarded and the figure in the second decimal place is kept unchanged;

b) when the figure in the third decimal place is 5 and there is a figure other than 0 in the fourth decimal place, or when the figure in the third decimal place is greater than 5, the figure in the second decimal place is increased by one;

c) when the figure in the third decimal place is 5 and there is the figure 0 in the fourth decimal place, the 5 is discarded and the figure in the second decimal place is kept unchanged if it is 0, 2, 4, 6 or 8 and is increased by one if it is 1, 3, 5, 7 or 9.

8.3 Oxide factors

$$w_{Fe_2O_3} = 1{,}430\ w_{Fe}$$

$$w_{FeO} = 1{,}286\ w_{Fe}$$

$$w_{Fe_3O_4} = 1{,}382\ w_{Fe}$$

9 Test report

The test report shall include the following information:

a) reference to this International Standard (including reference of the method used);

b) details necessary for the identification of the sample;

c) result of the analysis;

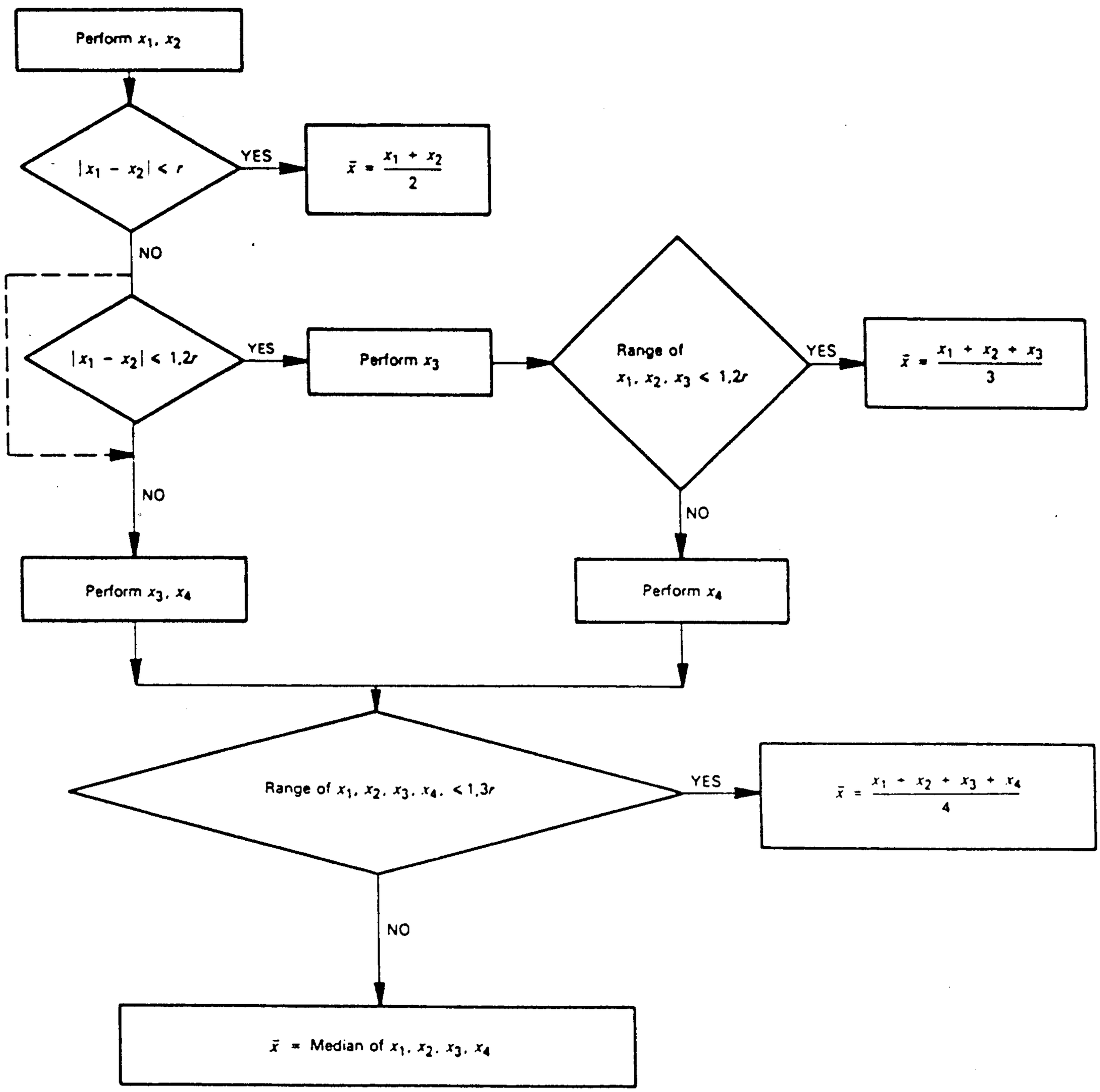
d) reference number of the result;

e) any characteristics noticed during the determination and any operations not specified in this International Standard which may have had an influence on the results, either for the test sample or the certified reference material(s).

Annex A

Flowsheet of the procedure for the acceptance of analytical values for test samples

(An integral part of this International Standard.)



r: as defined in 8.2.1.

Annex B

Derivation of repeatability and permissible tolerance equations

(This annex is for information only, and is not an integral part of this International Standard.)

The regression equations in 8.2.1 were obtained by statistical evaluation of the results of international analytical trials carried out in 1966/67 on eight iron ore samples (see the table) involving 30 laboratories in various countries.

Graphical treatment of the precision data is given in annex C.

Table — Total iron contents of test samples

Sample	Iron content [% (*m*/*m*)]
Sweden - 2	64,8
Sweden - 7	61,7
UK Sinter	35,9
Canadian	65,3
Minette	31,8
Philippine Iron Sand	60,6
Krivoj Rog	47,4
Marcona	62,7

NOTES

1 A report of the statistical analysis of the international trial (Document ISO/TC 102/SC 2 N 147E, November 1968) is available from the secretariat of ISO/TC 102/SC 2.

2 The statistical analysis has been performed in accordance with the principles embodied in ISO 5725 (at present at the stage of draft).

Annex C

Precision data obtained by international analytical trial

(This annex is for information only, and is not an integral part of this International Standard.)

NOTE — This figure is a graphical presentation of the equations in 8.2.1.

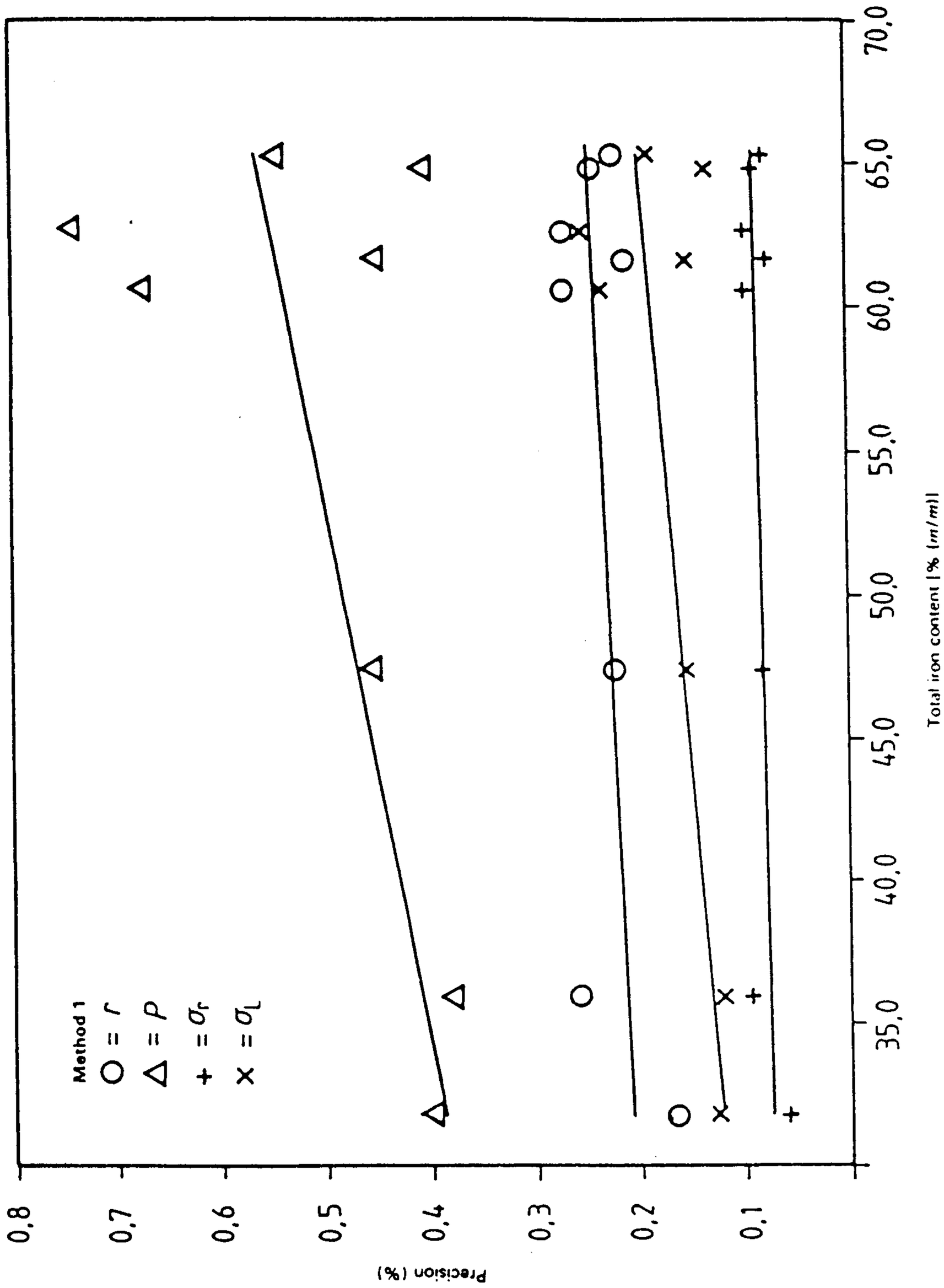


Figure 1 — Least-squares fit of precision against X for total iron for the tin(II) chloride reduction method

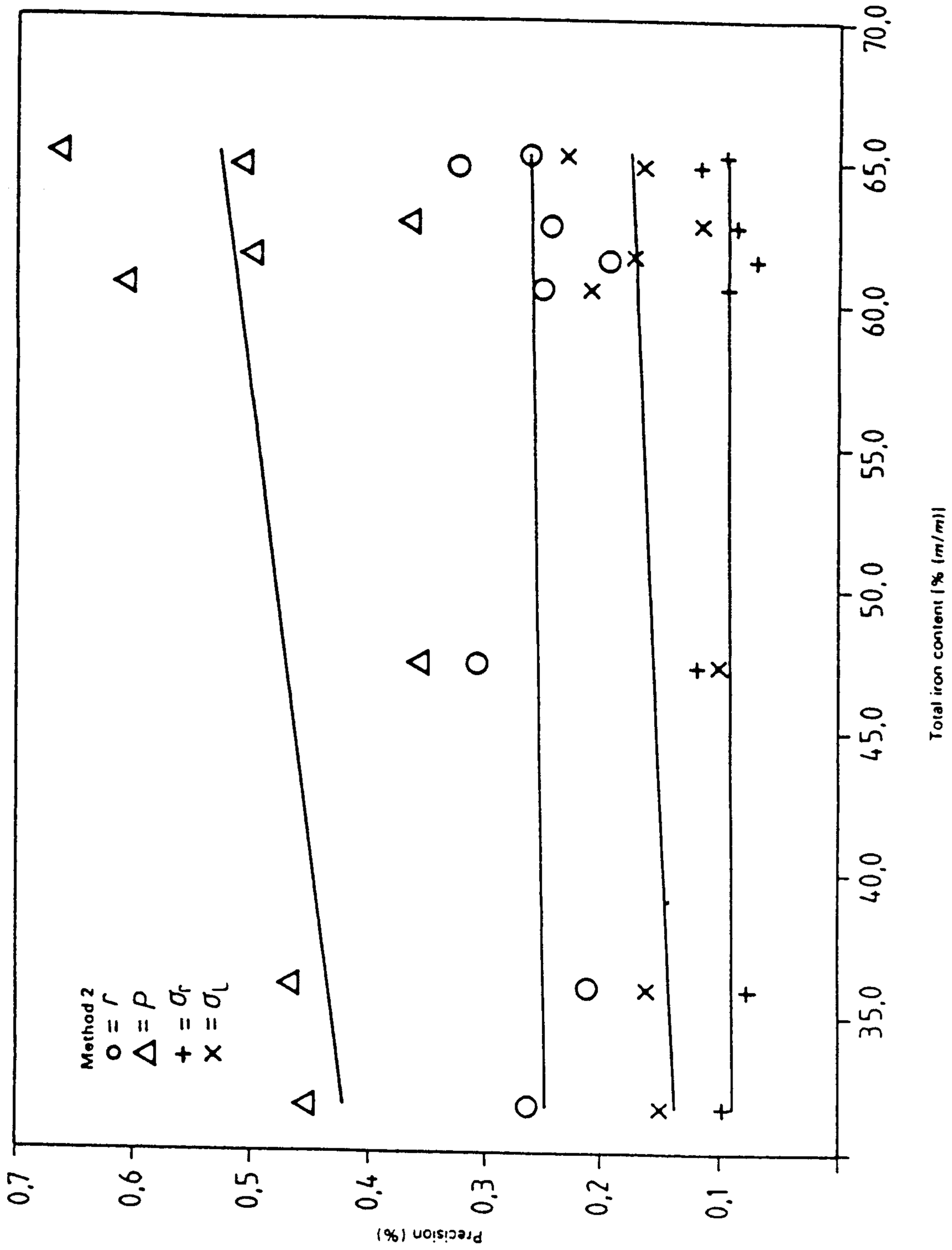


Figure 2 — Least-squares fit of precision against X for total iron for the hydrogen sulfide reduction method

Annex D

Decontamination of the waste solutions from the analysis

(This annex is for information only, and is not an integral part of this International Standard.)

To avoid discharging to the environment the mercury contained in the waste solutions from the determination of iron, such solutions should be collected and processed for the removal of their mercury content.

A suitable treatment system may be constructed as follows:

Three 10 litre plastics bottles are connected as illustrated in figure 3. (The expansion chamber incorporated in the connecting lines minimizes the risk of pressure increase in the case of a vigorous reaction.) The first two bottles each contain 3 kg of aluminium or iron rods to induce electrochemically mercury precipitation.

The solution discharged from the third bottle is fed to a neutralization vessel before final discard. Accumulated mercury sludge is removed from time to time and concentrated by decantation before transfer to a recovery plant. The aluminium or iron rods are replaced as necessary.

Reference: ANSMANN, W. *Arch. Eisenhüttenw.* 53 (10) 1982: 390.

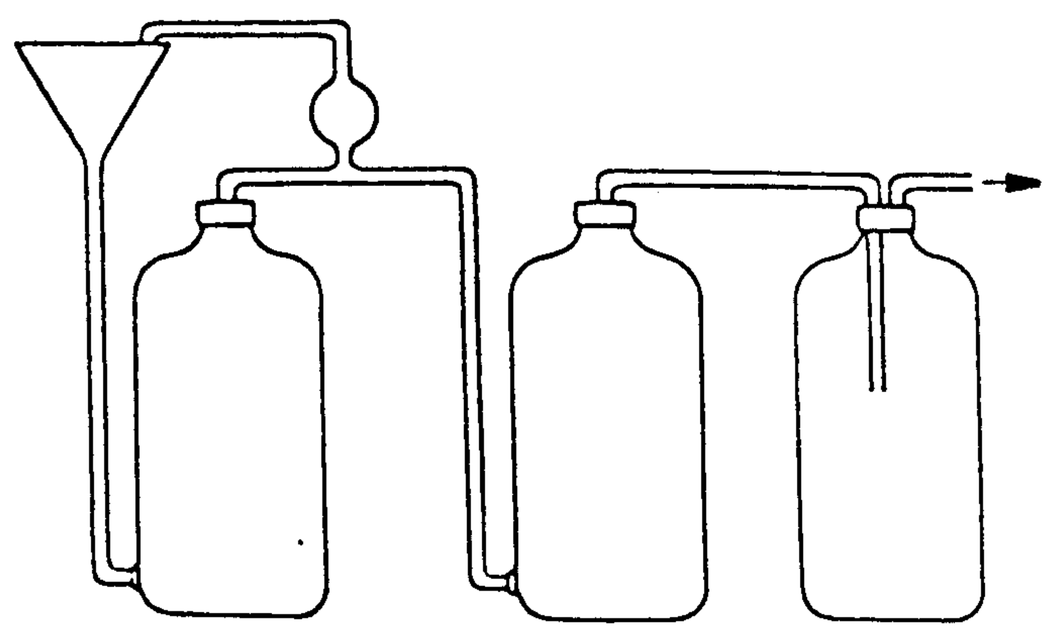


Figure 3 — Apparatus for removal of mercury from waste solutions

Rectificado.

7.2 Análisis

7.2.1 Sala de Balanza

Durante el pesaje debe ser mantenida a una temperatura de 15° a 35°C y a una humedad relativa menor que 50%[10].

7.2.2 Balanza Analítica

Debe estar equipada con un plato de pesada de dimensiones adecuadas. Debe tener una sensibilidad de 0,1 mg[10]. Durante el proceso de pesaje de una serie de muestras, se debe controlar el cero de la balanza antes de comenzar y después de cada 50 determinaciones de peso[2].

8.- PROCEDIMIENTO

8.1 Al frasco limpio para la recogida de partículas, se le añaden previamente en el laboratorio 10 mililitros de solución 0,02 N de sulfato de cobre para prevenir la proliferación de algas y hongos que afectarían a la determinación.

8.1.1 Para la primera vez que se va a muestrear, instalar en el soporte un depósito colector y un frasco limpios y proceder a su conexión.

Durante estas maniobras y antes de comenzar el muestreo, el depósito colector debe estar tapado con una cubierta apropiada para evitar la caída de partículas no muestreadas.

8.2 Registrar la información que identifica al muestreador (número del frasco y depósito colector, número de identificación del lugar de muestreo, fecha y hora de muestreo).

8.3 Proceder a destapar el depósito colector para comenzar el muestreo, que durará un mes calendario (nominal).

8.4 Durante el período de muestreo se deben efectuar inspecciones periódicas al lugar de muestreo para corregir situaciones de mal funcionamiento u otras.

8.5 Al término del período de muestreo proceder a la cosecha de la muestra. Se deben arrastrar las partículas adheridas en el depósito hacia el frasco colector, mediante una varilla u otro objeto apropiado, auxiliándose por el lavado con agua destilada (aproximadamente 500 ml). A continuación se retira el frasco colector y se sustituye por otro, dando comienzo al siguiente muestreo.

8.6 Registrar la fecha y hora del término del muestreo. El tiempo mínimo de muestreo debe ser de 27 días para la estimación de un mes calendario y 11 meses para el cálculo de los valores anuales. En ningún caso se podrán validar datos que correspondan a lapsos de medición inferiores al 75% de los días de 1 mes o de los meses de 1 año[5].

8.7 Los frascos con las muestras de partículas sedimentadas no deben ser almacenadas por más de 14 días en el laboratorio[2]. Durante este tiempo de almacenamiento, los recipientes deben conservarse herméticamente cerrados, en frío y dentro de lo posible, protegidos de la luz para evitar el desarrollo de microorganismos (por ejemplo: hongos y algas).

8.8 Una vez que el frasco esté en el laboratorio, se traspasa el contenido del frasco a un vaso, filtrándolo por un tamiz Tyler de 18 mallas (1,00 mm)[2,4]. Posteriormente se enjuagan los materiales gruesos retenidos en el tamiz con agua destilada, se limpia y enjuaga el frasco colector y se vierte el agua utilizada en ambos casos igualmente el vaso. Los residuos del tamiz son expulsados.

8.9 Para evaporar el agua de las muestras, se utiliza una fuente de evaporación de vidrio. Para determinar el peso tara de la fuente de evaporación, se deja ésta durante 1 hora en la cámara de secado a una temperatura de 105°C. Después de haberla dejado enfriarse durante treinta minutos en la sala de balanza a temperatura ambiental de 19°C a 21°C[1], finalmente se determina su peso tara por medio de la balanza analítica. Si la cantidad de líquido del vaso sobrepasa el volumen de la fuente de evaporación, se recomienda reducir el contenido del

vaso por un proceso de preevaporación. En el proceso de preevaporación hay que poner atención a que no se caliente el líquido del vaso sobre 80°C. Durante este proceso no debe llegar nada de polvo externo al vaso.

El líquido restante se traspasa a la fuente de evaporación previamente pesada, habiendo limpiado antes las paredes del vaso con una varilla de goma para desprender cuidadosamente todas las sustancias adheridas. Se evapora el contenido de la fuente a una temperatura de 105°C en una cámara de secado. Después de ésto, la fuente de evaporación se queda por lo menos una hora más en la cámara de secado con la misma temperatura. Finalmente se la traslada a la sala de balanza donde se la deja enfriar durante 30 minutos en las mismas condiciones en que la fuente fue tarada (19°C a 21°C), y luego se determina su peso.

Posteriormente, se limpian cuidadosamente las fuentes de evaporación con agua destilada, se las seca y se conservan en un lugar libre de polvo.

8.10 Determinación del Contenido de Fe

Método ISO determinación de hierro total (Anexo 4, Método 1).

9.- CALCULOS

9.1 Cálculo de la Concentración de Material Particulado Sedimentable

La concentración de material particulado sedimentable será expresado en unidades de masa depositada por unidad de área y por unidad de tiempo efectivamente medido ($mg/m^2/día$)[5].

$$P.S. = (W_f - W_i) / (A \times d)$$

P.S. = Concentración de material particulado sedimentable, $mg/m^2/día$.

W_i = Peso inicial de ~~la fuente~~, mg.

W_f = Peso final de ~~la fuente~~, (mg)

A = Area de sedimentación en depósito colector, m^2.

d = Tiempo efectivo de medición, días.

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

D = Valor medio del diámetro del depósito colector, resultante de realizar doce medidas de éste en distintos puntos de su circunferencia interior[4].

Es conveniente calcular una sola vez el área A y anotar su valor junto al número de identificación que llevará el depósito colector (ver sección 8.2).

9.2 Cálculo de Concentración de Material Particulado de Origen Industrial

Para el cálculo del material particulado de origen industrial PS_{ind}, se considerará la siguiente fórmula:

$$PS_{ind} = \frac{M_{pp}\, PS}{100} \quad (mg/m^2\ /día)$$

donde M_{pp} es el porcentaje de material particulado de origen industrial total, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$M_{pp} = \frac{(\%Fe_{Total} - \%Fe_{nat})}{(\%Fe_{pp} - \%Fe_{nat})} X\ 100$$

donde:

$\% Fe_{Total}$ = Porcentaje de hierro total en la muestra.

$\% Fe_{nat}$ = Porcentaje de hierro de otro origen.

$\% Fe_{pp}$ = Porcentaje de hierro en el material particulado emitido por chimeneas.

El $\%Fe_{pp}$ corresponderá al valor promedio que arrojen las muestras más recientes de material particulado obtenidas por una medición aprobada por el Servicio Agrícola y Ganadero, en las chimeneas de la Planta de Pellets de Huasco. El $\%Fe_{nat}$ será 1,7% (establecido por INIA-SAG).

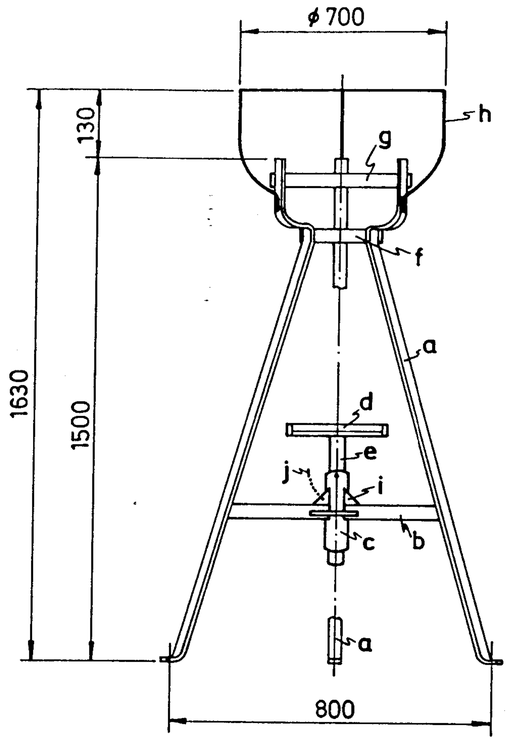
9.3 Cálculo de la Concentración de Hierro Total en el Material Particulado

La concentración de hierro total en el material particulado sedimentable será expresado en unidades de masa de hierro depositada por unidad de área y por unidad de tiempo efectivamente medido (mg/m²/día).

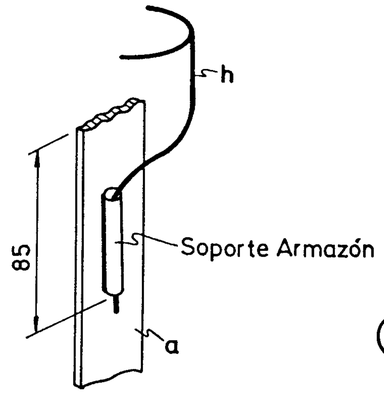
Hierro en el material particulado sedimentable

$$H.S. = \frac{\%Fe_{Total}\ PS}{100}$$

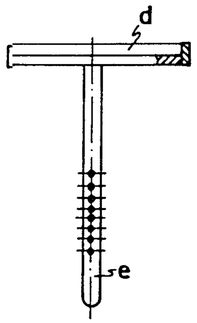
mg/m²/día



SOPORTE EQUIPO COLECTOR
S/E

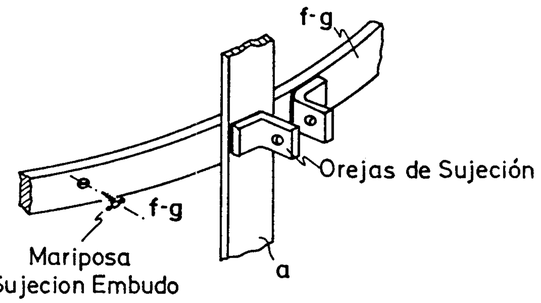


(h) ARMAZON CONTRA PAJAROS
S/E

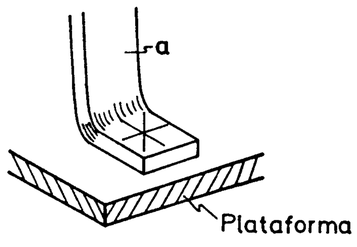


(d) PLATO AJUSTABLE
S/E

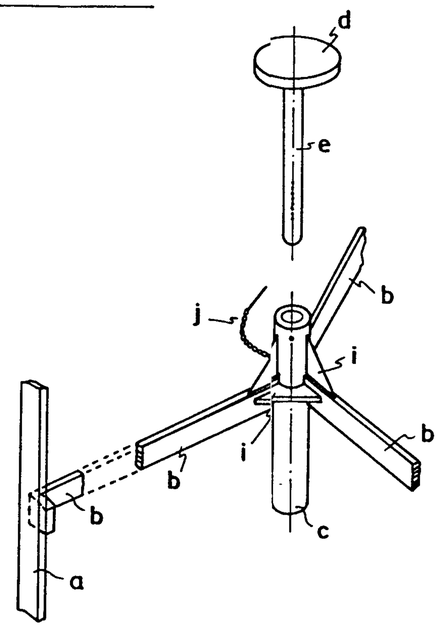
LISTA DE MATERIALES				
M	DESIGNACION	C	MATERIAL	OBSERVACIONES
a	Trípode	3	Pletina Fe 1"x1/4"	Arco Entre Pies 120°
b	Apoyo	3	Pletina Fe 1"x1/4"	
c	Guia de Bastago	1	Tubo Feϕ1"ext. 2mm esp.	
d	Plato Ajustable	1	Plancha Fe 5mm esp.	
e	Bastago de Ajuste	1	Barra Fe Torn. a 21mm	
f	Abrazadera Inferior	1	Pletina Fe 1"x1/4"	
g	Abrazadera Superior	1	Pletina Fe 1"x1/4"	
h	Armazón c/Pájaros	1	Barra Redonda Fe 1/4"	
i	Placa Refuerzo	6	Plancha Fe 1/4"	
j	Pasador	1		



(f-g) UNION TRIPODE ABRAZADERA
S/E



FIJACION TRIPODE
S/E



(b-d) APOYO Y PLATO AJUSTABLE
S/E

NOTA: Las Estructuras deben ser protegidas con Pintura Epóxica.
Pernos y Tuercas de 1/4" ϕ y Galvanizados.
Pernos Anclaje de 1/2"ϕ Galvanizados.

CIMM CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

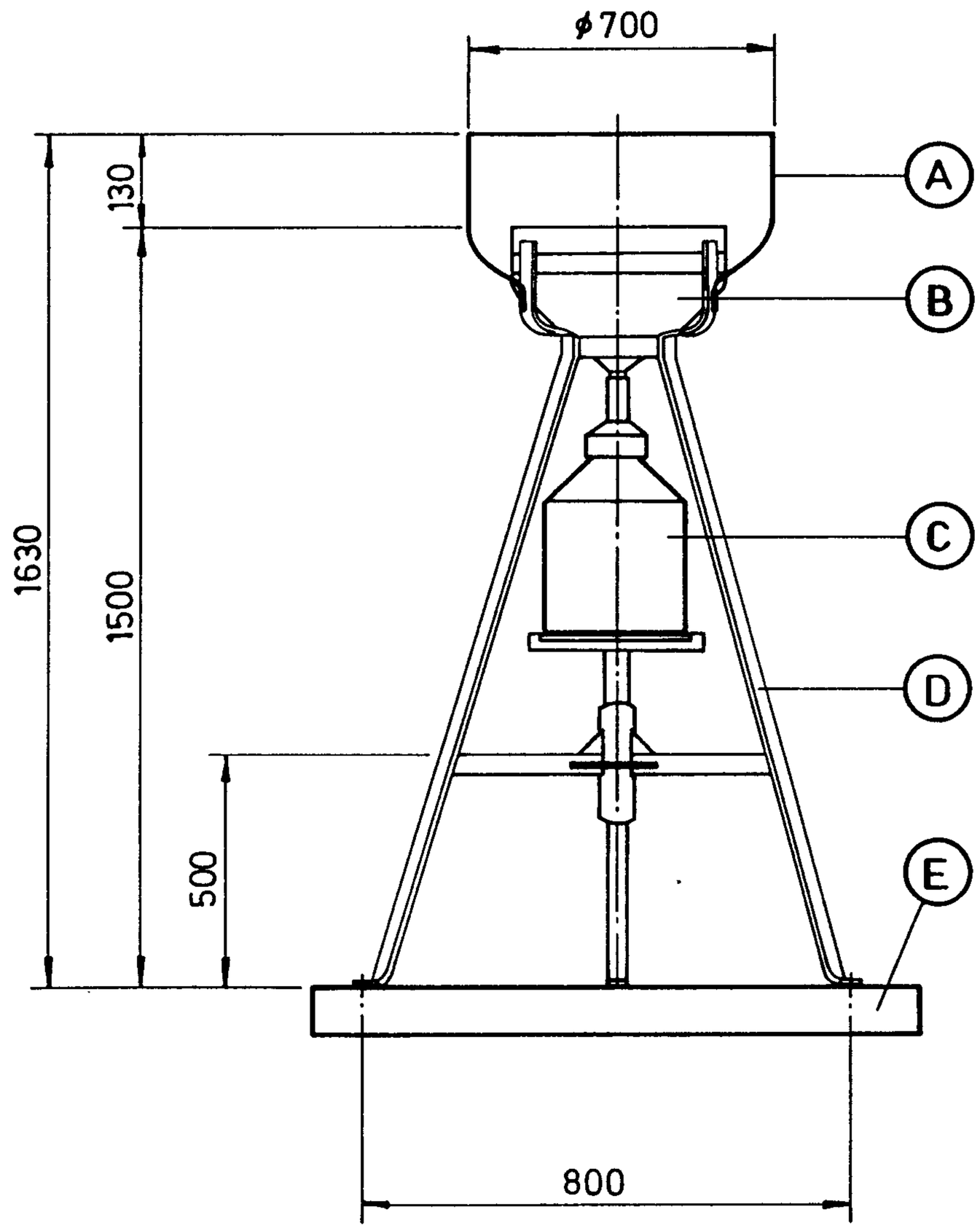
DIBUJO	J. CASTRO		JUNIO-92	ESCALAS	PLANO ___ DE ___	REVISION 0
PROYECTO	J. C. YAÑEZ					
REVISO	J. C. YAÑEZ			FIGURA - 6		
APROBO	H. MUÑOZ					

C. M. P.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO, MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO

DESCRIPCION SOPORTE EQUIPO COLECTOR

PLANO Nº



A	Armazón contra Pájaros
B	Deposito Colector
C	Frasco Colector
D	Soporte Muestreador
E	Plataforma

TRIPODE SOPORTE MUESTREADOR

S/E

CIMM CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

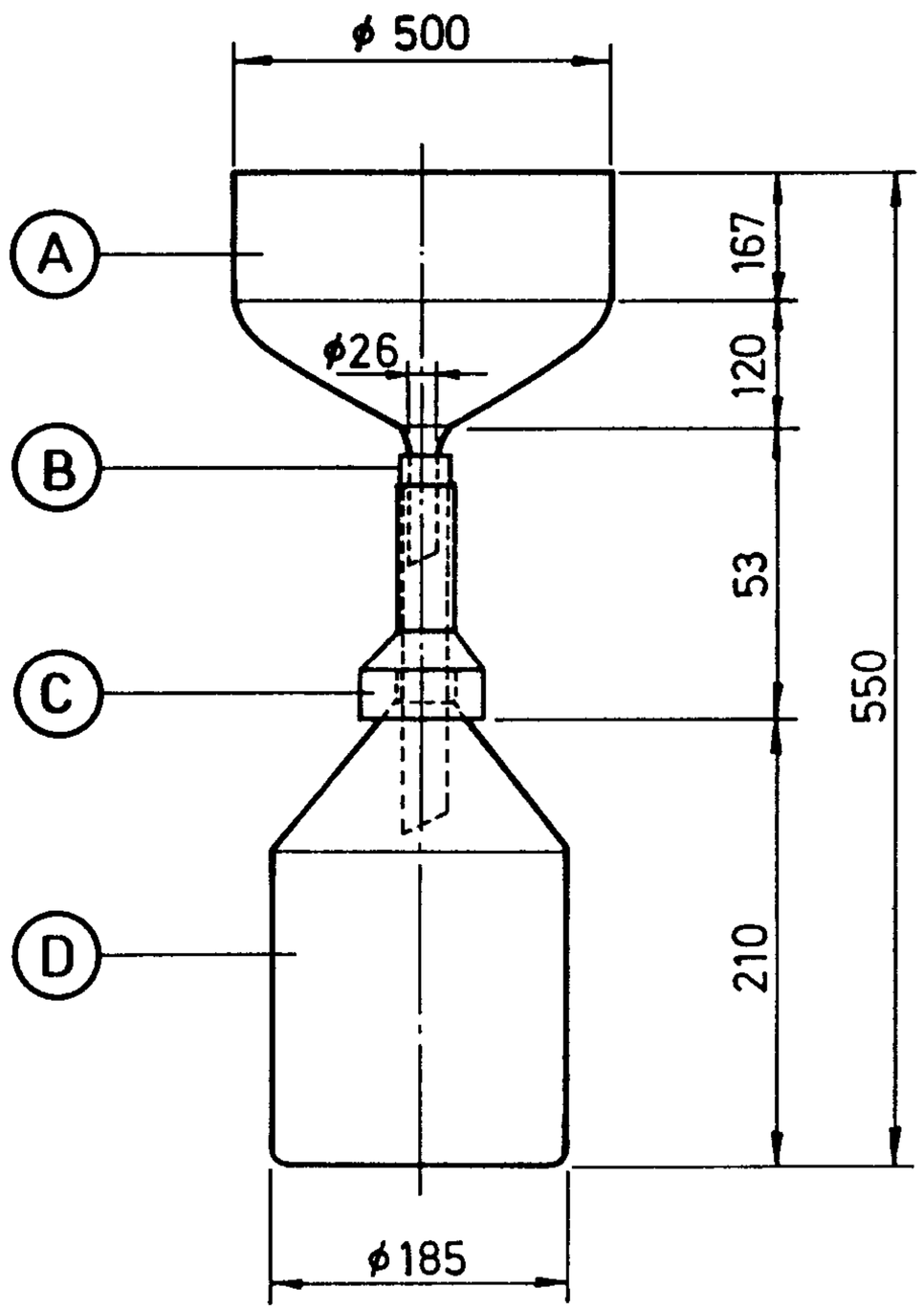
DIBUJO	J. CASTRO		JUNIO-92	ESCALAS	PLANO ___ DE ___	REVISION 0
PROYECTO	J. C. YAÑEZ					
REVISO	J. C. YAÑEZ			FIGURA - 4		
APROBO	H. MUÑOZ					

C. M. P.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO, MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO

TRIPODE SOPORTE MUESTREDOR

PLANO Nº



DEPOSITO Y FRASCO COLECTOR

S/E

LISTA DE MATERIALES		
	DESIGNACION	MATERIAL
A	Deposito Colector	Embudo de Ceramica
B	Conexion	Manguera Tygon
C	Embudo Invertido	Plastico
D	Frasco Colector	Botella de Vidrio Tapa Esmerilada

CIMM CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

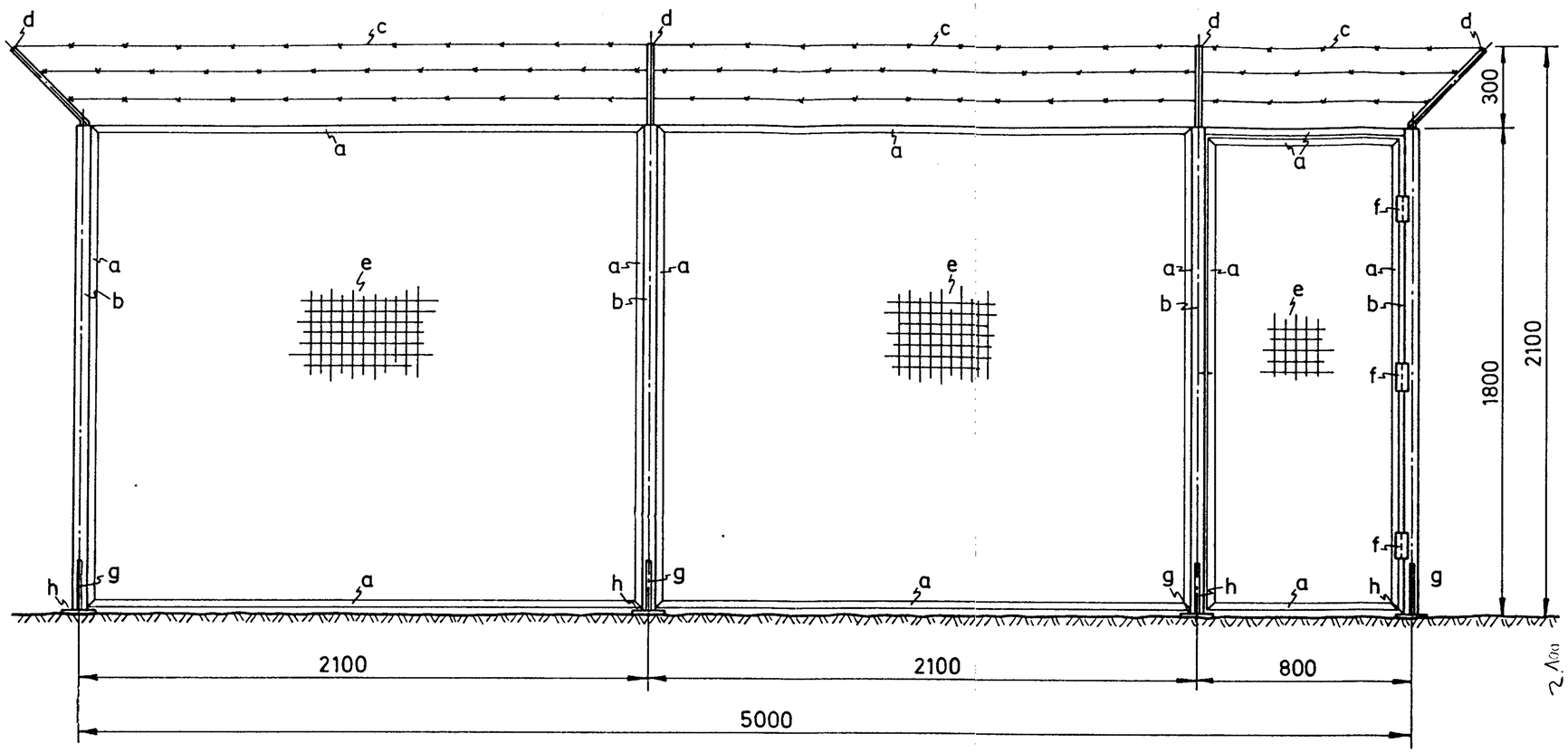
DIBUJO	J. CASTRO		JUNIO-92	ESCALAS	PLANO ___ DE ___	REVISION 0
PROYECTO	J.C. YAÑEZ					
REVISO	J.C. YAÑEZ			FIGURA - 5		
APROBO	H. MUÑOZ					

C. M. P.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO, MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO

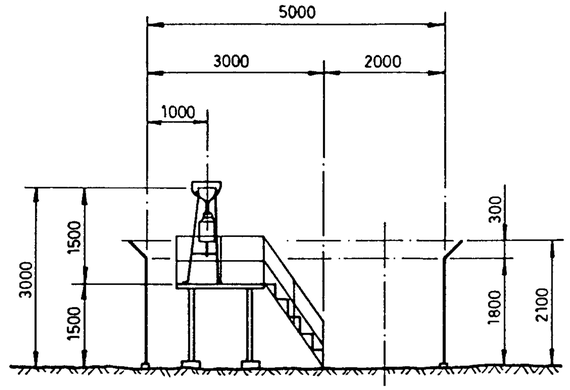
DEPOSITO Y FRASCO COLECTOR

PLANO Nº



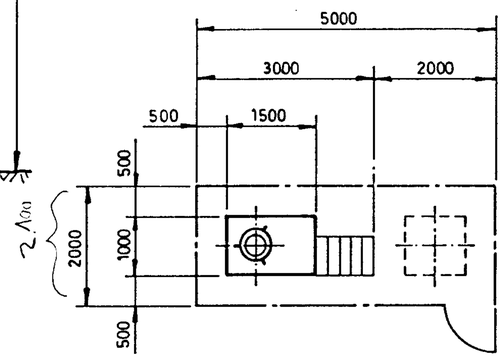
ELEVACION REJA

ESC. 1:20



ELEVACION

ESC. 1:100



PLANTA

ESC. 1:100

LISTA DE MATERIALES

Nº	M	DESIGNACION	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	a	Angulo 30 × 30 × 3	A 37 - 24ES	
2	b	Perfil ⌀ 50 × 50 × 3		Perfil Cuadrado
3	c	Alambre de Pua		
4	d	Angulo 30 × 30 × 3		
5	e	Malla		
6	f	Bisagra de 3"		
7	g	Placa Refuerzo	A 37 - 24ES	Esp. 4mm
8	h	Placa Base	A 37 - 24ES	Esp. 4mm

CIMM CENTRO DE INVESTIGACION MINERA Y METALURGICA

DIBUJO	J. CASTRO		JUNIO-92	ESCALAS	PLANO ___ DE ___	REVISION 0
PROYECTO	J.C. YAÑEZ					
REVISO	J.C. YAÑEZ			FIGURA - 3		
APROBO	H. MUÑOZ					

C. M. P.

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA IMPLEMENTACION DE RED DE MONITOREO, MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE EN CUENCA RIO HUASCO

DETALLE REJA

PLANO Nº