

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DEL MATERIAL PROVENIENTE DE MUESTREADOR SECUNDARIO (MMS) EN MINERA LOMA DE NIQUEL C. A. TIARA EDO ARAGUA.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO
PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO EN
MINAS. POR EL Br. MARRERO J,
OSWALD.

CARACAS, OCTUBRE DE 2004.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACION DE LA REPRESENTATIVIDAD DEL MATERIAL PROVENIENTE DE MUESTREADOR SECUNDARIO (MMS) EN MINERA LOMA DE NIQUEL C. A. TIARA EDO ARAGUA.

TUTOR ACADEMICO: Prof. Ing. Manuel García.
COTUTOR ACADEMICO: Prof. Ing. Mónica Martíz.
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. José A. Rivas,
Ing. José A. Estanga.

Marrero J. Oswald

**EVALUACIÓN DE LA REPRESENTATIVIDAD DE LAS
MATERIAL PROVENIENTES DE MUESTREADOR
SECUNDARIO (MMS) EN MINERA LOMA DE NIQUEL C.A.
TIARA EDO. ARAGUA**

Tutor Académico: Prof. Manuel García. Co-Tutor: Prof. Mónica Martiz. Tutor Industrial: Ing. José A. Rivas, Ing. José A. Estanga. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología Minas y Geofísica. 2004, 190 pp.

Palabras claves: Representatividad, Muestreo, Mineral, COVENIN, Norma

RESUMEN

El presente trabajo tiene la finalidad de evaluar la representatividad del material que conforma la muestra MMS proveniente del muestreador secundario en la compañía Minera Loma de Níquel C.A. Para ello se diseñó una metodología en concordancia con los lineamientos establecidos en las normas COVENIN: “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos de Muestreo y Preparación de Muestras” NVC 3617:2000, “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar la Variación de la Calidad” NVC 1812:2000, “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar la Precisión en el Muestreo” NVC 317:2000, “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar Tendencias en el Muestreo” NVC 1776:2000, para ser adecuada a un muestreo automático por barridos de dos etapas cuya tarea es, según la frecuencia de muestreo, barrer o cortar una sección transversal del material transportado en la cinta y generar mediante la agrupación de incrementos la muestra MMS. Con esta metodología se evaluó las condiciones históricas del sistema de muestreo y la representatividad de las muestras con lo que se concluyó que el sistema debería ser optimizado realizándose así un diseño experimental factorial simple cuyos factores a evaluar son la frecuencia de tiempo en el barredor primario (TBP) con niveles de 160 s, 180 s y 200 s, y, la frecuencia de tiempo en el barredor secundario (TBS) con niveles de 6 s, 8 s y 10 s. Los resultados del diseño experimental fue evaluado usando la metodología planteada y concluyendo que la mejor representatividad se obtiene cuando la frecuencia en el barredor primario es de 180 segundos y en el barredor secundario es 6 segundos.

ÍNDICE GENERAL

	Pagina
Introducción.....	I
Capítulo I. Descripción del Problema.....	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.3 Justificación.....	5
1.4 Minera Loma de Níquel C.A.....	6
1.4.1 <i>Reseña Histórica</i>	6
1.4.2 <i>Ubicación Geográfica</i>	7
1.4.3 <i>Política SGI (Sistema de Gestión Integrado)</i>	8
1.4.4 <i>La Mina</i>	8
1.4.5 <i>La Planta</i>	12
1.4.5 <i>Níquel</i>	14
Capítulo II. Muestreo.....	16
2.1 Teoría Elemental del Muestreo.....	16
2.1.1 <i>Muestreo</i>	16
2.1.2 <i>Teoría del Muestreo</i>	16
2.1.3 <i>Tamaño de la Muestra</i>	21
2.1.4 <i>Distribuciones de Muestreo</i>	22
2.1.5 <i>Errores típicos de Muestreo</i>	28
2.2 Teoría Estadística de Toma de Decisiones.....	30
2.2.1 <i>Decisiones Estadísticas</i>	30
2.2.2 <i>Descripción Gráfica de la Variabilidad</i>	33
2.3 Muestreo de Sólidos.....	38
2.3.1 <i>Muestreo de Materiales Secos</i>	39
2.3.2 <i>Muestreo para el Análisis de Humedad</i>	40
2.3.3 <i>Muestreo para Análisis Químico</i>	40
2.3.4 <i>Tamaño de las Muestras</i>	40
2.3.5 <i>Tipos de Muestreadores Mecánicos</i>	43
2.4 Norma Venezolanas.....	44
2.4.1 <i>Normalización y Norma</i>	44
2.4.2 <i>Norma Venezolana COVENIN</i>	44
2.4.3 <i>NVC 1812:2000 “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar la Variación de la Calidad”</i>	45
2.4.4 <i>NVC 317:2000 “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar Precisión en el Muestreo”</i>	46
2.4.5 <i>NVC 1776:2000 “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar Tendencias en el Muestreo”</i>	46
2.4.6 <i>NVC 3617:2000 “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos de Muestreo y Preparación de Muestras”</i>	47
2.5 Experimentación Factorial, Experimento con Dos Factores.....	47

Capítulo III. Desarrollo Experimental.....	50
3.1 Técnicas e Instrumentos.....	50
3.1.1 Factor Maquinaria.....	51
3.1.2 Factor Medio Ambiente.....	51
3.1.3 Factor Medición.....	52
3.1.4 Factor Materia Prima.....	52
3.1.5 Factor Mano de Obra.....	53
3.1.6 Factor Método.....	53
3.1.7 Mapa mental del Problema.....	54
3.1.8 Diagrama de Flujo.....	55
3.2 Evaluación de Tendencia (NVC 1776:2000).....	56
3.2.1 Lineamiento.....	56
3.2.2 Análisis de Datos Experimentales.....	57
3.2.3 Análisis Estadístico.....	59
3.3 Evaluación de la Calidad (NVC1812:2000).....	60
3.3.1 Lineamiento.....	60
3.3.2 Cálculo de la Desviación Estándar.....	61
3.3.3 Clasificación de la Calidad.....	62
3.4 Evaluación de la Precisión (NVC 317:2000).....	62
3.4.1 Lineamiento.....	62
3.4.2 Cálculo de la Precisión.....	63
3.4.3 Clasificación de la Precisión.....	64
3.5 Evaluación del Sistema de Muestreo (NVC 3617:2000).....	64
3.5.1 Lineamiento.....	65
3.6 Diseño Experimental.....	70
3.6.1 Criterio de Decisión.....	72
Capítulo IV. Evaluación Histórica del Sistema de Muestreo.....	76
4.1 Comportamiento Histórico de la Variabilidad en la MMS.....	76
4.2 Gráficos de Control de Pilas.....	77
4.3 Estadística Descriptiva.....	81
4.4 Evaluación de Tendencia.....	82
4.5 Evaluación de la Calidad.....	83
4.6 Evaluación de Precisión.....	85
4.7 Evaluación del Sistema de muestreo.....	86
4.7.1 Diagnóstico de la Configuración del Sistema de Muestreo.....	86
4.7.2 Masa Mínima.....	91
4.7.3 Velocidad de los Cortadores.....	91
4.7.4 Coeficiente de Variación de Masa (CVM).....	91
4.7.5 Número de Incrementos.....	92
4.7.6 Intervalo de Muestreo.....	92
Capítulo V. Análisis de Resultados del Diseño Experimental.....	95
5.1 Estadística Descriptiva.....	95
5.2 Análisis de Gráficos de Control.....	96
5.3 Evaluación de Tendencias en el Diseño Experimental.....	103
5.4 Evaluación de la Calidad en el Diseño Experimental.....	107
5.5 Evaluación de la Precisión en el Diseño Experimental.....	113
5.6 Evaluación del Sistema de Muestreo en el Diseño Experimental.....	119
5.6.1 Masa Mínima en el Barredor Primario.....	119
5.6.2 Coeficiente de Variación de la Masa (CVM).....	119
5.6.3 Número de Incrementos.....	121

5.6.4 Criterio de Decisión.....	122
Conclusiones y Recomendaciones.....	127
Referencias Bibliográficas.....	130
Apéndices.....	131
A Definiciones, Glosario y Abreviaturas.....	131
B Estadística Descriptiva del Histórico.....	135
C Muestreador Secundario MMS.....	143
C.1 Barredor Secundario.....	143
C.2 Barredor Primario.....	143
C.3 Cubierta del Barredor Primario.....	144
C.4 Rodillos Trituradores.....	144
C.5 Reciclo del Material Muestreado.....	145
D Estadística Descriptiva del Experimento.....	146
E Test de Normalidad de Combinaciones.....	166
F Tablas de Resultados del Diseño Experimental.....	182
G Calculo de Áreas para Representaciones Radiales.....	213

Índice de figuras

	Pág.
Figura 01	Flujograma del proceso en MLDN..... 4
Figura 02	Ubicación geográfica..... 7
Figura 03	Diagrama de preparación de mineral..... 12
Figura 04	Curva de distribución normal..... 26
Figura 05	Distribución t de Student para varios valores de v..... 28
Figura 06	Histogramas de frecuencias..... 34
Figura 07	Modelo de carta de control..... 38
Figura 08	Combinaciones de tiempos para la realización del diseño experimental..... 48
Figura 09	“Espina de Pecado” de las técnicas e instrumentos usados..... 50
Figura 10	Mapa mental de problema..... 54
Figura 11	Diagrama de flujo principal..... 55
Figura 12	Diagrama de evaluación de tendencia en el muestreo..... 57
Figura 13	Ejemplo de cero (0) no incluido..... 59
Figura 14	Ejemplo de cero (0) incluido..... 60
Figura 15	Masa mínima de muestra a ser dividida..... 67
Figura 16	Diagrama de evaluación NVC 3617:2000..... 69
Figura 17	Flujograma del diseño experimental..... 70
Figura 18	Diseño experimental para el caso de MLDN..... 71
Figura 19	Diagrama de toma de muestra..... 71
Figura 20	Comportamiento histórico de MMS..... 76
Figura 21	Comportamiento de MMS para Ni..... 78
Figura 22	Comportamiento de MMS para Fe..... 78
Figura 23	Comportamiento de MMS para SiO ₂ 79
Figura 24	Comportamiento de MMS para MgO..... 79
Figura 25	Histogramas de diferencias para el histórico de MMS..... 83
Figura 26	Esquema del sistema de muestreo..... 87
Figura 27	Estadística descriptiva y comportamiento de la masa en las muestras de MMS..... 89
Figura 28	Análisis granulométrico del material entrante y saliente del muestreador..... 90
Figura 29	Comportamiento del Ni en las combinaciones de estudio..... 96
Figura 30	Comportamiento del Fe en las combinaciones de estudio..... 97
Figura 31	Comportamiento del SiO ₂ en las combinaciones de estudio..... 98
Figura 32	Comportamiento del MgO en las combinaciones de estudio..... 99
Figura 33	Modelo de cálculo de área..... 102
Figura 34	Histogramas de diferencias para las agrupaciones con comportamiento normal..... 105
Figura 35	Histogramas de diferencias para las agrupaciones con comportamiento normal..... 106
Figura 36	Polígonos de calidad en función del barredor primario..... 110
Figura 37	Polígonos de calidad en función del barredor secundario..... 112
Figura 38	Polígonos de precisión en función del barredor primario..... 117
Figura 39	Polígonos de precisión en función del barredor secundaria..... 118
Figura 40	Polígonos de CVM para el barredor secundario..... 120
Figura 41	Comportamiento de la masa según el numero de incrementos en el barredor secundario..... 121

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 01 Clasificación de la variación de la calidad.....	62
Tabla 02 Precisión total.....	64
Tabla 03 Resumen cuantitativo de comportamiento de la MMS para los analitos estudiados.....	80
Tabla 04 Desviación estándar de las pilas.....	81
Tabla 05 Sigma de preparación en la MMS.....	84
Tabla 06 Sigma de medición en la MMS.....	84
Tabla 07 Variación de la calidad en la MMS.....	84
Tabla 08 Desviaciones estándar parciales y combinada.....	85
Tabla 09 Precisión.....	85
Tabla 10 Configuración del sistema de muestreo.....	88
Tabla 11 Resumen estadístico de las combinaciones estudiadas.....	95
Tabla 12 Resumen de medias según el subgrupo para cada combinación.....	100
Tabla 13 Resumen de diferencias entre medias de subgrupos para cada combinación.....	100
Tabla 14 Resumen de las áreas para cada analito y total.....	102
Tabla 15 Sigma de calidad en el barredor primario.....	107
Tabla 16 Sigma de calidad en el barredor secundario.....	108
Tabla 17 Sigma de calidad por analito según la combinación estudiada.....	109
Tabla 18 Agrupación de sigmas de calidad según frecuencia de tiempos.....	109
Tabla 19 Resumen de áreas de los polígonos de calidad del barredor primario	111
Tabla 20 Resumen de áreas de los polígonos de calidad del barredor secundario.....	112
Tabla 21 Sigma de medición para el barredor primario.....	114
Tabla 22 Sigma de muestreo para el barredor primario.....	114
Tabla 23 Sigma de preparación para el barredor primario.....	114
Tabla 24 Sigma de medición para el barredor secundario.....	115
Tabla 25 Sigma de muestreo para el barredor secundario.....	115
Tabla 26 Sigma de preparación para el barredor secundario.....	115
Tabla 27 Precisión por analito para cada combinación estudiada.....	116
Tabla 28 Agrupación se sigmas de precisión según frecuencia de tiempos.....	116
Tabla 29 Resumen de áreas de los polígonos de precisión para los barredores	118
Tabla 30 Coeficiente de variación de masa para el barredor primario según la frecuencia de tiempo estudiada.....	119
Tabla 31 Coeficiente de variación de masa para el barredor secundario según la combinación estudiada.....	119
Tabla 32 Coeficiente de variación de masa para el barredor secundario según la frecuencia de tiempo estudiada.....	120
Tabla 33 Coeficiente de variación de masa para el barredor secundario según el numero de incrementos.....	121

Índice de Cuadros

	Pág.
Cuadro 01 Distribuciones de muestreo y errores típicos.....	29
Cuadro 02 Hipótesis estadística.....	31
Cuadro 03 Valores de calidad y precisión según lineamiento normativo para el caso MLDN.....	92
Cuadro 04 Agrupaciones de tiempo por combinaciones.....	104
Cuadro 05 Matriz de decisión.....	123

INTRODUCCION

Es evidente la medida con que el desarrollo minero avanza en la industria mundial generando la materia prima mineral de innumerables productos manufacturados. En el ámbito industrial la necesidad de procesos de explotación y producción cada vez más económicos, eficientes y menos contaminantes, exige de estudios actualizados con el enfoque de maximizar el aprovechamiento de estos recursos.

En este sentido, el análisis y uso de la información de las características fisicoquímicas de los materiales cobra vigencia, por ello se han desarrollado tecnologías y metodologías fundamentadas en el muestreo de minerales, tales como las **Evaluaciones de Representatividad**.

La representatividad es una denominación formada por ciertos lineamientos de evaluación. Se dice que algo es representativo cuando cumple con todos los lineamientos establecidos para ello o está dentro de un intervalo de confianza a criterio del evaluador. Por lo tanto, la representatividad se convierte en una idea de la calidad.

El presente trabajo especial de grado tiene como objeto evaluar la representatividad de las muestras enviadas al laboratorio provenientes del muestreador secundario (MMS) mediante el diseño de una metodología en concordancia con los lineamientos normativos establecidos en las normas COVENIN relacionadas como muestreo y representatividad de mineral de hierro.

El estudio tiene la finalidad de encontrar la mejor combinación de frecuencias de tiempo vinculados al muestreador secundario para la realización de un muestreo representativo.

El área de la investigación está principalmente enfocada a relacionar los lineamientos normativos mediante la creación de una metodología de evaluación de la representatividad del mineral de Níquel.

La metodología diseñada está puntualizada a cada objetivo particular de la investigación, primeramente se muestra el tipo y el diseño de la investigación que sustenta el Trabajo Especial de Grado, luego la población, muestra, técnicas e instrumentos definidos para lograr el objetivo principal del estudio, y, finalmente se describe paso a paso las diferentes evaluaciones aplicados en el estudio de la representatividad.

Por otra parte, se presenta un diseño experimental que involucra el uso de la metodología diseñada para la evaluación de la combinación de distintos niveles en los factores involucrados al muestreo.

El trabajo se encuentra estructurado en cinco capítulos, donde el primero se refiere al planteamiento del problema, planteándose los objetivos de la investigación, así como la justificación, y reseña de la compañía. El capítulo II contiene la revisión bibliografía, donde se precisan los aspectos básicos y teorías que permiten la comprensión de la investigación. El capítulo III muestra la descripción de la metodología seguida en el desarrollo de la investigación. Seguidamente el capítulo IV donde se presenta la evaluación histórica del sistema de muestreo secundario y la evaluación de la representatividad del material para esas condiciones de trabajo. A continuación el capítulo V que presenta el análisis de los resultados provenientes de la aplicación del diseño experimental mostrando la mejor combinación de factores que mejoran la representatividad del mineral. Finalmente el capítulo VI se exponen las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo especial de grado

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

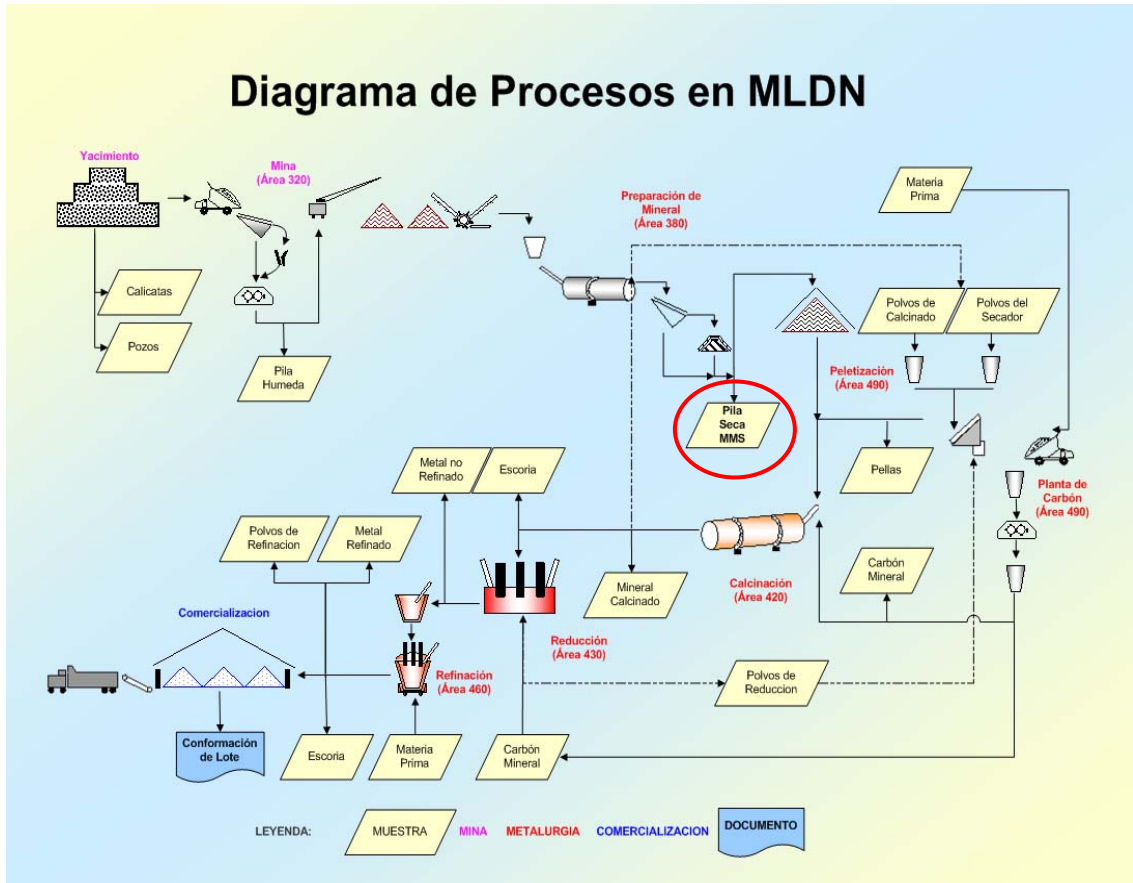
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía Minera Loma de Níquel tiene en operación desde mayo del 2003 un muestreador automático, que se conoce como “muestreador secundario” MMS. Este muestreador esta situado, según el flujograma de procesos (figura 01), después las pilas de homogenización de material. El equipo se encarga de tomar una muestra del material que pasa sobre la banda transportadora en movimiento, el cual será enviado hacia la trituración terciaria. El muestreador es un equipo automático, de la marca RAMSEY, que consta de dos etapas. La primera etapa del sistema esta compuesta por el *Barredor Primario* cuya tarea es, según una frecuencia de muestreo predeterminada, cortar o barrer una sección transversal del material transportado por la banda en movimiento y desviarlo al interior del sistema de muestreo. Una vez dentro del sistema, dicho material es reducido de tamaño y depositado en una banda donde se encuentra la segunda etapa del sistema, es decir, un *Barredor Secundario*, el cual toma a una determinada frecuencia de muestreo, uno o mas incrementos de la cantidad de material sustraída por el barredor primario de la cinta transportadora, lo cual generará una muestra formada por una cantidad de incrementos hasta que haya pasado por la línea de producción la cantidad aproximada de 600 toneladas.

Debido al poco tiempo de operación, el equipo no ha sido objeto de ninguna evaluación a la rutina de toma de muestra establecida, es decir, no se ha cuantificado la precisión total ni se ha comprobado si existen variaciones de la calidad, además, y tampoco se ha examinado la existencia de tendencias en el muestreo que afecten al material. Por otra parte, se sabe de antemano que las muestras que son enviadas al laboratorio poseen una gran variabilidad en cuanto a masa, por ello se suponen

deficiencias en el procedimiento de muestreo, ya que teóricamente, esta muestra es una porción de tamaño constante para un lote de material establecido.

Figura 01 Flujograma de procesos en MLDN



Fuente: Departamento de Procesos MLDN

Por lo antes expuesto, es necesario, no solo analizar el comportamiento de los datos durante el tiempo de operación del muestreador, sino también evaluar a través del diseño experimental todas las posibles rutinas de muestreo de manera de elevar la eficiencia del proceso de muestreo con este equipo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar de la representatividad de las muestras de mineral enviadas al Laboratorio de Calidad provenientes del Muestreador Secundario MMS.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el comportamiento de los datos obtenidos en el tiempo de operación del muestreador secundario.
- Analizar los componentes y variables de operación del muestreador en función de su aplicación en planta.
- Aplicar un diseño experimental al muestreador secundario de acuerdo con los fundamentos normativos para el muestreo de mineral en planta.
- Evaluar la masa, la precisión total, la calidad y la introducción de tendencias de muestreo en el material.
- Comparar los datos obtenidos en el tiempo de operación del muestreador secundario con los resultados conseguidos a través del diseño experimental.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El objetivo de este proyecto es evaluar la representatividad de las muestras que son enviadas al laboratorio provenientes del muestreador secundario, con el fin, primeramente, de determinar la rutina de muestreo más óptima al evaluar todas las posibles soluciones del sistema, a través del diseño experimental, tomando en cuenta los requerimientos de la compañía en relación a la disminución de los costos y los fundamentos normativos establecidos a través de métodos experimentales relacionados con muestreo. Y además, de mejorar la información de las características físico-químicas del material durante la homogenización y después de la trituración terciaria.

Realizando esto se eleva la confianza en los resultados del Laboratorio de Calidad al generar resultados de un proceso mas estabilizado para el control de los procesos minero-metalúrgicos, lo que trae para MLDN un incremento en la optimización de los niveles de calidad.

1.4 MINERA LOMA DE NIQUEL C.A.

1.4.1 Reseña Histórica

El yacimiento niquelífero tradicionalmente llamado Loma de Hierro, fue descubierto en 1941. En el año 1970, el Ministerio de Minas e Hidrocarburos asumió los derechos sobre el yacimiento y mediante decreto declaro especialmente afectado para el desarrollo del yacimiento niquelífero Loma de Níquel, un polígono de aproximadamente 7000 has.

Desde los años 40 y durante tres décadas, empresas mineras internacionales realizaron estudios exhaustivos para determinar el potencial minero de Venezuela, pero entre 1975 y 1990, la actividad privada se redujo notablemente debido a la instauración de un régimen impositivo con gravámenes demasiado onerosos para las explotaciones mineras.

Los cambios históricos que han sacudido al mundo a finales de la década pasada, y que llegaron a una apertura de las barreras, tanto políticas como económicas, están transfigurando a Latino América, cuya expectativa de crecimiento es de 5% a un 8% en los años noventa, con mas de 250 billones de dólares de capital extranjero en inversiones durante el decenio. La mayor parte de esta inversión se realizara dentro del sector energético y el sector minero.

Dentro de este contexto, Venezuela toma un nuevo rumbo a partir de 1990, y busca reducir su tradicional dependencia de las exportaciones petroleras, reactivando el sector minero, el cual posee inmensas perspectivas de desarrollo. Al mismo tiempo se liberaliza la economía y un nuevo reglamento que grava con un máximo de 30% las actividades económicas, promueve las inversiones privadas en minería y otros sectores productivos y de servicios.

1.4.2 Ubicación Geográfica:

Minera Loma de Níquel C.A (figura 02) está situada a 20 Km. de la Autopista Regional del Centro, que une Caracas con Valencia en el cual esta proyectado ferrocarril de los Valles del Tuy. Por autopista, queda a 150 Km. de Puerto Cabello, una de los puertos mas importantes del país, así como a 100 Km. del Puerto de la Guaira, el principal de Venezuela, lo cual facilita enormemente el transporte del producto hacia los mercados internacionales.

Figura 02. Ubicación geográfica



Fuente: Presentación de inducción en MLDN

El yacimiento niquelífero está ubicado a unos 1000 m.s.n.m., en la Serranía del Interior de la Cordillera de la Costa, a unos 80 Km al sudoeste de Caracas, concretamente en la zona limítrofe de los municipios Guaicaipuro y Santos Michelena, de los estados Miranda y Aragua respectivamente.

El acceso actual parte a través del Km. 54 de la Autopista Regional del Centro. Esta vía de acceso no perturba el bosque húmedo situado al oeste de la mina ya que los criterios ambientales aplicados garantizan que la explotación minera protegerá cualquier hoya hidrológica o sector donde crezca vegetación tipo bosque.

1.4.3 Política SGI (Sistema de Gestión Integrado)

La empresa Minera Loma de Níquel C.A. tiene como Misión: “Somos una empresa dedicada a la producción y mercadeo de níquel, a costos competitivos mediante la inversión en mejoras tecnológicas, el respeto por nuestra gente, el medio ambiente y la comunidad, el compromiso con la mejora continua.”

La Visión de la empresa Minera Loma de Níquel C.A. es: “Ser reconocida globalmente como una gran empresa, por sus niveles internacionales de productividad y rentabilidad en la producción de níquel”.

Los Valores Organizacionales de la empresa se expresan de la siguiente manera: “Orientamos todas nuestras acciones dentro de un marco ético, a través de un sistema de valores organizacionales que son: conservación del medio ambiente y respeto por la comunidad, desarrollo continuo, excelencia, honestidad, respeto al individuo y al trabajo en equipo.”

Por tal motivo MLDN realiza grandes esfuerzos en el mantenimiento de la calidad en todas las etapas del proceso minero-metalúrgico debido a ese compromiso con la mejora continua garantizando un tenor adecuado en la fabricación de ferroníquel.

1.4.4 La Mina

1.4.4.1 Operaciones

El yacimiento consiste de una mina a cielo abierto, ubicado aguas arriba de la planta procesadora a 4.5 Km. aproximadamente, el cual es explotada usando el método de excavaciones por terrazas de cinco (5) metros de altura, pendientes de hasta 34°. A través de palas excavadoras, la mena es extraída y cargada en camiones para su transporte a la primera parte del proceso, o preparación del mineral.

El programa para extraer, apilar y transportar el níquel esta diseñado para una tasa de producción de 1.3 millones de toneladas secas por año durante un periodo de

treinta (30) años, con un contenido de níquel de 1,5%. Se ha previsto un completo plan de reforestación para la recuperación de las zonas explotadas.

El proceso comienza cuando la mena es llevada en camiones roqueros marca Komatsu de 55 toneladas de capacidad desde la mina hasta la planta de procesamiento, a una primera fase de reducción de tamaño. Aquí se separa en una criba fija la fracción mayor a 250 mm, donde es reducido a menos de -60mm por la trituradora de mandíbulas. Esta fracción se une con la pasante de la criba y es enviada por correas transportadoras a una trituradora de rodillos, donde es reducido hasta alcanzar un tamaño máximo de -30mm. Debido a que el proceso aguas arriba de calcinación y reducción en horno eléctrico es sensible a las variaciones en el nivel de hierro (Fe) y relación Sílice / Magnesio (SiO_2 / MgO), deben tomarse las previsiones para la homogeneización del material que entra al proceso.

1.4.4.2 Geología

La litología del yacimiento de Loma de Níquel es producto de dos alteraciones mineralógicas, la primera representada por la serpentinización de intrusiones ultramáficas y la segunda por la alteración supergénica de las serpentinas. Las intrusiones aparecen como una larga fila de 7,5 Km. con un ancho de 0,7 a 1,3 Km. con un rumbo N70E y buzamiento a 75 hacia el sudeste.

Aun cuando las ultramáficas están profundamente serpentinizadas, su textura magmática y su composición mineralógica son reconocibles. Ellos fueron constituidos por piroxenos y olivinos, siendo la magnetita el mineral accesorio más común. Los grupos con más de 90% de olivino originaron los mejores minerales y en los trabajos de campo fueron denominadas dunitas serpentinizadas, mientras que aquellas con un contenido de olivino menor de 40% rara vez dieron origen a tenores económicos y fueron identificadas en el trabajo de campo como piroxenitas serpentinizadas. Las rocas de composición intermedia se delinearon como peridotitas. Las peridotitas también están bastante serpentinizadas, originando minerales de tenor inferior y menor espesor que las dunitas serpentinizadas.

Algunos sectores de ultramaficas fueron metamorfoseados durante movimientos tectónicos. En estos casos son originadas rocas con fuerte silicificación. La saprolita de estas rocas tienen tenores de níquel por lo general alto pero son sumamente ácidas con más de 40% de SiO₂.

Las cataclasticas talcificadas se formaron a lo largo de zonas de cizallamiento caracterizados por fuertes desplazamientos laterales. A lo largo de estos cizallamientos todos los piroxenos y olivinos fueron talcificados y la saprolita generalmente presenta leyes de níquel inferiores a 0,9%.

Algunas zonas de fracturas y fallas albergan pegmatitas gabroicas y diques de gabro, la mayoría con rumbo norte – sur, N70-80E ; N70-80W y N45W.

Algunos de ellos proporcionan la formación de rocas ácidas cataclasticas talcificadas y también un espesor de recubrimiento laterítico coluvial. Las rocas ácidas por lo general ocurren a lo largo de las fallas N45W (fallas de transferencia). Las zonas de gran espesor de lateritas ocupan los paleovalles desarrollados sobre básicas “pull-apart asociados a fallas de los sistemas N80W (fallas normales reactivadas). Las fallas N80E delimitan el cuerpo intrusivo (fallas transcurrentes de movimiento oblicuo).

Como consecuencia de los agentes de meteorización se formo un perfil de alteración, que en este yacimiento presenta cinco zonas que se describen a continuación en orden descendente.

Zona 1 o Zona Laterítica: Esta conformada por una capa arcillosa de color rojo oscuro a ocre, porosa y permeable, con una humedad entre 15% y 20%. Desde el punto de vista mineralógico predominan los óxidos e hidróxidos de hierro en forma de concreciones y costra, así como los arcillo minerales.

Zona 2 o Zona de Transición Laterítica / Saprolítica: Se diferencia de la anterior por su coloración ocre amarillenta y su mayor contenido arcilloso, lo que la hace más impermeable. Los valores de humedad están entre 30% y 55% y desde el punto de vista mineralógico predominan los óxidos e hidróxidos de hierro así como hidróxidos de manganeso.

La unión de las zonas 1 y 2 conforman el material estéril superior, desde el punto de vista minero (debido a su alto contenido de Fe). Todavía, durante el proceso de explotación de la mina, los materiales de las zonas 1 y 2 deberán ser distinguidos una vez sean depositados en botaderos distintos, debido a la posibilidad en futuro de poder utilizar el material de la zona 2 (tiene ley de níquel superior a 1,2) en un proceso metalúrgico distinto utilizado por MLDN en la actualidad.

Zona 3 o Zona Saprolítica: La zona de serpentinas descompuestas y lixiviadas (saprolita) presenta una coloración que va desde amarillo pardo al verde claro. Presenta un alto grado de porosidad y facturación y la humedad oscila entre los 15% y 18% por lo general.

Es la zona de mayor importancia económica, por la ocurrencia de los mayores tenores de Ni, asociados a la presencia de silicatos hidratados de este mineral (garnierita). Como minerales accesorios se encuentran la cromita y magnetita. El proceso de cloritización puede ser identificado. Durante el proceso de explotación, el material de esta zona constituye la materia prima de la planta metalúrgica.

Zona 4 o Zona de Transición Saprolítica / Roca Fresca: peridotitas poco serpentinizadas, que ocurren en forma de bloques de variadas dimensiones llegando a 3m de diámetro. Debido a la disminución en el proceso de meteorización, hay el predominio de las rocas compactadas, densas, de color verde amarillento a gris azulado, con vetillas finas de pirolusita y aspecto porfirico dado por los cristales de ortopiroxeno. En determinadas partes del yacimiento, los bloques de roca fresca se encuentran fracturados, con prehinchamiento por garnierita y silicia amorfa. La cromita y magnetita persisten como minerales accesorios. El contenido de Ni es variable, por lo que en ocasiones esta zona puede ser tomada como mineral. Por lo general, es considerada como estéril inferior o piso del yacimiento, no siendo removido por lo tanto, su humedad es baja, entre 10% y 15%.

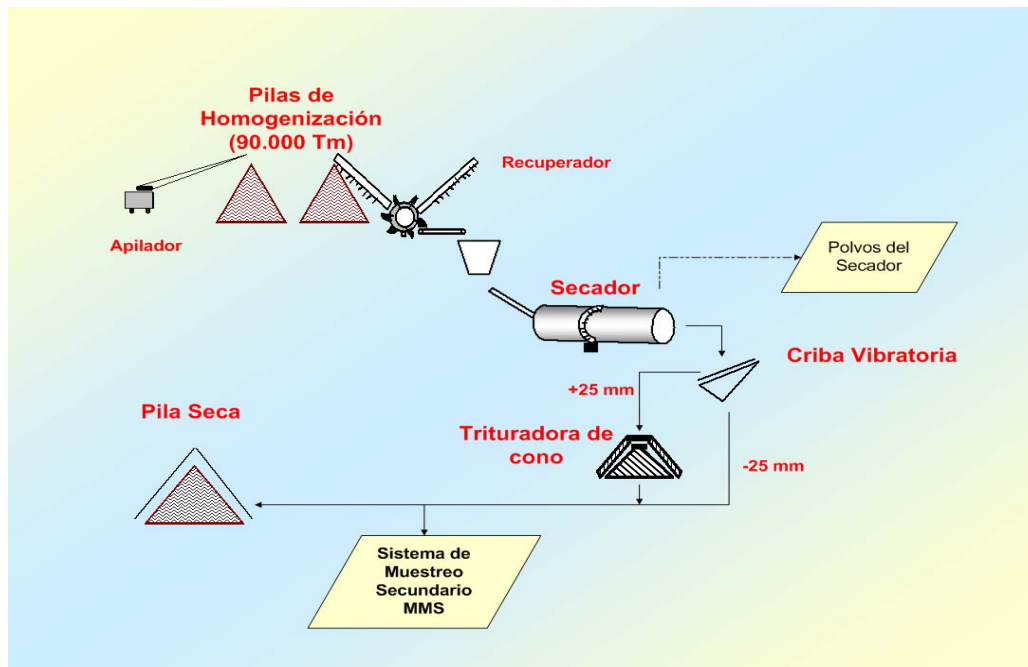
Zona 5 o Zona de Roca Fresca: Dunitas, peridotitas o piroxenitas no serpentinizadas. Su coloración varía entre verde azulado oscuro y gris azulado. Por sus características se asemeja mucho a la zona anterior pero con un aumento sensible de la densidad. La humedad es inferior a 10%.

1.4.5 La Planta

1.4.5.1 Preparación del Mineral

Para la explotación selectiva del yacimiento, se utiliza un apilador automático, el cual tiene una capacidad de 355 Ton/h, para la preparación de dos pilas bajo el método Chevron de 90.540 TM secas cada una. Dichas pilas tienen una medida promedio de 44 m de ancho y 265 m de largo, una altura de 15.4 m con 35° de ángulo de reposo y son formadas en chevrone en una cantidad de 15 y un volumen aproximado de 72.000 m³.(Figura 03).

Figura 03. Diagrama de Preparación de Mineral



Fuente: Elaboración propia 2004

Debido a que la mena en la temporada de lluvia podría tener hasta un 30% de humedad, se construyó un techo de 65 m de largo para la llamada Pila Techada lo cual modifica la formación de pilas descrita anteriormente para dar paso a tres pilas, dos de 265m y una de 60 m. Esta última alimentada al secador con cargador frontal y

el sistema de tolva de alimentación de emergencia. Un recuperador de cangilones automático, recupera en forma continua el mineral para llenar un silo de 25 TM que sirve para controlar la alimentación al horno secador. Este consiste en un tambor rotativo, de 4m de diámetro y 27m de largo, que usa como combustible gas natural, el cual tiene una capacidad máxima de 234 TM/HR (base húmeda).

Una vez secado, pasara a una criba vibratoria donde el mineral +30 mm ira a la trituradora cónica o trituradora terciaria, el cual le dará una granulometría al mineral de +10 mm. Todo el material volverá a la cinta principal y transportada directamente a Pila Seca. En este punto la estación de muestreo secundario (MMS) recolecta la muestra de esta parte del proceso.

1.4.5.2 Laboratorio de Calidad

Minera Loma de Níquel cuenta con un laboratorio de ensayo que posee una elevada exactitud, sistemas de computación y personal altamente calificado en la ejecución de ensayos físico - químicos. El laboratorio constituye una dependencia de la Gerencia de Ingeniería y Desarrollo. La actividad fundamental del laboratorio es la realización de ensayos en las diferentes fases del ciclo de vida del producto, abarcando desde los ensayos efectuados a la materia prima que se recibe, hasta los ensayos que se efectúan durante el proceso de producción y producto final. El Laboratorio de Calidad esta conformado por:

Sala de Muestras No Metálicas: Se encarga del registro, control, preparación y ensayo granulométrico de las muestras de procesos no metálicas tales como: materia prima (carbón, cal y aluminio), mineral (de las diferentes etapas del proceso) y escoria de los hornos (reducción y refinación), entre otras.

Sala de Muestras Metálicas: Se encarga del registro, control y preparación de muestras metálicas de las áreas de reducción y refinación de la planta. Del tratamiento que se realiza sobre las muestras metálicas se generan acabados superficiales para análisis vía XRF, virutas de metal para análisis vía ICP y para la determinación de carbono – azufre.

Sala de Vía Húmeda: Realiza técnicas clásicas de análisis volumétrico redox, ácido – base, potenciométrico, la preparación de soluciones de muestras a ensayar, preparación de soluciones patrones, destilación de agua y manejo de material volumétrico. De las operaciones que se llevan a cabo en esta área se obtiene soluciones para el ensayo vía ICP y determinaciones químicas.

Sala de Rayos X y determinación de Carbono – Azufre: Se encarga de la composición química de los siguientes materiales: escoria de reducción y refinación, metal refinado y no refinado, y mineral a la salida del calcinador utilizando el espectrómetro de rayos x. Además se realizan determinaciones del contenido de carbono y azufre en muestras de metal refinado y no refinado utilizando combustión por reducción y determinación IR.

Sala ICP y TGA: Se encarga de la determinación de la composición química de soluciones preparadas en vía húmeda usando el equipo espectrómetro de plasma (ICP) se efectúan además análisis termogravimétricos asociados a pérdidas por calcinación de mineral de Níquel crudo, mineral calcinado y se realizan análisis inmediatos de carbón mineral.

1.4.6 Níquel:

De símbolo Ni, es un elemento metálico magnético, de aspecto blanco plateado, utilizado principalmente en aleaciones. Es uno de los elementos de transición del sistema periódico y su número atómico es 28.

El níquel es un metal duro, maleable y dúctil, que puede presentar un intenso brillo. Tiene propiedades magnéticas por debajo de 345 °C. Tiene un punto de fusión de 1.455 °C, y un punto de ebullición de 2.730 °C, su densidad es de 8,9 gr/cm³ y su masa atómica 58,69.

En su estado natural, el níquel aparece en forma de metal en los meteoros. También se encuentra en combinación con otros elementos, en minerales como garnierita (mineral explotado en MLDN), milerita, niquelita, pentlandita y pirrotina,

siendo estos dos últimos las principales menas del níquel. Ocupa el lugar 22 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre.

El níquel se emplea como protector y como revestimiento ornamental de los metales; en especial de los que son susceptibles a la corrosión como el hierro y el acero. La placa de níquel se deposita por electrólisis de una solución de níquel.

El níquel se usa principalmente en aleaciones, y aporta dureza y resistencia a la corrosión del acero. El acero del níquel, que contiene entre un 2% y un 4% de níquel, se utiliza en piezas de automóviles, como ejes, cigüeñales, engranajes, llaves y varillas, en repuestos de maquinaria y en placas para blindajes. Algunas de las más importantes aleaciones de níquel son la plata alemana, el invar, el monel, el nicromo y el permalloy. Las monedas de níquel en uso son una aleación de 25% de níquel y 75% de cobre. El níquel es también un componente clave de las baterías de níquel-cadmio.

Los mayores depósitos de níquel se encuentran en Canadá, y se han descubierto ricos yacimientos en el norte de Québec en 1957. Le siguen en importancia como productores de níquel, Cuba, Puerto Rico, La antigua Unión Soviética (URSS), China y Australia.

CAPITULO II

MUESTREO

2.1 TEORÍA ELEMENTAL DE MUESTREO

2.1.1 Muestreo.

Según la Norma venezolana COVENIN NVC 3534-1:1995 relacionada con los términos relativos a probabilidades y estadística general, el muestreo es el *“Proceso de extracción o constitución de una muestra”* y el procedimiento de muestreo es *“El método planificado de selección, extracción y preparación de las muestras de un lote para dar información de las características del lote”*.

El grupo pequeño que habrá de observarse se denomina *muestra* y el grupo mayor al que se le aplicarán las generalizaciones constituye la *población*. Esta última categoría estadística se define, según Fred N. Kenlinger (1966), así: “Todos los miembros de cualquier clase bien determinada de personas, eventos u objetos” .

2.1.2 Teoría del muestreo

Según D. Arly y Ch. Jacobs (1993). El razonamiento inductivo es parte esencial del enfoque científico, pues requiere hacer observaciones y sacar conclusiones de ellas. Si pueden observarse todos los casos de una población, es factible sacar conclusiones seguras acerca de ella a partir de las observaciones (inducción perfecta). Por otra parte, si solo se observan algunos casos, lo único que puede hacerse es inferir que esas observaciones serán validas acerca de la población total (inducción imperfecta).

La teoría del muestreo estudia la relación entre una población y las muestras tomadas de ella. Es de gran utilidad en muchos campos. Por ejemplo, para estimar las magnitudes desconocidas de una población, tales como media y varianza, llamadas a

menudo parámetros de la población, a partir del conocimiento de esas magnitudes medidas sobre las muestras, que se llaman estadísticos de la muestra.

También es útil para determinar si las diferencias observadas entre dos muestras son debidas a variaciones fortuitas o si son realmente significativas. Las respuestas implican el uso de los llamados contrastes (o test) de hipótesis y de significación, importantes en la teoría de las decisiones

En general, un estudio de inferencias hechas sobre una población a partir de muestras suyas, como indicación de la precisión de tales inferencias, se llama inferencia estadística. Lo esencial del muestreo es identificar la población que habrá de representarse en el estudio. Sin embargo, como normalmente resulta imposible ocuparse de la totalidad de la población, se identifica aquella porción a la que pueda tenerse acceso, denominada *población accesible*, y de este grupo se tomará la muestra para el estudio. La naturaleza de la población accesible depende del tiempo y los recursos del investigador. De la población accesible se selecciona una muestra que sea representativa.

El principio general es el siguiente: si una muestra fue seleccionada de manera que sea representativa de la población accesible, los hallazgos que aporte pueden generalizarse a la población. No obstante, encierra un riesgo mayor generalizar de la población accesible a la población. La confianza que merece esta etapa depende de la similitud de la población accesible con la población Total. La probabilidad de que tal inferencia sea correcta depende de gran parte del procedimiento de muestreo que se usa.

Existen distintos tipos de muestreo que difieren del procedimiento para seleccionar un subgrupo de una población que la represente bien y que evite la parcialidad. De acuerdo a esto el muestreo puede ser: Aleatorio, Estratificado, Por Grupos y Sistemático.

2.1.2.1 Muestreo Aleatorio

El muestreo aleatorio, es el procedimiento más conocido. Su característica básica es que todos los miembros de la población tienen una oportunidad igual e independientes de figurar en la muestra. Es decir, en cada par de elementos X y Y las oportunidades que posee el primero de ser seleccionado igualarán a las del segundo, y la selección de X no afectará en absoluto a la probabilidad de Y.

He aquí las etapas de este tipo de muestreo:

1. Definir la población
2. Enumerar a todos los miembros de la población
3. Seleccionar la muestra mediante un procedimiento en el cual tan solo el azar determine qué miembros de la lista se escogen para figurar en la muestra

El procedimiento más sistemático para sacar una muestra aleatoria consiste en utilizar una tabla de números aleatorios, que contiene columnas de dígitos generados mecánicamente, casi siempre por una computadora, para asegurar que se obtiene un orden aleatorio. El primer paso para extraer una muestra aleatoria de una población consiste en asignar a cada miembro de ella un número de identificación. Después, con el cuadro de números aleatorios se seleccionan los números de identificación de los sujetos que figurarán en la muestra.

El significado común del adjetivo aleatorio es "sin intención o por accidente". Sin embargo, el muestreo aleatorio está dotado de finalidad y método. Resulta obvio que una muestra seleccionada con esa técnica no está sujeta a los prejuicios del investigador. Cuando se aplica, obliga a seleccionar una muestra de modo que sus predisposiciones permanezcan al margen. Se evita una selección deliberada de sujetos que confirme su hipótesis. Sólo la casualidad determinará qué elementos de la población estarán en la muestra.

Cabe esperar que una muestra aleatoria sea representativa de la población de donde se extrajo. Sin embargo, la selección aleatoria, especialmente la que se efectúa

con muestras pequeñas, no garantiza que la muestra sea perfectamente representativa. Pero sí garantiza que cualquier diferencia entre la muestra y la población se debe a la casualidad y no a la introducción de tendencias por parte del investigador. En consecuencia, el muestreo aleatorio requiere enumerar a todos los individuos de una población limitada para extraer la muestra, requisito que a veces obstaculiza gravemente la aplicación de este método.

Si se saca una sección de material mineral de una tolva, se puede volver a poner en ella o no, antes de la siguiente extracción. En el primer caso, ese material puede salir de nuevo más veces, mientras que en el segundo solo puede salir cada número una vez. Estos dos tipos de muestreo, se llaman respectivamente, *muestreo con reposición* y *muestreo sin reposición*.

Las poblaciones son finitas o infinitas. Una población finita en la que se efectúa muestreo con reposición, puede considerarse infinita teóricamente, ya que se puede tomar cualquier número de muestras sin agotarla. Para muchos efectos prácticos, una población muy grande se puede considerar como si fuera infinita. Para el caso de MLDN se consideraría la población finita ya que el muestreo se efectúa para cada 600 t de una pila de homogeneización de aproximadamente 70.000 t.

2.1.2.2 Muestreo Estratificado

Cuando la población la integre un número de subgrupos o estratos que difieran en las características que se pretende estudiar, es aconsejable valerse del muestreo estratificado. Por ejemplo, si se va a hacer un muestreo de pozos para evaluar un yacimiento estratificado, quizá convenga subdividir la población en grupos según el estrato, pues cabe esperar que las características minerales difieran entre un estrato y otro. En el muestreo estratificado se identifican primero los estratos de interés y de cada uno se saca un número específico de sujetos. La base de la estratificación puede ser geográfica o incluir algunas características de la población tales como tenor, densidad, profundidad, etc.

El muestreo estratificado permite al investigador determinar hasta que punto cada estrato de la población está representado en la muestra. Se pueden tomar números iguales de cada uno o seleccionarlos en proporción de tamaño que tiene el estrato en la población. Cuando pueda aplicarse, dará una muestra más representativa que el simple muestreo aleatorio. En este último, ciertos estratos corren el peligro de quedar subrepresentados o sobrerrepresentados en la muestra.

La mayor ventaja del muestreo estratificado consiste en que garantiza la representación de grupos definidos de la población.

2.1.2.3 Muestreo por Grupos

Como ya se ha dicho, es muy difícil y a veces no imposible, enumerar a todos los miembros de una población objetivo y entresacar una muestra. A esta técnica se le llama muestreo por grupos, porque la unidad elegida no es un individuo sino un grupo de personas que se encuentran juntas por causas naturales. Forman un grupo en cuanto son iguales con respecto a las características relacionadas con las variables del estudio. Supóngase que se requiere evaluar una pila de homogenización, seguramente el investigador no tenga acceso a una lista de todo el tenor que compone la pila, por lo cual le será imposible sacar una muestra, aleatoria simple. Un método más factible sería seleccionar una muestra aleatoria de (pónganse el caso) una sección transversal de la pila y sondear allí. Cada sección transversal representa un grupo, que es similar en ciertas características, debido al hecho de formar parte de toda la pila.

Es esencial que los grupos incluidos en el estudio sean escogidos al azar entre una población mayor. Otro requisito es que, una vez seleccionado un grupo todos los miembros deben figurar en la muestra. El error de muestreo en este procedimiento es mucho mayor que en el verdadero muestreo aleatorio.

2.1.2.4 Muestreo Sistemático

Consiste en sacar una muestra tomando todos los casos A de una lista de la población. Ante todo, se establece cuántos sujetos se quiere que tenga la muestra (n). Como se conoce el número total de miembros de la población (N), basta dividir N entre n para determinar el intervalo de muestreo (k) que se aplicará a la lista. El primer miembro se selecciona al azar entre los primeros miembros k de la lista y luego se escoge cada miembro k de la población para la muestra.

Se comienza por la parte superior de la lista, para que el primer caso pueda seleccionarse aleatoriamente de entre los diez primeros y para que luego se escoja cada décimo caso. Se continuaría sumando el intervalo constante de muestreo hasta llegar al fin de la lista,

El muestreo sistemático difiere del muestreo aleatorio simple en el hecho de que las elecciones no son independientes. Una vez escogido el primer caso, todos los casos subsecuentes que habrán de figurar en la muestra se determinan de modo automático.

Recuérdese que los diversos tipos de muestreo expuestos aquí no se excluyen mutuamente, sino que pueden usarse varias combinaciones. Por ejemplo, es posible aplicar el muestreo por grupos al estudiar una población muy grande y dispersa. Al mismo tiempo, quizás se desee estratificar la muestra para responder los interrogantes sobre los estratos de que consta. En este caso se estratificaría la población de acuerdo con los criterios fijados de antemano y los grupos de sujetos se seleccionarían aleatoriamente de cada estrato.

2.1.3 Tamaño de la Muestra

Según D. Arly y Ch. Jacobs (1993). Técnicamente el tamaño de muestra depende de la precisión con que el investigador desea estimar el parámetro de la población a un nivel particular de confianza. No hay ninguna regla sencilla con la cual determinar esa dimensión. La estimación del tamaño requerido se obtiene con

una operación algebraica si se definen con exactitud la varianza de la población, la inferencia esperada y las probabilidades deseadas de un error tipo I y tipo II.

El método más seguro es usar una muestra tan grande como sea posible. Una muestra grande tiene mayores posibilidades de ser representativa de la población. Además, es probable que los datos sean más exactos y precisos, lo cual quiere decir que cuanto mayor sea la muestra, menor será el error estándar. Por lo general, el error estándar de la media de una muestra es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de n . Por ello si se quiere duplicar la exactitud de la estimación, hay que cuadruplicar el tamaño de la muestra.

Algunos recomiendan incorporar por lo menos treinta (30) sujetos en la muestra, ya que ese número permite usar una estadística de muestras extensas. En la investigación experimental conviene seleccionar una muestra que permita como mínimo treinta en cada grupo. En la investigación descriptiva se emplean muestras grandes. Algunas veces se recomienda seleccionar de un 10% a un 20% de la población accesible.

Debe recalarse, que el tamaño no basta para garantizar la exactitud. La consideración más importante al sacar una muestra es su representatividad. Una muestra puede ser grande y a pesar de ello contener algún vicio. Así pues, el investigador debe reconocer que el tamaño de la muestra no contrarresta los vicios que puede causar la aplicación de técnicas deficientes de muestreo. En la selección de la muestra la representatividad ha de constituir el objetivo primordial.

2.1.4 Distribuciones de muestreo

Según Spiegel (1990), considérese todas las posibles muestras de tamaño N en una población dada (con o sin reposición). Para cada muestra, se puede calcular un estadístico (tal como la media o la desviación típica) que variará de muestra a muestra. De esta manera, se obtiene una distribución del estadístico que se llama su distribución de muestreo.

Si por ejemplo, el estadístico utilizado es la media muestral, entonces, la distribución se llama la distribución de muestreo de medias, o distribución de muestreo de la media. Análogamente, se puede tener distribución de muestreo de la desviación típica, de la varianza, de la mediana, de las proporciones, etc.

Para cada distribución de muestreo se puede calcular la media, la desviación típica, etc. Así pues, se hablará de la media y la desviación típica de la distribución de muestreo de medias, etc.

2.1.4.1 Distribución de muestreo de medias

Supóngase que se toman todas las posibles muestras de tamaño N , sin reposición, de una población finita de tamaño $N_p > N$. Si se denota la media y la desviación típica de la distribución de muestreo de medias por $\mu_{\bar{X}}$ y $\sigma_{\bar{X}}$ y las de la población μ y σ respectivamente, entonces::

$$\mu_{\bar{X}} = \mu \quad y \quad \sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \cdot \sqrt{\frac{N_p - N}{N_p - 1}} \quad (1)$$

Si la población es infinita o si el muestreo es con reposición, los resultados anteriores se reducen a:

$$\mu_{\bar{X}} = \mu \quad y \quad \sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

Para valores grandes de N ($N \geq 30$), la distribución de muestreo de medias es aproximadamente normal con media $\mu_{\bar{X}}$ y desviación típica $\sigma_{\bar{X}}$, independiente de la población (en tanto en cuanto la media poblacional y la varianza sean finitas y el tamaño de la población sean al menos el doble que el de la muestra). Este resultado para una población infinita es un caso especial del teorema del límite central de la

teoría de probabilidades, que afirma que la precisión de la aproximación mejora al crecer N. Esto indica que la distribución de muestreo es asintóticamente normal.

En el caso de que la población este normalmente distribuida, la distribución de muestreo de medias también lo esta, incluso para pequeños valores de N (o sea, $N < 30$).

Según Spiegel (1990). La media muestral $\bar{M}$ es un estimador puntual de la media poblacional μ , lo mismo que la varianza muestral S^2 lo es para la varianza poblacional σ^2 . En general, el estimador de un parámetro desconocido es una estadística que corresponde a ese parámetro. Debe hacerse notar que un estimador puntual (de un punto) es una variable aleatoria. Se denomina estimación a un valor numérico particular del estimador, calculado con los datos de la muestra

Se requieren ciertas propiedades para obtener buenos estimadores puntuales. Dos de los más importantes son las siguientes:

1. El estimador puntual debe ser insesgado. Esto significa que el promedio o valor esperado del estimador puntual debe ser el parámetro que se esta estimando. Si bien es deseable la ausencia del sesgo, ello por si solo no siempre hace que un estimador sea adecuado.
2. El estimador puntual debe tener varianza mínima. Por ser el estimador puntual una estadística, es una variable aleatoria. Esta propiedad afirma que el estimador puntual de mínima varianza posee la varianza más pequeña que cualquier otro estimador de ese parámetro.

Según Irwin (1990). El número de grados de libertad de un estadístico, se define como el número N de observaciones independientes de la muestra (o sea, el tamaño de la muestra) menos un número k de parámetros de la población que por lo general toma el valor de uno (1).

La cantidad $n-1$ se denomina grados de libertad. Si y es una variable aleatoria con varianza σ^2 y $SS = \sum (y_i - \bar{y})^2$ tiene v grados de libertad, entonces:

$$E\left(\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{N - 1}\right) = \sigma^2 \quad (3)$$

El número de grados de libertad, expresado en función de la esperanza, de una suma de cuadrados (SS), es igual al número de términos independientes en dicha suma.

2.1.4.2 Distribución Normal

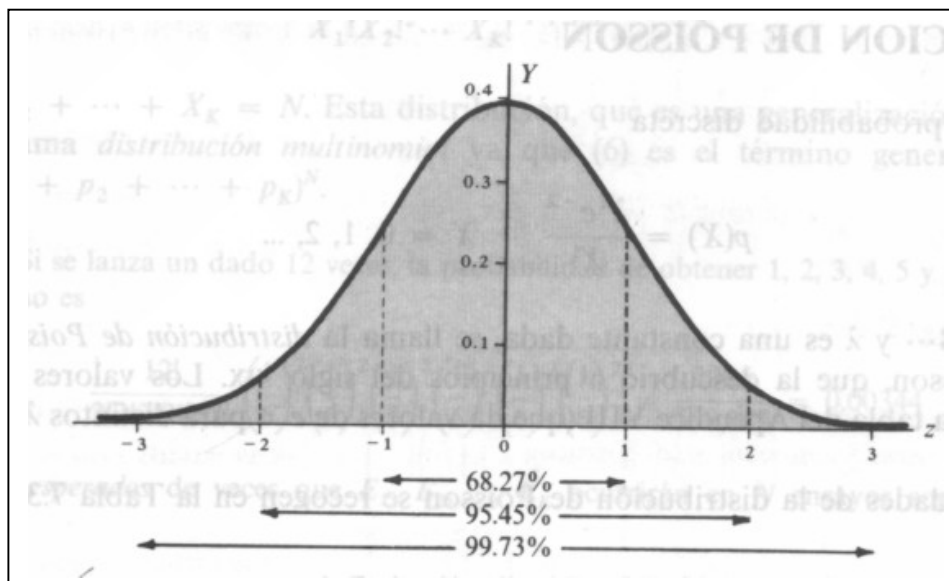
A menudo puede determinarse la distribución de la probabilidad de una estadística en particular si se conoce la distribución de probabilidad de la población de la que se tomó la muestra. La distribución de probabilidad de una población se denomina distribución muestral

Una de las tales distribuciones es la distribución normal o distribución gaussiana. Si y es una variable aleatoria normal, entonces su distribución de probabilidad esta dada por:

$$f(y) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(1/2)[(y-\mu)/\sigma]^2} \quad -\infty < y < \infty \quad (4)$$

En donde $-\infty < \mu < \infty$ es la media de la distribución, y $\sigma^2 > 0$ es la varianza. La distribución normal se muestra en la figura 04

Figura 04. Curva de Distribución Normal



Fuente: Figura 7.1 Pág. 161. Murray R Spiegel. Estadística. 1990

La distribución normal tiene una función primordial en el análisis de datos planeados porque las observaciones de una muestra, que difieren entre si a causa de un error experimental, a menudo están bien descritas por la distribución normal. Muchas distribuciones muestrales pueden definirse en términos de variables aleatorias normales. Generalmente se usa la notación $y \approx N(\mu, \sigma^2)$ para indicar que y está distribuida normalmente con media μ y varianza σ^2 .

Muchas técnicas estadísticas suponen que la variable aleatoria está distribuida normalmente.

2.1.4.3 Distribución t de Student

Según Spiegel (1990). El estudio de la distribución de muestreo de estadísticos para pequeñas muestras ($N < 30$) se llama *teoría de pequeñas muestras*. Sin embargo, un nombre más apropiado sería *teoría exacta del muestreo* pues sus resultados son válidos tanto para pequeñas muestras como para grandes

Si consideramos muestras de tamaño N tomadas de una población normal (o casi normal) con media μ y si para cada una se calcula t, usando la media muestral $\bar{X}$ y la desviación estándar muestral s o $\hat{s}$, puede obtenerse la distribución de muestreo para t. Esta distribución viene dada por:

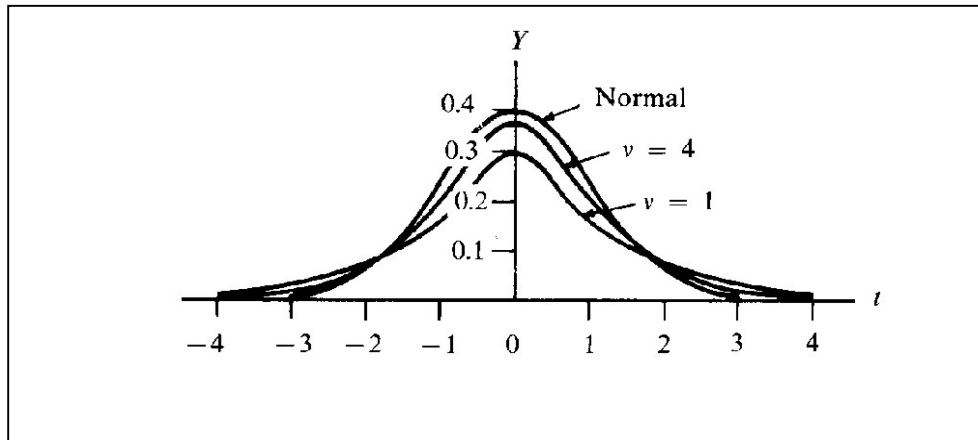
$$Y = \frac{Y_o}{\left(1 + \frac{t^2}{N-1}\right)^{N/2}} = \frac{Y_o}{\left(1 + \frac{t^2}{v}\right)^{(v+1)/2}} \quad (5)$$

Donde:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\hat{s} / \sqrt{N}} \quad (6)$$

Y_o es una constante que depende de N tal que el área total bajo la curva es 1, y donde la constante $v = (N-1)$ se llama el *número de grados de libertad*. La distribución antes definida se llama distribución t de Student. Para valores grandes de v o de N ($N > 30$) la curva se ajusta mucho a la curva normal como se muestra en la figura 05.

Figura 05. Distribución t de Student para varios valores de ν



Fuente: Figura 11.1 Pág. 252. Murray R. Spiegel. Estadística. 1990

Al igual que con la distribución normal, se pueden definir los intervalos de confianza. De esta forma, podemos estimar la media de la población dentro de los límites especificados.

En general podemos representar límites de confianza para medias poblacionales por:

$$\bar{X} \pm t_c \cdot \frac{s}{\sqrt{N-1}} \quad (7)$$

Donde los valores $\pm t_c$ llamados valores críticos o coeficientes de confianza, dependen del nivel de confianza deseado y del tamaño de la muestra.

2.1.5 Errores Típicos de Muestreo

La desviación estándar de una distribución de muestreo se suele llamar también error típico o error estándar. El cuadro 1 presenta errores de distribución de muestreo para varios estadísticos bajo las condiciones de muestreo aleatorio de una población infinita (o muy grande) o de muestreo con reposición de una finita.

También recoge observaciones particulares que garantizan la validez de estos resultados y otras notas pertinentes.

Hay que hacer notar que si el tamaño de la muestra es lo bastante grande, las distribuciones de muestreo tienden a ser normales. Por ello, los métodos se conocen como métodos de grandes muestras. Cuando $N < 30$, las muestras se llaman pequeñas.

Cuadro 1. Distribuciones de muestreo y errores típicos

Distribución de muestreo	Error típico	Observaciones
Medias	$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$	Esto es cierto para muestras grandes y pequeñas. La distribución muestral de medias es casi normal para $N > 30$, incluso cuando la población no es normal. $\mu_{\bar{x}} = \mu$, la media de la población, en todos los casos.
Proporciones	$\sigma_p = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}} = \sqrt{\frac{pq}{N}}$	La nota precedente para las medias se aplica aquí también. $\mu_p = P$ en todos los casos
Desviación estándar	$(1) \sigma_s \approx \frac{\sigma}{\sqrt{2N}}$ $(2) \sigma_s = \sqrt{\frac{\mu_4 - \mu_2^2}{4N\mu_2}}$	Para $N \geq 100$, la distribución muestral de s es casi normal. σ_s viene dada por (1) sólo si la población es normal (o aproximadamente normal). Si la población no es normal, se puede usar (2). Nótese que (2) se reduce a (1) cuando $\mu_2 = \sigma^2$ y $\mu_4 = 3\sigma^4$, lo cual es cierto para poblaciones normales. Para $N > 100$, $\mu_s = \sigma$ muy aproximadamente.
Medianas	$\sigma_{med} = \sigma \sqrt{\frac{\pi}{2N}} = \frac{1.2533\sigma}{\sqrt{N}}$	Para $N > 30$, la distribución de muestreo de la mediana es muy aproximadamente normal. El resultado dado es válido sólo si la población es normal (o casi normal). $\mu_{med} = \mu$

Fuente: Tabla 8.1 Pág. 190. Murray R. Spiegel. Estadística. 1990

2.2 TEORÍA ESTADÍSTICA DE LA TOMA DE DECISIONES

En la práctica de la minería con frecuencia se está obligado a tomar decisiones relativas a una población sobre la base de información proveniente de muestreo. Tales decisiones se llaman decisiones estadísticas.

2.2.1 Decisiones Estadísticas

2.2.1.1 Hipótesis estadísticas

Según D. Arly y Ch. Jacobs (1993) e Irwin (1990). Al intentar alcanzar una decisión, es útil hacer hipótesis (o conjeturas) sobre la población implicada. Tales hipótesis, que pueden ser o no ciertas, se llaman hipótesis estadísticas. Son, en general, enunciados acerca de las distribuciones de probabilidad de las poblaciones.

- **Hipótesis nula:** En muchos casos se formula una hipótesis estadística con el único propósito de rechazarla o invalidarla. Análogamente, si se desea decidir si un procedimiento es mejor que otro, se plantea la hipótesis de que no hay diferencia entre ellos (o sea, que cualquier diferencia observada se debe simplemente a fluctuaciones en el muestreo de la misma población). Tales hipótesis se suelen llamar Hipótesis Nula y se denotan por H_0 .
- **Hipótesis alternativa:** Toda hipótesis que difiera de una dada se llamará una hipótesis alternativa. Una hipótesis alternativa a la hipótesis nula se denotará por H_1 .

Los cuatro estados posibles se recogen en el cuadro 02

Cuadro 02. Hipótesis estadísticas

		La situación real (que el investigador desconoce) consiste en que la hipótesis de nulidad es:	
		Verdadera	falsa
El investigador, después de realizar una prueba de significación, saca la conclusión de que la hipótesis de nulidad es:	Verdadera	El investigador acertó	El investigador comete un error de tipo II
	Falsa	El investigador comete un error tipo I	Acertó el investigador

Fuente: Cuadro 6.1 Pág. 148. D. Ary, L. Ch. Jacobs, A. Razavieh. Introducción a la Investigación Pedagógica. 1993

2.2.1.2 Contrastes de hipótesis y significación, o reglas de decisión

Si una hipótesis en particular es cierta, pero se nota que los resultados hallados en una muestra aleatoria difieren notablemente de los esperados bajo tal hipótesis (o sea, esperados sobre la base del puro azar, por teoría de muestreo), entonces se dice que las diferencias observadas son significativas y nos obliga a rechazar la hipótesis (o al menos a no aceptarla ante la evidencia obtenida).

Los procedimientos que capacitan para determinar si las muestras observadas difieren significativamente de los resultados esperados, y por tanto nos ayudan a decidir si se acepta o se rechaza la hipótesis, se llaman contrastes (o test) de hipótesis o de significación, o reglas de decisión.

2.2.1.3 Errores de tipo I y de tipo II

Según Spiegel (1990). Si se rechaza una hipótesis cuando debería ser aceptada, se dice que se ha cometido un error de tipo I. Por otra parte, si se acepta una hipótesis que debería ser rechazada, se dice que se ha cometido un error tipo II. En ambos casos se ha producido un juicio erróneo.

Para que las reglas de decisión (o contrastes de hipótesis) sean buenas, deben diseñarse de modo que minimicen los errores de la decisión. Y no es una cuestión sencilla, porque para cualquier tamaño de la muestra, un intento de disminuir un tipo de error suele ser acompañado de un crecimiento de otro tipo. En la práctica, un tipo de error puede ser más grave que el otro, y debe alcanzarse un compromiso que disminuya el error más grave. La única forma de disminuir ambos a la vez es aumentar el tamaño de la muestra, que no siempre es posible.

2.2.1.4 Nivel de significación

Según D. Arly y Ch. Jacobs (1993) y Spiegel (1990). Conclusiones científicas son enunciados que tienen gran probabilidad de ser correctas y no enunciados de verdad absoluta. ¿Cuán alta debe ser la probabilidad para que el investigador esté dispuesto a afirmar la existencia de una relación entre las variables?. En otras palabras, ¿qué tan improbable debe ser la hipótesis de nulidad para que se la rechace?. Las consecuencias de la negación de una verdadera hipótesis de nulidad (o sea de tipo I) varían según la situación. Por lo tanto los investigadores suelen sopesar las consecuencias relativas de los errores tipo I y tipo II, y antes de emprender el experimento establecen el grado de firmeza de los datos que justifica el rechazo de la hipótesis de nulidad. Este grado predeterminado en el cual se negará se denomina *nivel de significación*.

Al contrastar la hipótesis, la máxima probabilidad con la que se está dispuesto a correr el riesgo de cometer un error de tipo I se llama nivel de significación del contraste. Esta probabilidad se denota a menudo por α , se suele especificar antes de tomar la muestra, de manera que los resultados obtenidos no influyan en nuestra selección. En error tipo I no son serias, el investigador pudiera optar por declarar que existe una relación si la probabilidad de una relación causal fuera de 10 o menos. Esto se llama comprobar la hipótesis al nivel 0,10 de significancia. En este caso, esta tomando precauciones moderadas contra un error de tipo I, pero no con gran riesgo de cometer un error tipo II

En la práctica, es frecuente un nivel de significación de 0.05 ó 0.01, si bien se usan otros valores. Si por ejemplo, se escoge el nivel de significación 0.05 (o 5%) al diseñar una regla de decisión, entonces hay unas 5 oportunidades entre 100 de rechazar la hipótesis cuando debería haberse aceptado; es decir, se tiene un 95 % de confianza de que se ha adoptado la decisión correcta. En tal caso, decimos que la hipótesis ha sido rechazada a nivel de significación 0.05, lo cual quiere decir que la hipótesis tiene una probabilidad de 0.05 de ser falsa. Si los datos que se recaban al final del experimento, indican que la probabilidad de que la hipótesis de nulidad tenga validez es menor que la probabilidad fijada de antemano como aceptable, los resultados se consideran estadísticamente significantes. Si es mayor que esta última, los resultados se declaran no significantes, esto es, la hipótesis de nulidad se retiene.

El sentido ordinario de la palabra *significante* es “importante” o “significativo”. En estadística quiere decir “menos probable que dependa de la casualidad que de alguna probabilidad predeterminada”. Los resultados de las investigaciones pueden tener significación estadística aun así carecer de importancia o significancia intrínseca.

Existen diversas formas de comprobar una hipótesis de nulidad. Entre las más conocidas se cuentan la prueba *t*, el análisis de varianza y la prueba de ji cuadrada (X^2).

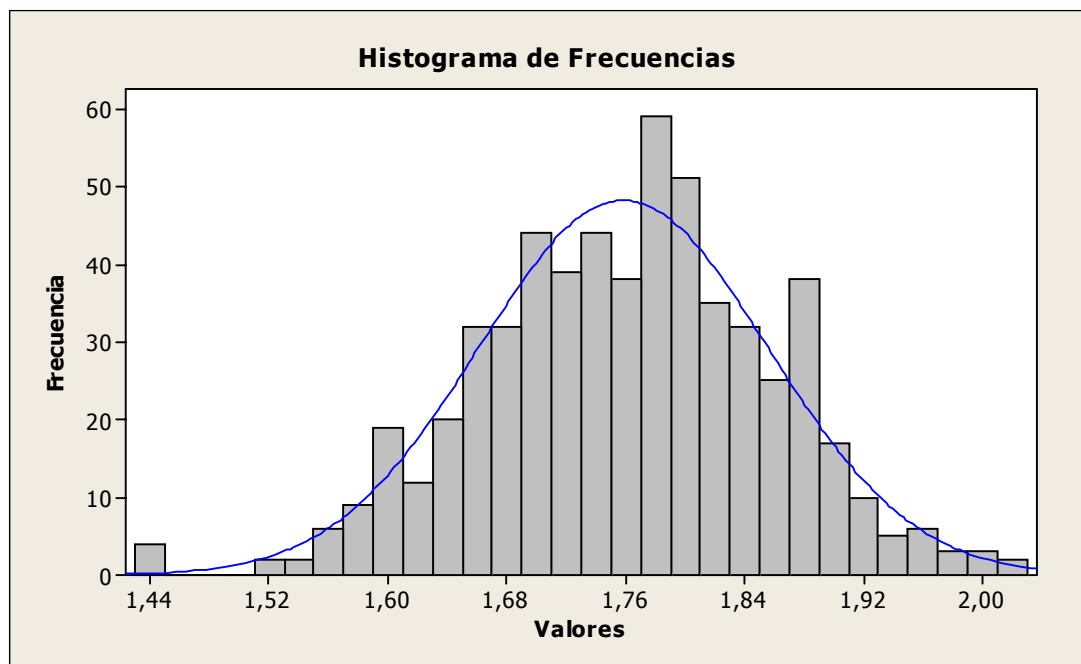
2.2.2 Descripción gráfica de la variabilidad

A menudo se utilizan todos los gráficos simples para facilitar el análisis de los datos de un experimento. El diagrama de puntos es un medio útil para representar una serie de pequeños datos. El diagrama de puntos permite al experimentador ver rápidamente la localización general o tendencia central de las observaciones y su dispersión.

2.2.2.1 Histograma

Según Pulido (1997) y Kachigan (1991). Un histograma (figura 06) es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. El histograma permite que de un vistazo, se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. La correcta utilización del histograma permite tomar decisiones no solo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de datos. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos.

Figura 06. Ejemplo de Histograma de Frecuencias



Fuente: Elaboración propia 2004

Cuando un histograma se construye de manera correcta y es el resultado de un número suficiente de datos, en general más de 40, y estos son representativos de la población, proceso o problema, entonces, lo que más se aprecia en el histograma

como tendencia central, variabilidad y comportamientos especiales, será un información valiosa. Formalmente, observando un histograma se pueden contestar varias preguntas:

1. ¿Cuáles son las mediciones más comunes? Para ello hay que observar la barra o el grupo de barras más alto, con lo cual se obtiene información de la tendencia central y de la localización de los datos.
2. ¿Hay un comportamiento simétrico? ¿Hay sesgo? ¿Hacia que lado? Cuando en un histograma, resultado de una muestra grande, hay un sesgo significativo puede ser que haya algún problema, como calentamiento de los equipos o instrumentos de medición descalibrados.
3. ¿Cómo es la dispersión? Para contestar hay que observar a partir del grupo de barras más alto, qué tan rápido disminuye la frecuencia de las barras. Otra alternativa es insertar en el histograma las especificaciones y ver si todo o una parte de ella cae dentro de ellas
4. ¿Está centrado el proceso? Con un tamaño de muestra grande es muy fácil ver mediante un histograma si un proceso está centrado o no, ya que basta observar la posición del cuerpo del histograma respecto a la calidad optima y a las especificaciones. Aun cuando no se cumplan las especificaciones, si el proceso no está centrado, la calidad que se produce no es adecuada, ya que entre más se aleje de lo óptimo más mala calidad se tendrá.
5. ¿Cuántos picos hay? Cuando hay varios picos o agrupaciones de barras en un histograma, puede deberse a que el material procede de distintas cadenas de producción, de diferentes proveedores, han intervenido varios operadores o se han utilizado distintos instrumentos de medición sin sincronizar. Siempre que en un histograma se detecten varios picos, lo primero que se debe hacer es revisar si la construcción se hizo de manera correcta.
6. ¿Hay acantilados? Entre las posibles causas que motivan la presencia de un acantilado están: un lote de artículos previamente inspeccionados al 100% donde se excluyó a los artículos que no cumplen con alguna medida mínima o

que exceden una medida máxima, problemas con los equipos de medición, errores de inspección (cuando el inspector está predispuesto a no rechazar un artículo y observa que este casi cumple con los requisitos, registra la medida mínima aceptable). En general un acantilado es anormal y debe buscarse la causa del mismo.

7. ¿Hay datos aislados o raros? Un pequeño grupo de mediciones muy extremas o raras es fácilmente detectable en un histograma, ya que aparece claramente aislado del resto. Un dato raro refleja una situación especial que se debe investigar, puede ser un error de medición o personal, pero también puede reflejar un comportamiento especial en el proceso.

La variación debido a causas comunes (o debidas al azar) es aquella que permanece día a día, lote a lote; es parte del sistema: materia prima, métodos, procesos, formas organizativas. Esta variación es inherente de las características esenciales del proceso, y es el resultado de la acumulación y combinación de diferentes fuentes de variabilidad. Las causas comunes son difíciles de identificar y eliminar, al ser inherentes al sistema; no obstante, representan a largo plazo la mayor oportunidad de mejora. Para resolver los problemas debido a causas comunes es necesario atender el problema general, no el particular; es necesario modificar el sistema, y ambas cosas se hacen solo con un plan que diagnostique las verdaderas causas de fondo.

La variación debida a causas especiales (o atribuibles) es algo especial, no es parte del sistema de causas comunes, esta variación es causada por situaciones o circunstancias especiales que no están presentes permanentemente en el sistema; por ejemplo, una falla ocasionada por el mal funcionamiento de una pieza en una máquina o el empleo de materiales no habituales. Las causas especiales, por su naturaleza relativamente discreta, a menudo pueden ser identificadas y eliminadas si se cuenta con los conocimientos y condiciones para ello.

Un proceso que trabaja solo con causas comunes de variación se dice que esta en *control estadístico* (o es estable), independientemente de que su variabilidad sea

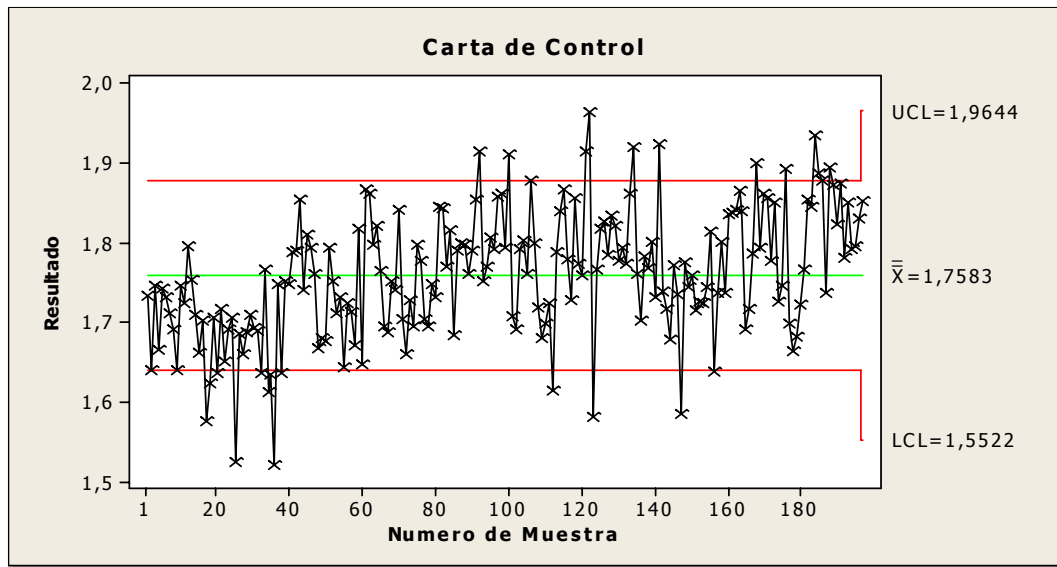
mucha o poca, pero es predecible en el futuro inmediato. En un proceso en control estadístico la calidad, la cantidad y los costos son predecibles. Por el contrario, un proceso en el que están presentes causas especiales de variación se dice que esta fuera de control estadístico (o es inestable). Este tipo de procesos es impredecible en el futuro inmediato porque en cualquier momento pueden aparecer esas situaciones que tienen un efecto especial sobre la variabilidad.

2.2.2.2 Carta de Control

Según Pulido (1997) y Kachigan (1991). La idea básica de una carta de control (figura 07) es observar y analizar gráficamente el comportamiento sobre el tiempo de una variable de un producto, o de un proceso, con el propósito de distinguir en tal variable sus variaciones debidas a causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles). El uso adecuado de una carta de control permitirá detectar cambios y tendencias importantes en los procesos.

La línea central de una gráfica de control representa el promedio de la variable que se esta representando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal, que cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores de la variable (puntos) caigan dentro de los límites. De esta manera, si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, esto es una señal de que el proceso está fuera de control estadístico. En general, los límites de control son estimaciones de la amplitud de la variación natural de la variable (promedio, rangos, etc.) que se grafica en la carta.

Figura 07. Modelo de Carta de Control



Fuente: Elaboración propia 2004

Para calcular los límites de control se debe proceder de tal forma que, bajo condiciones de control estadístico, la variable que se grafica en la carta tenga una alta probabilidad de caer en los límites. Por lo tanto, una forma de proceder es encontrar la distribución de probabilidades de la variable, estimar sus parámetros y ubicar los límites de tal forma que un alto porcentaje de la distribución este dentro de ellos; y esto se conoce como límites de probabilidad.

Una forma sencilla y usual se obtiene a partir de la relación entre la media y la desviación estándar de una variable, que para el caso de una variable con distribución normal con media μ y desviación estándar σ , y bajo condiciones de control estadístico, se tiene que entre $\mu - 3\sigma$ y $\mu + 3\sigma$ se encuentra el 99.73% de los posibles valores que toma tal variable.

2.3 MUESTREO DE SÓLIDOS

Según Perry (1992). Por lo general el control de procesos que incluye el tratamiento de sólidos requiere medios para el muestreo y análisis de estos en varios puntos de la operación. A diferencia de los líquidos, los sólidos no son homogéneos.

La composición de las partículas individuales varía con el diámetro y la densidad de la partícula. En consecuencia, se deben tomar las medidas necesarias para extraer una muestra representativa de toda la mezcla de sólidos en el punto de interés del proceso. Si los sólidos no se muestrean de manera representativa, el control del producto y del proceso no será confiable. Las muestras tomadas y el empleo de los cortadores que no toman una porción uniforme de la corriente llevan resultados no representativos.

Existen varias razones para la segregación de los sólidos, tanto por tamaño como por gravedad, dentro de un sistema de manejo de sólidos. La vibración como, por ejemplo, la que puede ocurrir en las bandas y transportadores es una causa de variación en la composición de la muestra. La segregación también puede ocurrir cuando los sólidos granulares se apilan o se almacenan en silos. Por consiguiente, la mejor técnica consiste en desplazar el cortador de muestras con una velocidad uniforme, a través de toda la corriente, mientras ésta se encuentra en un estado de caída libre. La dirección del movimiento del cortador debe ser en ángulos rectos respecto a la dirección de flujo de la corriente.

La práctica inicial de muestreo manual se ha reemplazado por los dispositivos automáticos de muestreo mecánico, que requieren poco mantenimiento, tienen un costo relativamente bajo, son impersonales y estadísticamente confiables. Este análisis se relaciona con la selección de tamaño de la muestra, el tipo de dispositivos de muestreo disponibles y su arreglo y costo.

2.3.1 Muestreo de materiales secos

El muestreo de sólidos granulares secos es una práctica común. Los sellos de polvo hacen que se pueda tomar la muestra dentro de los sistemas de transporte neumático. Se debe tener cuidado de colocar el cortador de muestra en un punto de la trayectoria de caída libre, donde las velocidades de las partículas no son tan altas como para que el arrastre de aire pueda ocasionar una segregación de los finos.

2.3.2 Muestreo para el análisis de humedad

Para el análisis de humedad el muestreo se debe realizar de un modo tal, que se evite el cambio en el contenido de humedad después del punto de muestreo y antes de que se efectué el análisis. Deben considerarse los recipientes sellados para las muestras o los de rampa cerrada. Una de las causas de pérdida de humedad puede ser el calentamiento de los sólidos en equipos como, por ejemplo, un triturador. También los materiales con un contenido de humedad alto pueden perder parte de la humedad en las rampas, transportadoras y arreglos con caída libre larga, utilizados en el muestreo.

2.3.3 Muestreo para el análisis químico

El muestreo para el análisis químico realizado en el laboratorio o sobre la línea mediante analizadores nucleares o de rayos X, requiere el diseño de un sistema de muestreo con autolimpieza. No deben existir áreas donde se puedan adherir los sólidos.

2.3.4 Tamaño de las muestras.

Los factores a considerar para la selección del tamaño de la muestra son:

- El tamaño del lote: Se debe tomar una muestra mayor de un lote grande que la que se toma de un lote pequeño.
- El análisis: La muestra tomada para representar debe ser adecuada para representar la distribución real de diámetros. El análisis de composición y contenido de humedad requiere una muestra final suficiente para la realización de todas las pruebas.
- La variabilidad: La variabilidad de los componentes analizados es un factor importante. Se puede tomar una muestra más pequeña para los casos que

incluyen una distribución uniforme en comparación con los casos con alta variabilidad.

- Tolerancias en el control de calidad: Para tolerancias muy pequeñas se debe tomar una muestra grande que considere la elevada precisión requerida. Este procedimiento se necesita cuando el producto es costoso.

2.3.4.1 Incremento del tamaño de la muestra

El incremento del tamaño de la muestra está determinado como:

- Velocidad de alimentación al proceso: Por lo general, está determinada por el proceso y no varía, debido a conveniencias del muestreo.
- Ancho de la abertura del cortador: Este ancho mínimo basado en el diámetro de las partículas presentes en la corriente.
- Velocidad del cortador a través de la corriente: esta variable se utiliza para controlar el volumen de muestra y cada incremento debe ser suficiente para representar la distribución granulométrica del lote. En consecuencia las partículas más grandes requieren incrementos mayores.

2.3.4.2 Tamaño bruto de la muestra.

El tamaño bruto de la muestra se puede determinar mediante:

- Frecuencia de los incrementos: Se puede utilizar un cronometro para establecer la masa bruta de la muestra.
- Tamaño del lote: Los lotes grandes requieren más incrementos que los lotes pequeños. Un lote puede consistir en la cantidad de material contenida en un embarque, un silo o un tanque, el resultado de un proceso intermitente o el periodo durante el cual se ajusta el proceso.

- Variabilidad: Si se tienen dos lotes de igual tamaño, aquel que tiene componentes más variables requiere un número mayor de incrementos. La variabilidad puede fluctuar a medida que varía el proceso de control de calidad. Por lo general, el número de incrementos por lotes está determinado por el estándar específico de la industria o por consideraciones de control de calidad.

2.3.4.3 Tamaño final de la muestra.

En muchos casos, el tamaño final de la muestra es de un solo incremento. Sin embargo, a menudo una muestra bruta es mucho más grande que la requerida para el análisis final y debe dividirse como sigue:

- La conificación y división en cuartos o el peinado a mano, es una práctica establecida para reducir la muestra a un tamaño conveniente.
- Se puede requerir la reducción automática mediante un muestreo secundario (o terciario), cuando la muestra bruta es demasiado grande para su manejo en forma conveniente en el laboratorio. En el muestreo de sólidos por etapas múltiples, cada incremento se debe alimentar a una velocidad constante al muestrador subsiguiente, en un periodo de tiempo igual al periodo que existe entre los cortes originales de las muestras.
- La trituración anterior a la reducción de la muestra permite la extracción de incrementos más pequeños (cada uno representativo de la distribución de tamaños triturados) y una reducción subsiguiente a tamaños convenientes de la muestra. Por supuesto que esto no se puede utilizar para las aplicaciones del análisis del diámetro de la partícula.

2.3.5 Tipos de muestreadores mecánicos

Los muestreadores automáticos en línea directa ofrecen tanto el costo más bajo como la flexibilidad máxima de operación. Los muestreadores tipo Vezin son muestreadores de arco que operan generalmente en forma continua y pueden muestrear tanto sólidos secos como lechadas; estos muestreadores son inherentes a prueba de polvo.

Los muestreadores automáticos en línea directa están disponibles con mecanismos de accionamiento eléctrico o hidráulico. Por lo general, las unidades electromecánicas tienen una velocidad fija. Los mecanismos hidráulicos, ya sea del tipo de motor hidráulico o de cilindro, permiten las revisiones en el campo con respecto a la velocidad del cortador. Generalmente se prefieren los mecanismos hidráulicos, respecto a los tipos neumáticos, ya que son capaces de mantener una velocidad constante del cortador, a pesar de los cambios que afectan la resistencia de la corriente de sólidos.

Las velocidades bajas de alimentación requieren cortadores pequeños y ligeros, que se deben operar mediante una máquina de trabajo estándar. Las velocidades más elevadas de alimentación y los cortadores con desplazamiento mayor requieren una máquina que pueda suministrar más potencia. Los cortadores montados en las placas desviadoras de polvo son muy pesados y pueden requerir mecanismos para trabajo extrapesado. Por lo general, estos mecanismos son del tipo electromecánico.

En las operaciones de gran tonelaje o cuando se manejan muestras brutas grandes, conviene considerar el empleo de torres de muestreo separadas con reducción de tamaño y etapas de muestreo múltiple.

2.4 NORMAS VENEZOLANAS

2.4.1 Normalización y Norma

Según el Comité Venezolano de Norma Industriales COVENIN, “La Normalización es una actividad de conjunto, orientada por un compromiso de alcanzar el consenso que equilibre las posibilidades del productor y las exigencias o necesidades del consumidor”.

Una Norma es un documento técnico establecido por consenso que contiene especificaciones técnicas de aplicación voluntaria. Ha sido elaborado con la participación de las partes interesadas (fabricantes, usuarios y consumidores, centros de investigación y laboratorios, universidades, sector oficial, asociaciones y colegios profesionales). Se basa en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia y provee para el uso común y repetitivo, reglas, directrices o características dirigidas a alcanzar el nivel óptimo de orden en un contexto dado.

2.4.2 Norma Venezolana COVENIN

Una Norma Venezolana COVENIN, es una especificación técnica de aplicación repetitiva o continua cuya observancia no es obligatoria, establecida con la participación de todas las partes interesadas y aprobada por el Ministerio de la Producción y el Comercio.

2.4.2.1 Beneficios del uso de normas

El uso o aplicación de normas acarrea una serie de beneficios tanto para los fabricantes como para los productores y el país:

Para los fabricantes tenemos que:

- Facilita el uso racional de los recursos.
- Reduce desperdicios y rechazos.

- Disminuye el volumen de existencias en almacén y los costos de producción.
- Racionaliza variedades y tipos de productos.
- Mejora la gestión y el diseño.
- Facilita la comercialización de los productos y su exportación.
- Simplifica la gestión de compras.
- Facilita una sana competencia.

Para los compradores:

- Establece niveles de calidad y seguridad de los productos y servicios.
- Facilita la información de las características del producto.
- Facilita la formación de pedidos.
- Permite la comparación entre diferentes productos.

Para el País:

- Simplifica la elaboración de textos legales.
- Facilita el establecimiento de políticas de calidad, medioambientales y de seguridad.
- Mejora la calidad y aumenta la productividad.
- Facilita las ventas en los mercados internacionales.
- Mejora la economía en general.
- Previene las barreras comerciales.

2.4.3 NVC 1812:2000 Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar la Variación de la Calidad

“El objeto de esta norma es evaluar la variación de la calidad en mineral de hierro. Están especificadas dos proposiciones. La primera es analizar compuestos de muestras alternadas de un número de incrementos pares, tomados y combinados alternadamente, siguiendo el muestreo estratificado o el muestreo sistemático como

se especifica en la NVC 3617:2000. La segunda es recolectar y analizar los incrementos individuales y después analizar los datos usando métodos gráficos. El uso de muestras alternadas envuelve menos trabajo, pero el uso de gráficos provee una mejor estimación de la variación de la calidad y por lo tanto, un mejor estimado de la varianza en el muestreo. El método gráfico es generalmente usado para poner a punto una operación de muestreo”.

2.4.4 NVC 317:2000 “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar la Precisión en el Muestreo”

“El objeto de esta norma es especificar métodos experimentales para comprobar la precisión en el muestreo de mineral de hierro, de acuerdo con los métodos especificados en la NVC 3617:2000.”

2.4.5 NVC 1776:2000 Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para Comprobar Tendencias en el Muestreo

“El objeto de esta norma es especificar los métodos experimentales para comprobar tendencias en el muestreo de mineral de hierro, cuando el muestreo es llevado a cabo de acuerdo con los métodos especificados en la NVC 3617:2000, teniendo como referencia un método en cinta transportadora detenida.

Los resultados obtenidos del método para comprobación (denominado método B) son comparados con los resultados obtenidos de un método de referencia, (denominado método A) el cual es considerado, que produce prácticamente los resultados sin tendencias, desde el punto de vista técnico y empírico.

En el caso de no existir ninguna diferencia significativa, en un sentido estadístico, entre los resultados obtenidos por el método B y por el método A, el método B puede ser adoptado como método de rutina. Esta diferencia es evaluada comparando el 90% de intervalo de confianza promedio de tendencia verdadero con la tendencia pertinente, δ .”

2.4.6 NVC 3617:2000 Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos de Muestreo y Preparación de Muestras

“El objetivo de esta norma es establecer los fundamentos teóricos, los principios y los requerimientos básicos para el diseño, instalación, operación, muestreo y preparación de muestras.

Los métodos especificados en esta norma son aplicables tanto a carga como a descarga de lotes, por medio de cintas transportadoras y otros equipos para el manejo de mineral, en los cuales un muestreador mecánico pueda ser instalado o donde se pueda realizar un muestreo manual con seguridad.

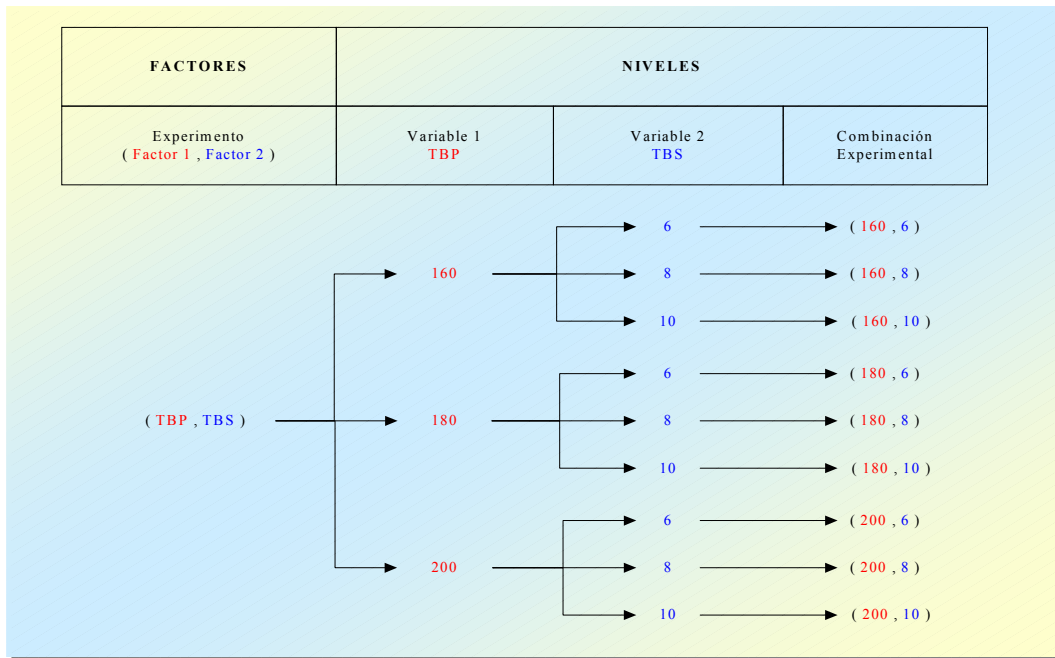
Los métodos son aplicables a todos los minerales de hierro, tanto natural como procesado (por ejemplo concentrados y aglomerados, así como pellas de mineral de hierro o sinter).”

2.5 EXPERIMENTACIÓN FACTORIAL, EXPERIMENTOS CON DOS FACTORES

Antes de explicar lo que conlleva una experimentación factorial, se debe saber que los factores se entienden como todas aquellas causas asignables que pueden afectar una respuesta, los cuales pueden ser fijos o variables. Los factores fijos son aquellos que aun cuando pueden afectar en la experimentación, no son manipulados durante la experimentación, mientras que los factores variables son aquellos que se manipulan durante la experimentación y le asignamos niveles.

Para exponer la idea de un experimento simple con dos factores o variables, sea el caso en estudio, donde se desea determinar los efectos de los tiempos de los barredores primario y secundario del muestreador secundario en la toma de muestra y su representatividad (figura 08). Las condiciones experimentales a utilizar son:

Figura 08. Combinaciones de Tiempos para la Realización del Diseño Experimental



Fuente: Elaboración Propia 2004

Si varios bloques o repeticiones se efectúan, cada uno con nueve “tratamientos”, sería posible analizar los datos como un criterio de clasificación en dos dimensiones y probar si hay diferencias significativas entre las medidas de los nueve tratamientos.. En este caso, sin embargo, el experimentador quiere saber aun más: desea conocer si las variaciones en el tiempo del barredor primario y en el barredor secundario afectan la representatividad del material, y quizás si cualquier cambio en la representatividad del material puede atribuirse a las variaciones en la toma de muestra al cambio de los tiempos de los barredores.

Es posible responder a este tipo de preguntas si las condiciones experimentales y tratamientos constan de combinaciones apropiadas de los niveles (o valores) de los diversos factores. Los factores en este caso son el tiempo en el barredor primario (TBP) y el tiempo en el barredor secundario (TBS); el barredor primario tiene los tres niveles 160, 180, 200, mientras que el tiempo del barredor secundario tiene los tres niveles 6, 8, 10. Nótese que los nueve tratamientos fueron elegidos de tal forma que cada nivel del TBP se utiliza una vez junto con cada nivel

del TBS. En general si dos factores A y B se investigan en a niveles y en b niveles, respectivamente, y si existen $a*b$ condiciones experimentales (tratamientos) correspondientes a todas las combinaciones posibles de niveles de los dos factores, el experimento resultante se conoce como *experimento factorial completo $a \times b$* . Nótese que si una o mas de las $a*b$ condiciones experimentales se omite, el experimento puede analizarse aun como un criterio de clasificación en dos dimensiones; pero no puede sin demora analizarse como un experimento factorial. Se acostumbra omitir la palabra *completo*, por lo cual se entenderá que un *experimento factorial $a \times b$* comprende condiciones experimentales correspondientes a todas las posibles combinaciones de los niveles de los dos factores.

CAPITULO III

DESARROLLO EXPERIMENTAL

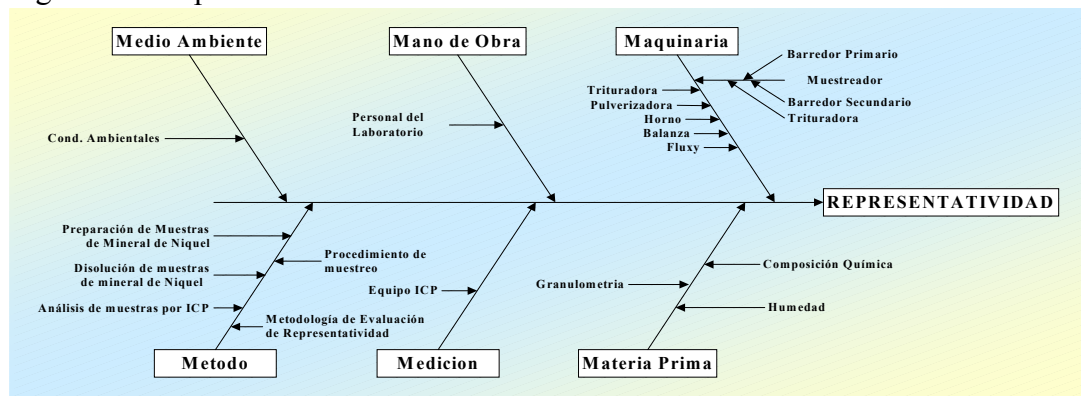
3.1 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

En esta etapa del trabajo de investigación se explica detalladamente la metodología aplicada, usando para ello técnicas como “Espina de Pescado”, Mapa Mental y Diagramas de flujo.

Para la esquematización de las técnicas e instrumentos empleados se utiliza la herramienta gráfica conocida como “Espina de Pescado”, donde es posible ubicar rápidamente la categoría y el área del proceso. Esta técnica comprende seis categorías fundamentales, denominadas las seis “M”: Mano de obra, Maquinaria, Métodos, Medición, Materia prima y Medio ambiente.

En el área de investigación aplicada que compete a este Trabajo Especial de Grado, esta herramienta se aplica a la evaluación de la representatividad, y en el caso específico de esta sección, permite identificar las técnicas e instrumentos del proceso de muestreo, preparación y análisis de la muestra denominada MMS. En la figura 09 se presenta un esquema organizativo del análisis de causas, denominado “Espina de Pescado”.

Figura 09. “Espina de Pescado” de las técnicas e instrumentos usados



Fuente: Elaboración propia 2004

3.1.1 Factor Maquinaria

El factor maquinaria se relaciona con los equipos y sistemas involucrados en las operaciones de muestreo, preparación y disolución. Los equipos involucrados son:

- Muestreador automático de la marca RAMSEY: clasificado como un sistema de muestreo automático por barridos de dos etapas. La primera etapa del sistema está compuesta por el Barredor Primario cuya tarea es, según una frecuencia de muestreo predeterminada, cortar o barrer una sección transversal del material transportado por la banda en movimiento y desviarlo al interior del sistema de muestreo. Una vez dentro del sistema, dicho material es reducido de tamaño por una machacadora de rodillos y depositado en una banda donde se encuentra la segunda etapa del sistema, es decir, un Barredor Secundario, el cual toma a una determinada frecuencia de muestreo, uno o más incrementos de la cantidad de material sustraída por el Barredor Primario de la cinta transportadora, que generará una muestra formada por una cantidad de incrementos hasta que haya pasado por la línea de producción la cantidad aproximada de 600 toneladas.
- Una estufa de secado marca HAFO (1600) con una temperatura regulada de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Una machacadora de mandíbula de laboratorio marca BICO.
- Una pulverizadora de anillos de laboratorio marca HERZOG.
- Una balanza analítica.
- Un equipo de fundición automático (Fluxy) marca CLAISSE.

3.1.2 Factor Medio Ambiente

El factor Medio Ambiente está definido por aquellos factores externos que rodean al proceso y de uno u otro modo tienen influencia sobre la representatividad del material. Los principales aspectos de este factor son: la humedad y las condiciones ambientales. Geográficamente donde se sitúa la compañía se tienen altos índices de humedad y pluviosidad que afecta el contenido original de humedad del material lo que dificulta su recolección y manejo sobre todo en los finos.

3.1.3 Factor Medición

El factor Medición involucra al equipo de medición empleado, el cual es sometido regularmente a procesos de calibración. El instrumento de medición que se emplea es el equipo ICP.

3.1.4 Factor Materia Prima

El factor Materia Prima involucra todas las características del material que pueden afectar la representatividad, entre ellas se encuentra:

- Humedad: El contenido de humedad del material afecta las condiciones de muestreo en los barredores ya que el material tiene a aglomerarse y a dificultar el barrido.
- Granulometría: Este está ligado a la masa mínima por incremento, a medida que la granulometría disminuye lo hace la cantidad de material que compone la muestra.
- Composición química: El muestreo debe ser más estricto cuanto existe heterogeneidad química en el material a muestrear.

3.1.5 Factor Mano de Obra

El factor Mano de Obra compete a los operadores de las etapas de toma de muestra, preparación, disolución y análisis, en el caso de estudio, el personal está calificado para el desempeño adecuado de las tareas correspondientes a cada etapa del proceso en el laboratorio.

3.1.6 Factor Método

El factor Método involucra los métodos y procedimientos vinculados a la evaluación de la representatividad desde la toma de muestras hasta el análisis de resultados. Estos son:

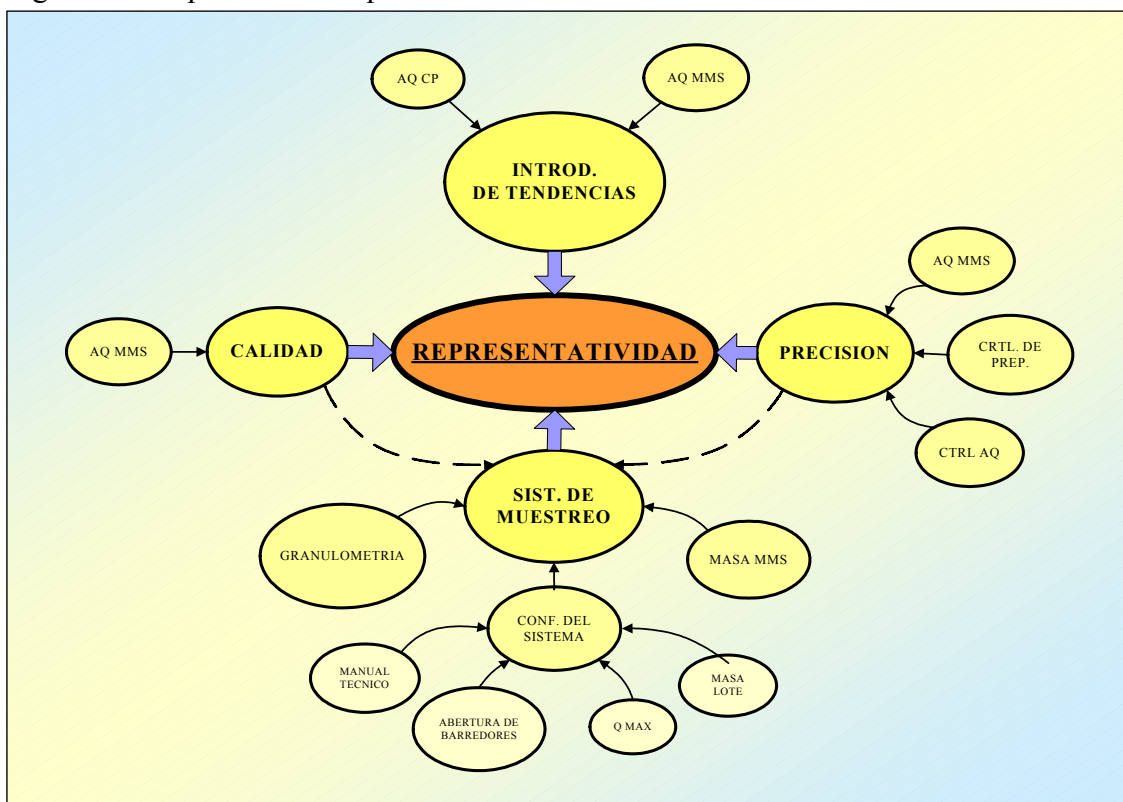
- Toma de Muestra: Involucra el efecto del procedimiento de toma de muestra planteado para la evaluación de la representatividad, el cual está basado en frecuencia de muestreo y tamaño o total de muestras.
- Preparación de muestras de mineral de Níquel: Es el procedimiento oficial usado por el laboratorio para la preparación de las muestras de mineral. Incluye la trituración, cuarteo, pulverizado y tamizado. En la preparación el tamaño del material tiene efectos significativos ya que supone la liberación de las partículas minerales (150 micrones).
- Disolución de muestras de mineral de Níquel: De igual manera es un procedimiento oficial usado en el laboratorio para la disolución del material en una solución ácida. Su efecto tiene que ver con la total digestión de la muestra en el medio ácido (0,1 gr de material en 200 ml de solución).
- Análisis de muestras por ICP: Se refiere a el efecto de la calibración y verificación del método definido para muestras minerales.
- Metodología de Evaluación de Representatividad: Especifica la forma como se analizan los resultados de las muestras, al diseñar un modelo de evaluación

usando los lineamientos de las normas COVENIN relacionadas con muestreo, calidad, precisión y comprobación de tendencias.

3.2 Mapa mental del problema

Para la esquematización y entendimiento del problema se utilizó la técnica conocida como mapa mental (Figura 10) en la cual se coloca en problema la idea central y se asocian a través de nubes jerárquicas los factores involucrados. Como idea central se tiene la representatividad, que es posible conseguirla si se cumple con los lineamientos normativos descritos para ello, los cuales se encuentran representados por las cuatro nubes de “calidad”, “precisión”, “sistema de muestreo”, y “introducción de tendencias”, y éstas a su vez, tienen asociadas nubes que representan los datos que alimentan al estudio de cada lineamiento.

Figura 10. Mapa mental del problema

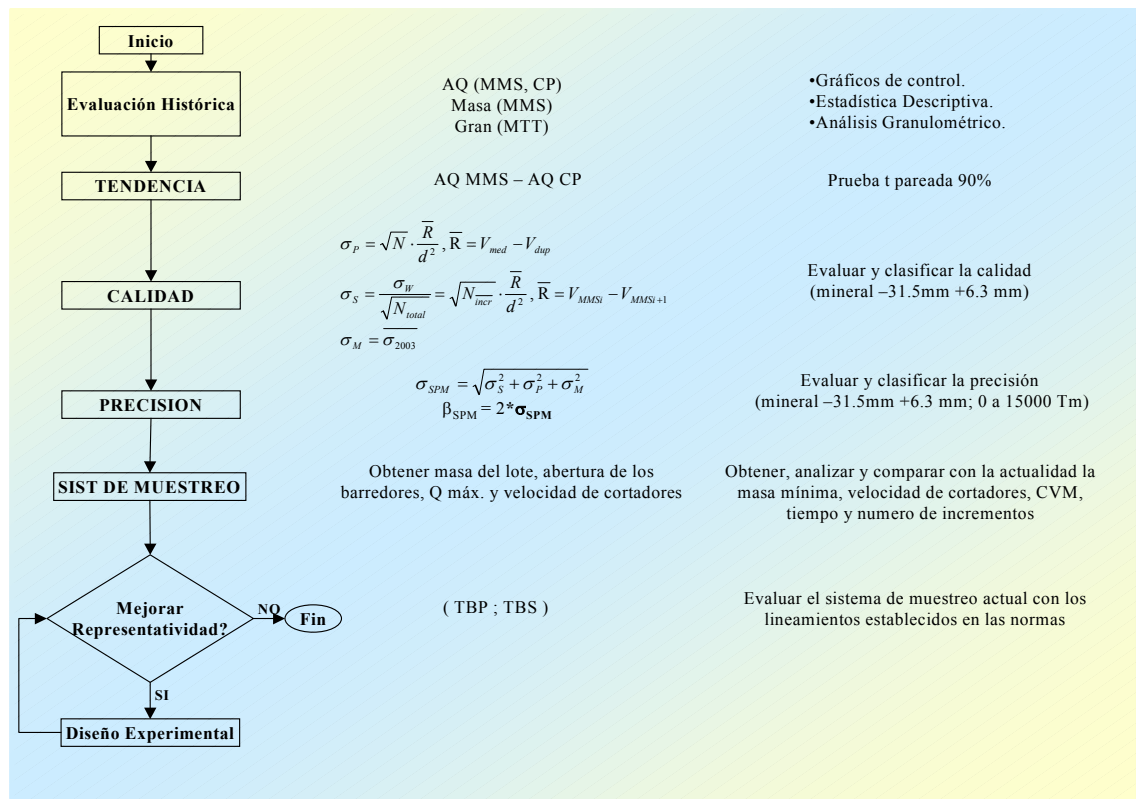


Fuente: Elaboración propia 2004

3.3 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo es otra técnica metodológica, a diferencia del mapa mental, describe paso a paso el procedimiento a seguir. En la figura 11 se muestra el diagrama de flujo principal, donde en la primera columna se muestra un flujo que representa el “QUE”, en la segunda columna se muestra el “COMO”, es decir, como se realiza, asociado a cada cuadro del “QUE”, y la tercera columna muestra el “PARA QUE”, es decir, la finalidad de ese paso.

Figura 11. Diagrama de Flujo Principal



Fuente: Elaboración propia 2004

3.4 EVALUACIÓN DE TENDENCIA (NVC 1776:2000)

Para la evaluación de datos según la norma NVC 1776:2000, se sigue el procedimiento establecido en el punto 7 y el lineamiento del punto 6.1 de la misma. A continuación se describen tales puntos:

3.4.1 Lineamiento.

Se establecen los dos (2) métodos de muestreo, uno de referencia y uno de comprobación. El método de referencia, método A, para la comprobación de tendencia en el muestreo, es un método de muestreo en cintas detenidas de acuerdo con la norma NVC 3617:2000. En este caso, el método de referencia es el cierre de pila oficial ya que no se cuenta en MLDN con un método de muestreo normalizado que se pueda establecer como método de referencia. El cierre de pila contiene el análisis químico de la pila de homogenización, específicamente los porcentajes de Ni, Fe, SiO₂, MgO y la masa de la pila.

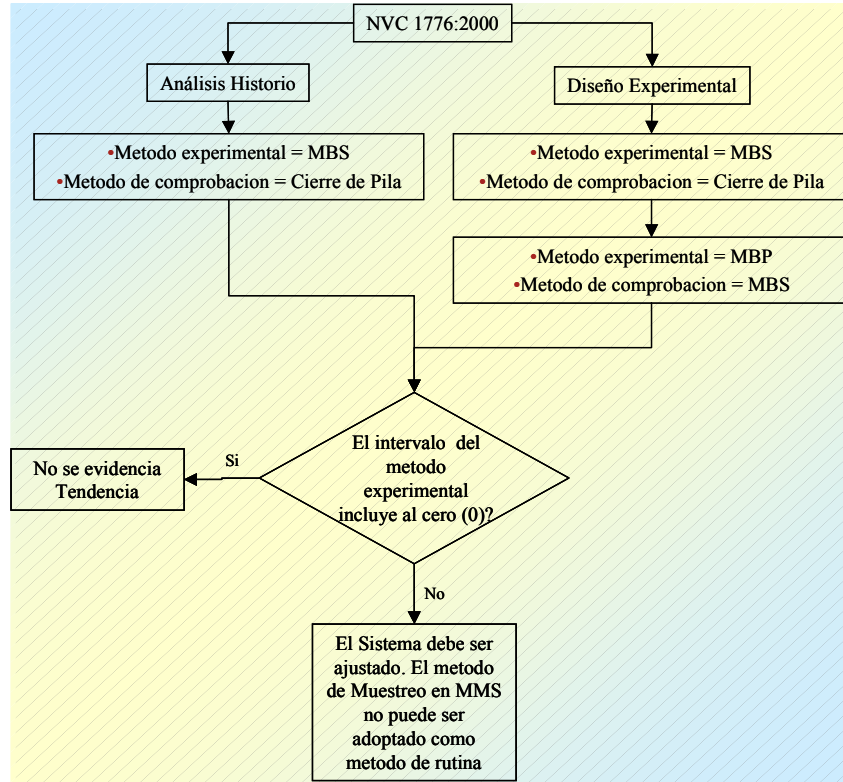
El método de comprobación, método B, llevado a cabo de acuerdo con la NVC 3617:2000, debe ser comparado con el método A, para el mismo material. En el método B, se realizan muestreos tales como el realizado en cintas en movimiento, con un muestreador mecánico y durante la transferencia hacia o desde los buques y vagones. Para el caso, el método B será el muestreo realizado para la obtención de la MMS. Debemos recordar que la obtención de la MMS proviene de la toma de incrementos del barredor secundario por lo que, para ser mas específico, el método B proviene de la MBS.

Este lineamiento es usado para análisis con datos históricos, pero para datos provenientes del diseño experimental, se realizan dos evaluaciones:

- Análisis entre los resultados de las muestras del barredor secundario (MBS) y el Cierre de Pila (CP)
- Análisis entre los resultados de las muestras provenientes del barredor primario (MBP) y los provenientes del barredor secundario (MBS)

En la figura 12 se muestra de forma gráfica el análisis estadístico.

Figura 12. Diagrama de evaluación de tendencia en el muestreo



Fuente: Elaboración propia 2004

3.4.2 Análisis de datos experimentales

3.4.2.1 Determinación de la desviación estándar de las diferencias

Se deben denotar las mediciones individuales obtenidas de acuerdo con el método A y el método B, X_{Ai} y X_{Bi} respectivamente.

Se calcula la diferencia, d_i , entre X_{Ai} y X_{Bi} usando la ecuación:

$$d_i = X_{Bi} - X_{Ai} \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (8)$$

Donde k es el número de series de pares de mediciones.

Se calcula el promedio, $\bar{d}$, de las diferencias con una precisión de una cifra decimal más que la usada en las mediciones mismas:

$$\bar{d} = \frac{1}{k} \sum d_i \quad (9)$$

Se calcula la suma de los cuadrados, SS_d y la desviación estándar, S_d de las diferencias:

$$SS_d = \sum d_i^2 - \frac{1}{k} (\sum d_i)^2 \quad (10)$$

$$S_d = \sqrt{SS_d / (k - 1)} \quad (11)$$

3.4.2.2 Determinación del intervalo de confianza para $\bar{d}$

Se debe denotar el límite inferior del intervalo de confianza LL y el límite superior del intervalo de confianza UL.

Se calculan los límites del intervalo de confianza, usando las ecuaciones:

$$LL = \bar{d} - t \frac{S_d}{\sqrt{k}} \quad (12)$$

$$UL = \bar{d} + t \frac{S_d}{\sqrt{k}} \quad (13)$$

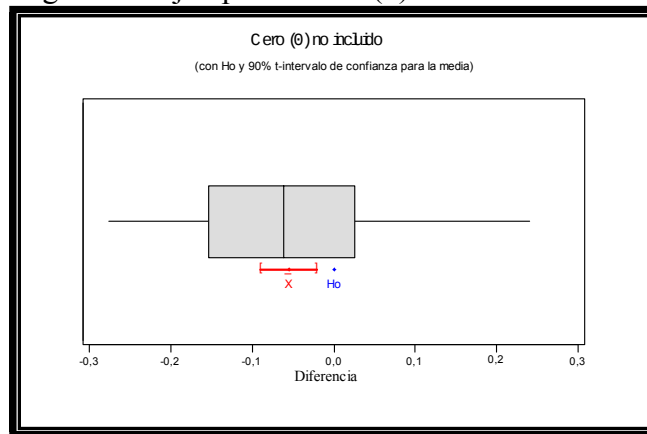
Donde t es el valor de la distribución de Student, para $(k-1)$ grados de libertad.

3.4.3 Análisis Estadístico

Se traza en una escala horizontal, con el cero (0) en el centro, los valores de LL, UL,

Si el cero (0) no está incluido en este intervalo, entonces se concluye que el método B no puede ser adoptado como método de rutina y que el sistema de muestreo debe ser ajustado.

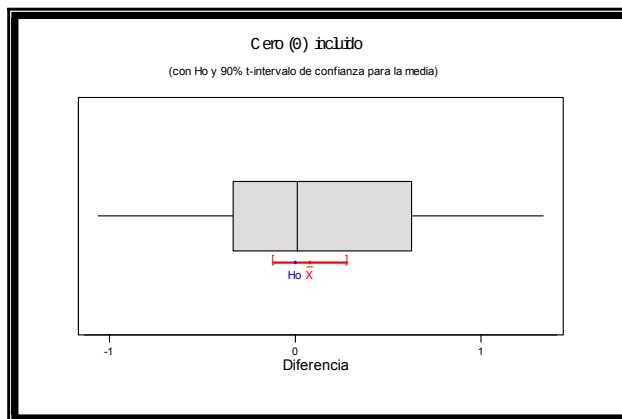
Figura 13. Ejemplo de cero (0) no incluido



Fuente: Elaboración propia 2004

Si el cero (0) está incluido en el intervalo, entonces se determina que el método B no presenta evidencia de tendencia y puede ser usado como método de rutina.

Figura 14. Ejemplo de cero (0) incluido



Fuente: Elaboración propia 2004

3.5 EVALUACIÓN DE CALIDAD (NVC 1812:2000)

Para la evaluación de la variación de la calidad se sigue el lineamiento establecido en el punto 5.2.1, el procedimiento establecido en el punto 5.6.2, y la ecuación 7 de la NVC3617:2000. Además, la clasificación de la calidad según la tabla N°1 (mineral $-31.5\text{mm} +6.3\text{mm}$) de la referida norma. A continuación se describe el procedimiento.

3.5.1 Lineamiento.

Antes de comenzar el análisis se debe clasificar el tipo de evaluación a seguir según las características del proceso. En NVC 1812:2000, se describe la evaluación *Tipo 1* que es usada “cuando los lotes son repartidos frecuentemente, la variación de la calidad puede ser determinada de un gran número de lotes de casi igual masa”. Para ello se deben tratar cada lote separadamente.

Para la evaluación histórica, cada lote representa una pila, mientras que para el análisis del diseño experimental, cada lote representa una combinación experimental.

3.5.2 Cálculo de la desviación estándar

La desviación estándar estimada se calcula mediante la ecuación 14.

$$\sigma_w = \sqrt{N_5} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (14)$$

Donde:

N_5 es el número de incrementos que comprende cada muestra alternada A o B
 d_2 es el factor para estimar la desviación estándar del rango; para datos apareados: $1/d_2=0,8862$

El rango de mediciones apareadas, R_i , esta dado por la ecuación (15):

$$R_i = |A_i - B_i| \quad (15)$$

Donde:

A_i es la característica de la calidad medida en la muestra de ensayo a partir de la muestra alterna A

B_i es la característica de la calidad medida de la muestra de ensayo preparada a partir de la muestra alternada B, la cual proviene del mismo lugar del lote de donde se toma la muestra alternada A

i es el subíndice designado para cada parte del lote.

El promedio, $\bar{R}$, de rangos R_i , esta dado por la ecuación (16)

$$\bar{R} = \frac{1}{n_4} \cdot \sum R_i \quad (16)$$

Donde:

n_4 , es el número de rangos, R_i , el cual es igual al número de partes de lotes en la evaluación.

3.5.3 Clasificación de la Calidad

La variación de la calidad debe ser clasificada en una de las tres categorías especificadas en la Tabla 01, basada en la desviación estándar determinada experimentalmente y usando el renglón de “*mineral +31.5mm –6.3mm*” que es el tipo de material manejado por el muestreador secundario. Esto se aplica tanto para la evaluación histórica como para el análisis del diseño experimental.

Tabla 01 Clasificación de la Variación de la Calidad

Clasificación de calidad	Clasificación de la Variación de Calidad		
	Grande	Mediana	Pequeña
Mineral tamaño –31.5mm +6.3mm	$\sigma_w \geq 5$	$5 > \sigma_w \geq 3.75$	$\sigma_w < 3.75$

Fuente: COVENIN 3617:2000

3.6 Evaluación de la Precisión (NVC 317:2000)

Para la comprobación de la precisión de muestreo se sigue el lineamiento establecido en el punto 6.2.3 y en el punto 7.3.5 de la referida norma. Para la clasificación se utiliza la Tabla 1 de la NVC 3617:2000.

3.6.1 Lineamiento

Según la NVC 317:2000, “*una muestra de ensayo debe ser preparada de cada una de las dos muestras a granel, y pruebas individuales deben ser realizadas sobre cada muestra de ensayo*”, esto quiere decir, que el método exige pares de muestras y sus correspondientes mediciones para su análisis. Cuando este análisis se usa para la evaluación histórica, los pares de muestras corresponden a la medición de la muestra

MMS y su correspondiente duplicado, y para el diseño experimental corresponde a las muestras medidas y sus duplicados.

3.6.2 Cálculo de la Precisión

Es conveniente recalcar que la σ_W es una variable genérica de calidad, pero esta debe reflejar cada paso del procedimiento de muestreo (muestreo, preparación y análisis), por lo que σ_W se convertirá en σ_S , σ_P , o σ_M dependiendo del caso. La más rigurosa aproximación es separar la desviación estándar del muestreo en sus componentes, para cada etapa del muestreo, para lo cual la ecuación (17) se transforma en:

$$\sigma_{SPM} = \sqrt{\sigma_S^2 + \sigma_P^2 + \sigma_M^2} \quad (17)$$

Donde:

- σ_S es la desviación estándar para el muestreo.
- σ_P es la desviación estándar para la preparación.
- σ_M es la desviación para la medición.
- σ_{SPM} es la desviación estándar combinada.

La precisión total, β_{SPM} , es una medida de precisión combinada en el muestreo, la preparación y la medición, y es dos veces la desviación estándar combinada. β_{SPM} es expresada como un porcentaje absoluto, esto es:

$$\beta_{SPM} = 2\sigma_{SPM} = 2\sqrt{\sigma_S^2 + \sigma_P^2 + \sigma_M^2} \quad (18)$$

$$\sigma_S = \frac{\sigma_W}{\sqrt{N}} \quad (19)$$

Donde:

- σ_S es la desviación estándar introducida en el muestreo.
- σ_P es la desviación estándar introducida en la preparación de la muestra.
- σ_M es la desviación estándar introducida durante la medición.
- σ_W es la variación de la calidad del mineral.
- N es el número de muestras.

3.6.3 Clasificación de la Precisión

Esta se realiza a través de la Tabla 2 y está diseñada para alcanzar una precisión total β_{SPM} , a un nivel de probabilidad del 95. Los renglones a utilizar para la clasificación del material en Minera Loma de Níquel son : mineral +31.5mm – 6.3mm; 0 a 15000 TM. Si el valor calculado es menor o igual al especificado en la tabla entonces se puede concluir que cumple con el lineamiento normativo.

Tabla 02 Presión total

Características de calidad	Precisión Total Aproximada		
	Masa del Lote (t)		
	210000 a 270000	45000 a 70000	0 a 15000
Mineral tamaño –31.5mm +6.3mm	1,75	2,0	2,5

Fuente: COVENIN 3617:2000

3.7 EVALUACIÓN DE SISTEMA DE MUESTREO (NVC 3617:2000)

Para la evaluación del sistema de muestreo, primeramente se sigue el lineamiento establecido en la NVC 3617:2000 (punto 4.2) referente al establecimiento de un esquema de muestreo.

3.7.1 Lineamiento

Según la referida norma el procedimiento para establecer un esquema de muestreo es el siguiente:

- Identificación del lote a muestrear: Para el caso de la evaluación histórica el lote será la pila muestreada, y, para el diseño experimental será la combinación experimental.
- Determinación del tamaño nominal tope: Se aplica tanto para la evaluación histórica como para el diseño experimental. El tamaño nominal tope será establecido según la granulometría de la trituración terciaria (MTT), debido a que esta es la granulometría del material que entra al muestreador secundario.
- Determinación de la abertura en los cortadores: Según la norma, la abertura del cortador o barredor debe ser al menos tres veces el tamaño nominal tope, esto puede verificarse sin necesidad de un diseño experimental, solo se debe medir la abertura de los barredores dentro del muestreador secundario.
- Determinar la variación de la calidad según la NVC 1812:2000: Para la evaluación histórica se determinan la variación de la calidad para cada pila muestreada. Para el diseño experimental se dispondrán de dieciocho (18) variaciones, es decir, las correspondientes a cada combinación experimental estudiada (9 combinaciones) y para cada barredor (2 barredores).
- Especificar la precisión requerida según la NVC 317:2000: En este caso, calcula mediante la evaluación NVC 317:2000 antes descrita. De igual manera que el caso anterior, se dispondrán de la precisión de cada pila muestreada para el caso de la evaluación histórica y la precisión de cada combinación experimental estudiada por barredor para el caso del diseño experimental.
- Determinar el número de incrementos mínimos: Cuando el valor de σ_w , es conocido, el número de incrementos primarios, n_1 , puede ser calculado para el nivel de precisión deseado, β_s , como sigue:

$$n_1 = \left(\frac{2\sigma_w}{\beta_s} \right)^2 \quad (20)$$

Para la evaluación histórica se calcularán y compararán dos números de incrementos mínimos: el histórico y el normalizado respectivamente. Mientras que para el diseño se calculan y comparan tres números de incrementos mínimos: el histórico, el normalizado y el experimental.

- Determinar el intervalo de muestreo: Para el caso de Minera Loma de Níquel, será un muestreo basado en tiempo. El intervalo de tiempo, Δt , en minutos, entre incrementos debe ser calculado de la ecuación:

$$\Delta_1 = \frac{60m_L}{q_{\max} n_1} \quad (21)$$

Donde:

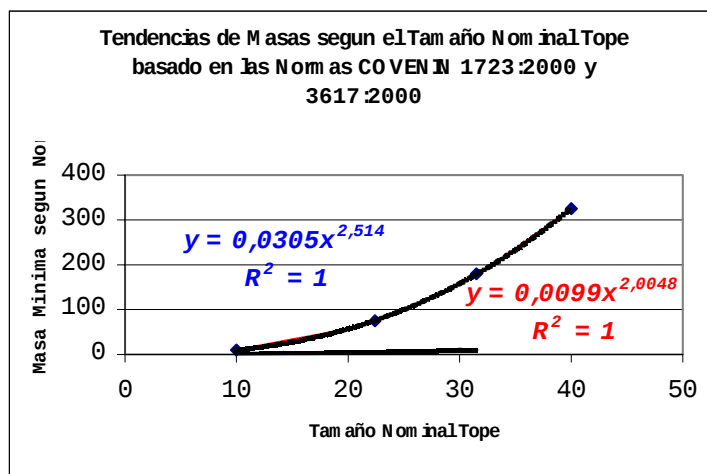
m_L es la masa, en toneladas, del lote.

$q_{\max}$ es la máxima velocidad de flujo, expresada en toneladas por hora, de mineral, en la cinta transportadora.

n_1 es el número de incrementos primarios.

- Determinación de la masa mínima de muestra: Esto se realiza usando la Tabla 6 de la NVC 3617:2000 e interpolando los datos, de lo cual se deduce la ecuación (figura 15):

Figura 15. Masa mínima de muestra a ser dividida



Fuente: Elaboración propia 2004

La ecuación 22 representa la masa mínima de muestra a granel para determinación de humedad y/o análisis químico.

$$Y = 0,0305X^{2,514}; R^2 = 1 \quad (22)$$

Esta es la misma ecuación a la que se refiere el punto 10.3.2.3.2 de la NVC 3617:2000 con $\sigma_D^2 = 0.01\%$ Fe.

- Determinación del coeficiente de variación de la masa (CVM): Los incrementos deben ser tomados de modo que sean de masa casi uniforme, es decir, el coeficiente de variación de masa debe ser menor al 20%. El coeficiente de variación de masa CVM, está definido como la relación entre la desviación estándar, σ_{masa} y el valor medio, $\bar{m}$, de la masa de los incrementos, expresados como un porcentaje, como se muestra:

$$CVM = \frac{100\sigma_{\text{masa}}}{\bar{m}} \quad (23)$$

Para el caso de la evaluación histórica, se calcula el coeficiente de variación con las condiciones actuales y se evalúa según lo expresado anteriormente. Si en cambio, la evaluación es para el caso del diseño experimental se calculará para las MBS sin importar la combinación, más usando como común denominador las muestras con igual promedio de incrementos. Con esto se busca calcular el coeficiente de variación de la masa para cada MBS que forma la muestra a granel MMS.

- Determinación de la velocidad de los barredores: Según norma, existen criterios de forma general para la velocidad de los barredores, entre las cuales está que el cortador debe estar diseñado para viajar a una velocidad uniforme, no desviándose más de $\pm 5 \%$ durante el curso de la toma de cada incremento.

Según esta norma, los cortadores que tienen una abertura de corte (l_1) igual a tres veces el tamaño nominal tope, no deben exceder una velocidad de 0.6 m/s, para que no sean introducidas tendencias significativas.

Para cortadores donde la abertura efectiva (l_1) excede en tres veces el tamaño nominal tope del mineral (d), la máxima velocidad permitida del cortador (V_C) puede ser incrementada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_C = 0.3 \left(1 + \frac{l_1}{3d} \right) \quad (24)$$

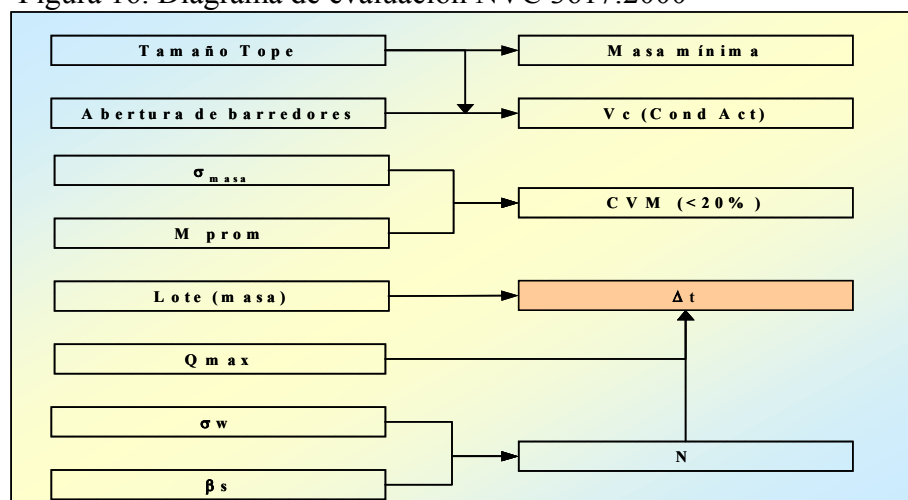
Las velocidades de corte superiores a los valores especificados arriba no deben ser usadas, a menos que una prueba de tendencia realizada de acuerdo con la NVC 1776:2000, demuestre que no son introducidas tendencias significativas.

Para esta evaluación es necesario según lo anteriormente expuesto, que se realice el diseño experimental para comprobar que existe o no tendencias. Por lo tanto, en este caso, la velocidad de los barredores no será una variable

dentro de la experimentación, ya que aunque exceda la velocidad mínima, si no evidencia tendencia con las condiciones de velocidad actuales no hay necesidad de variarlas.

Para explicar en forma gráfica como se realiza la evaluación según esta norma, tenemos la figura 16. Como puede observarse la variable de los intervalos de tiempo es la más importante para la evaluación, ya que esta ligada indirectamente con la masa mínima, al aumentar o disminuir el tiempo, varía la masa recolectada y así podremos, si es el caso, cumplir con la masa mínima requerida. No solo eso, se puede observar que la variable de tiempo está ligada con la precisión y la calidad, es decir con las evaluaciones anteriores de las NVC 317:2000 y NVC 1812:2000 respectivamente. Es importante recalcar que para el coeficiente de variación de la masa (CVM) la única restricción es que sea menor al 20% y que para la velocidad de los barredores (V_c), como se dijo anteriormente, está fijada según las condiciones actuales del muestreador, ya que es necesario la aplicación de un diseño experimental para determinar y comprobar que la velocidad actual introduce o no tendencia, y esto solo puede ser comprobado con la evaluación NVC 1776:2000. Por lo antes expuesto, se puede llegar a la conclusión que es el tiempo la variable para evaluar en el diseño experimental.

Figura 16. Diagrama de evaluación NVC 3617:2000

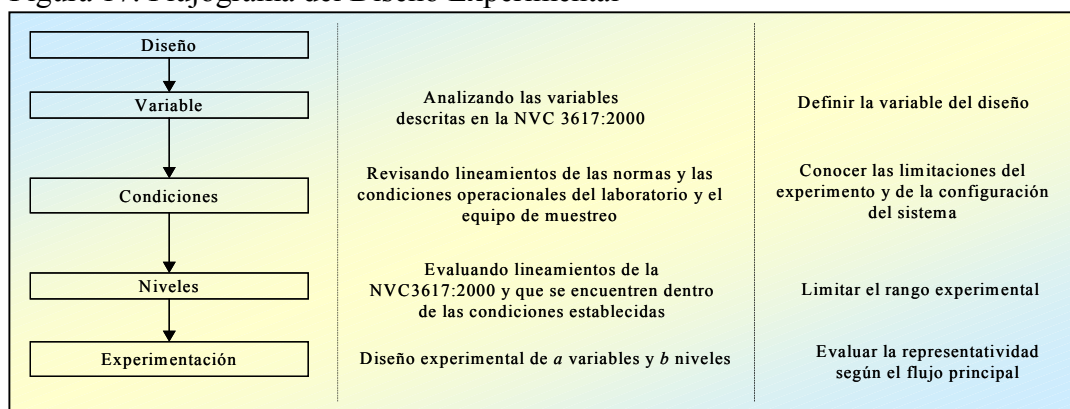


Fuente: Elaboración propia 2004

3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental se esquematiza de la siguiente manera (figura 17). Primeramente se analizan los factores involucrados en el problema y se establecen las variables o los factores variables que se manipularán en el diseño. Seguidamente se analizan las condiciones de la experimentación para conocer las posibles limitaciones. Teniendo esto, se establecen los niveles en que se variarán los factores para limitar el rango experimental. Para finalmente ejecutar el diseño.

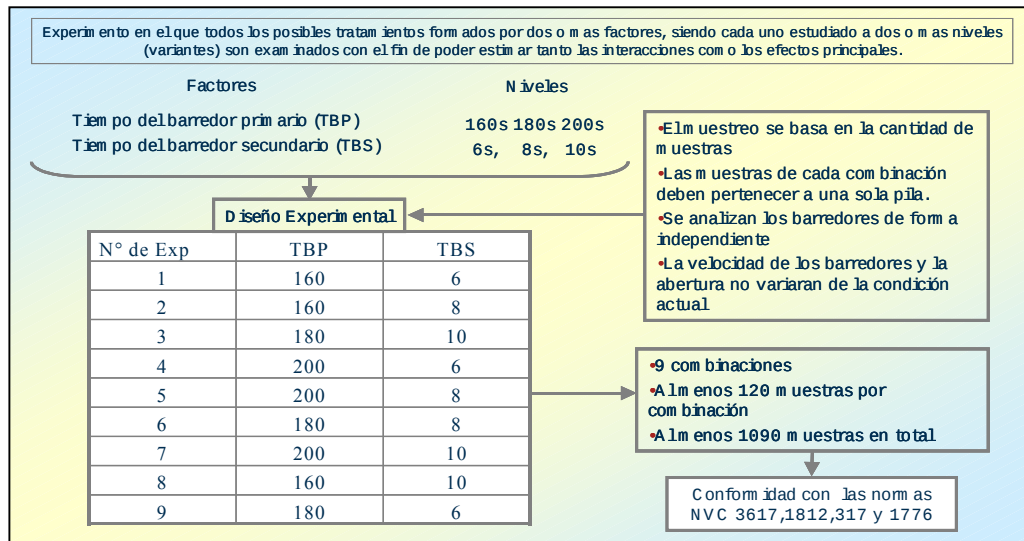
Figura 17. Flujograma del Diseño Experimental



Fuente: Elaboración propia 2004

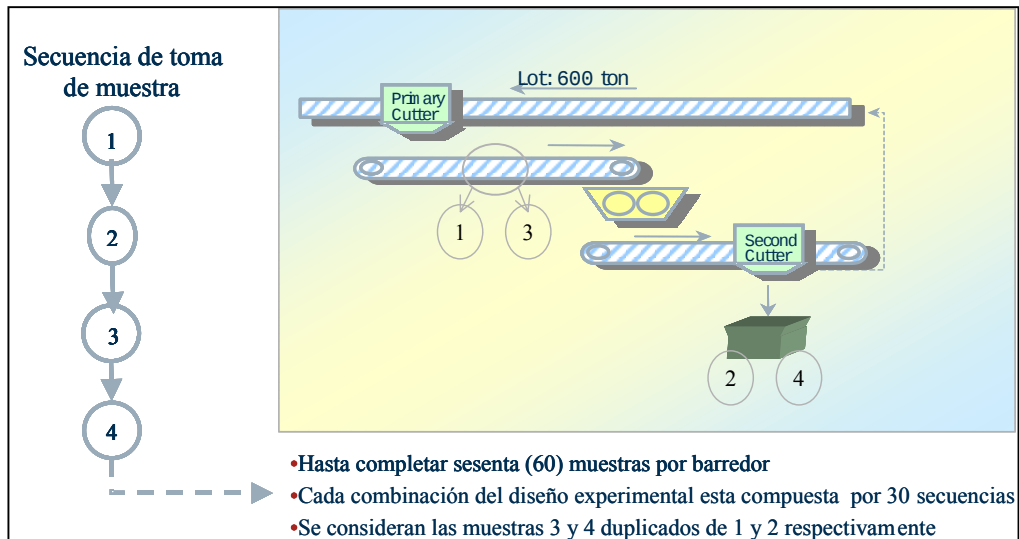
Para el caso específico de MLDN, el desarrollo del diseño se observa en la figura 18. La secuencia de toma de muestra se establece en la figura 19:

Figura 18. Diseño Experimental para el caso MLDN.



Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 19. Diagrama de Toma de Muestra



Fuente: Elaboración propia 2004

3.8.1 Criterio de Decisión

Con la finalidad de seleccionar la combinación de frecuencias más adecuada para el sistema de muestreo, se hizo uso de la herramienta metodológica conocida como matriz de selección, la cual es una técnica de comparación cualitativa - cuantitativa que aporta resultados rápidos y confiables.

Para la aplicación de este método, es necesaria la consideración de una serie de criterios, relacionados con la satisfacción de las necesidades mencionadas.

1. Comprobación de tendencias.
2. Variación de la calidad en el barredor primario.
3. Variación de la calidad en el barredor secundario.
4. Precisión en el barredor secundario.
5. Precisión en el barredor primario.
6. Coeficiente de variación de la masa en el barredor secundario.
7. Comportamiento de las medias de los subgrupos (barredor primario, barredor secundario, cierre de pila).
8. Coeficiente de variación de la masa en el barredor primario.

A estos criterios se le asigna un factor de peso o ponderación, que no es más que una calificación que traduce el nivel de importancia en la evaluación. La escala de este factor se escoge a conveniencia, siendo establecida en este caso como rango de 1 a 6 y de 1 a 2, ya que son dos cuadros de decisión los que se realizan, debido a que el primero evalúa según el barredor estudiado (barredor primario o barredor secundario), mientras que el segundo evalúa por combinación estudiada, es decir, las 9 combinaciones como experimentos independientes, por ejemplo, la combinación 1808 y la combinación 18010 se estudian de manera independiente aunque se relacionen con el mismo tiempo en el barredor primario.

Cada una de las combinaciones debe ser evaluada en función de los criterios anteriores. Ahora bien, debido a que se realizaron distintos tipos de evaluaciones para

todas las combinaciones estudiadas, se diseñó dos cuadro de decisión en función de los criterios de evaluación, los cuales fueron jerarquizados según su importancia (a criterio del evaluador). En el primer cuadro de decisión se le asigna a cada combinación una ponderación desde el punto de vista de los criterios. En este caso se fijará una escala del 1 al 3, donde el número inferior representa la condición más desfavorable y el mayor la más favorable.

A continuación se asignarán los factores de ponderación por orden jerárquico:

- Comprobación de tendencia: Corresponde a la evaluación NVC 1776:200. Se considera el factor de mayor importancia y su conclusión es si existe o no tendencia durante el proceso de muestreo, por lo que se le asigna dos valores:

(1) = Evidencia tendencia.

(2) = No existe evidencia de tendencia.

- Variación de la calidad en el barredor primario: Está vinculado a la frecuencia en el barredor primario, ya que es este barredor el que inicia el procedimiento de muestreo en el sistema, con lo que se busca garantizar una variación de calidad pequeña del material que alimenta al sistema de muestreo.

(1) = Mal.

(2) = Regular.

(3) = Bien.

- Variación de la calidad en el barredor secundario: Está vinculado a la frecuencia en el barredor secundario, ya que es el que conforma la muestra final que se envía al laboratorio.

(1) = Mal.

(2) = Regular.

(3) = Bien.

- Precisión en el barredor secundario: Está vinculada al sigma de muestreo realizado por el barredor secundario, a la preparación de la muestra MMS y a la medición de la misma. El resultado del análisis químico de la muestra MMS es reportado al departamento de procesos.

(1) = Mal.

(2) = Regular.

(3) = Bien.

- Precisión del barredor primario: Así como el anterior, está vinculado al sigma de muestreo del barredor primario, a la preparación de la muestra proveniente de este barredor y a la medición de la misma. Normalmente en la rutina del laboratorio, no se realiza análisis químico a las muestras provenientes de este barredor, por ello que la importancia se le otorga al barredor secundario, pero para el caso de estudio es una variable a considerar.

(1) = Mal.

(2) = Regular.

(3) = Bien.

- Coeficiente de variación de la masa para el barredor primario: Se refiere al porcentaje de la desviación estándar de la masa recogida por el barredor secundario y está ligada a la frecuencia de tiempo en el barredor. La valoración se fijará con la escala del 1 al 3, siendo el número inferior la combinación con mayor CVM, y el número mayor la combinación con menor CVM.

(1) = Mal.

(2) = Regular.

(3) = Bien.

En el segundo cuadro de decisión, se le asigna a cada combinación una ponderación desde el punto de vista de los criterios. En este caso se fija una escala del 1 al 9, donde el número inferior representa la condición más desfavorable y el mayor la más favorable.

- Comportamiento de las medias de los subgrupos: Se refiere a las diferencias entre las medias de los resultados de las muestras del barredor primario, el barredor secundario y el valor del cierre de pila para cada analito de estudio y según la combinación estudiada. La valoración se fijará con la escala del 1 al 9, siendo el número inferior la combinación con mayor diferencias entre medias de subgrupos para los cuatro analitos estudiados, y el número mayor la combinación con menor diferencias entre medias de subgrupos para los mismos analitos.
- Coeficiente de variación de la masa para el barredor secundario: Se refiere al porcentaje de la desviación estándar de la masa recogida por promedio de incremento en el barredor secundario y está ligada a la frecuencia de tiempo en el barredor. La valoración se fijará con la escala del 1 al 9, siendo el número inferior la combinación con mayor CVM, y el número mayor la combinación con menor CVM.

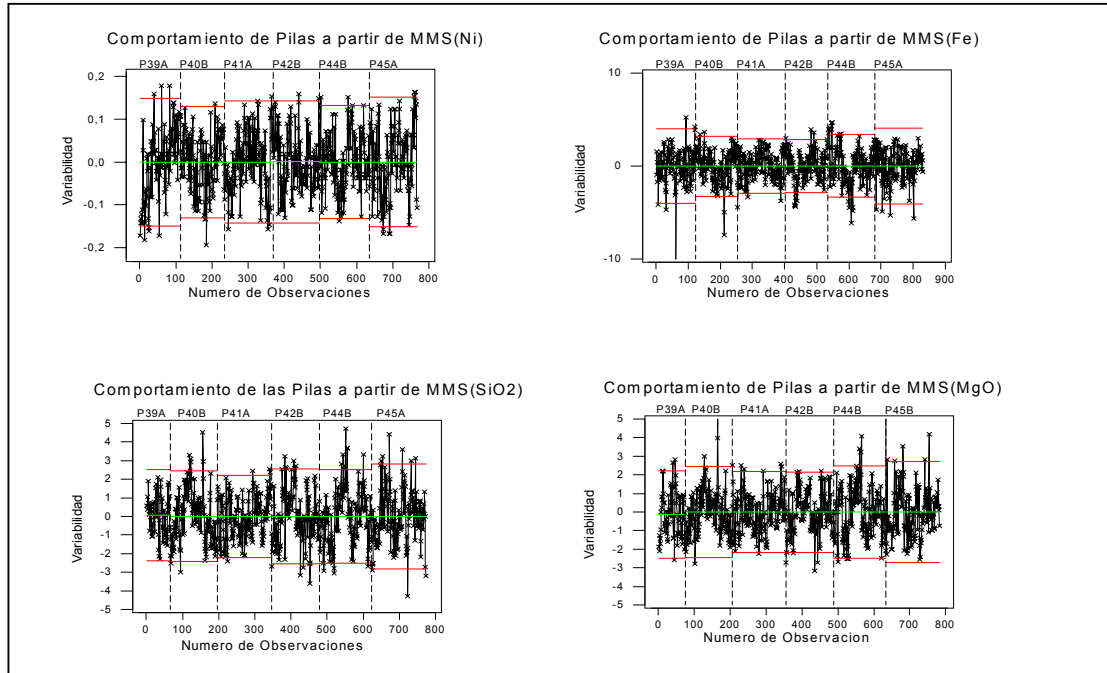
CAPITULO IV.

EVALUACIÓN HISTÓRICA DEL SISTEMA DE MUESTREO SECUNDARIO

4.1 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LA VARIABILIDAD DE LAS MMS

Para el estudio histórico de la variabilidad se construyeron las gráficas de control de los cuatro elementos estudiados. Los datos fueron extraídos del AQMMS. En ellos se puede notar como se comporta la variabilidad de los elementos en el tiempo.

Figura 20. Comportamiento histórico de MMS



Fuente: Elaboración propia 2004

La data histórica corresponde a la fecha entre marzo 2003 y junio 2003, y como se puede observar, los cuatro elementos poseen una variabilidad de comportamiento estable.

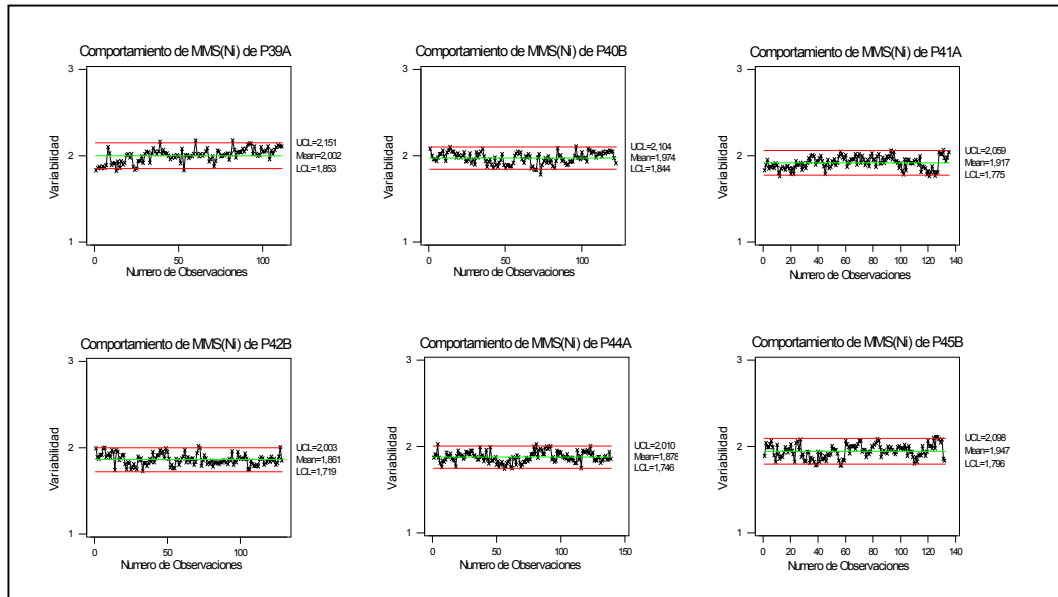
El muestreador secundario fue cambiado de lugar en Marzo 2003. Anteriormente, la posición del muestreador estaba ubicado antes del secador, en donde el material se encuentra con alto porcentaje de humedad, con una granulometría muy variable y un tamaño nominal tope de aproximadamente +100mm. Ahora la posición del muestreador se encuentra después de la trituración terciaria y antes de la Pila Seca, con lo que se mejora las condiciones del material, ya que al ser secado se disminuye considerablemente el porcentaje de humedad y al cribarlo y tritarlo se disminuye el tamaño nominal tope y mejora la homogenización granulométrica que son condiciones favorables al muestreo.

En conclusión el comportamiento histórico de la variabilidad de pilas fue homogéneo después del cambiar el punto de muestreo en Marzo 2003, esto puede atribuírsele al mejorar las características físicas del material.

4.2 GRÁFICOS DE CONTROL DE PILAS

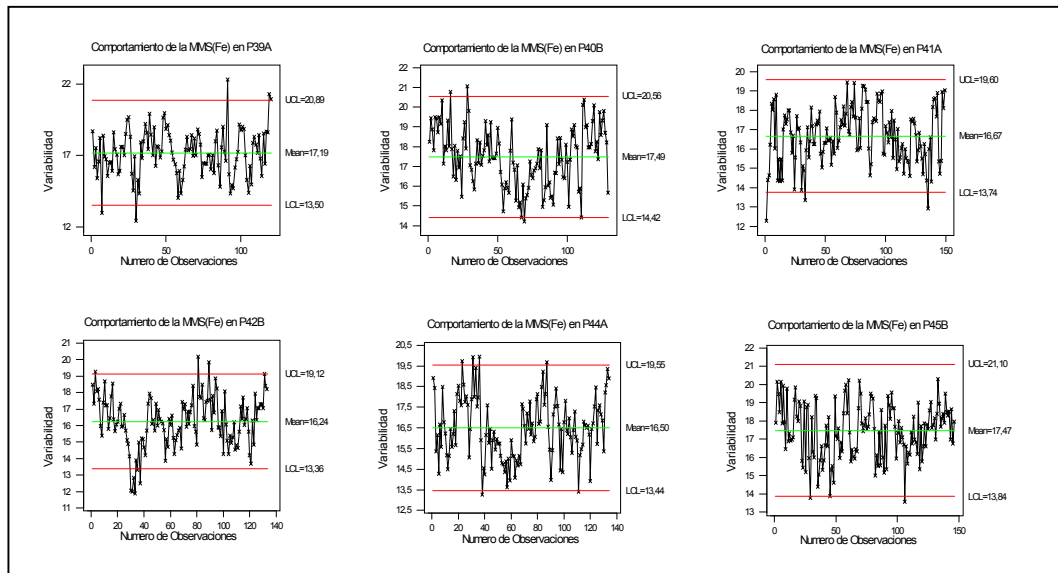
Debido a que el comportamiento histórico de la variabilidad de las pilas es desde Marzo 2003, entonces se decidió acotar la evaluación histórica en Marzo 2003 – Junio 2003. Los elementos y compuestos químicos escogidos para el análisis estadístico son Ni, Fe, SiO₂ y MgO, los cuales son los más controlados para el Departamento de Procesos, ya que el Ni y el Hierro son los elementos que forman el producto de ferro níquel, y el Silicio y el Magnesio son controlados durante el procedimiento metalúrgico debido a que la relación de concentración entre ellos afecta a los refractarios en los hornos. Se graficó cada pila para observar la media y la variación individual de la calidad (figuras 21,22, 23 y 24).

Figura 21. Comportamiento de MMS para Ni



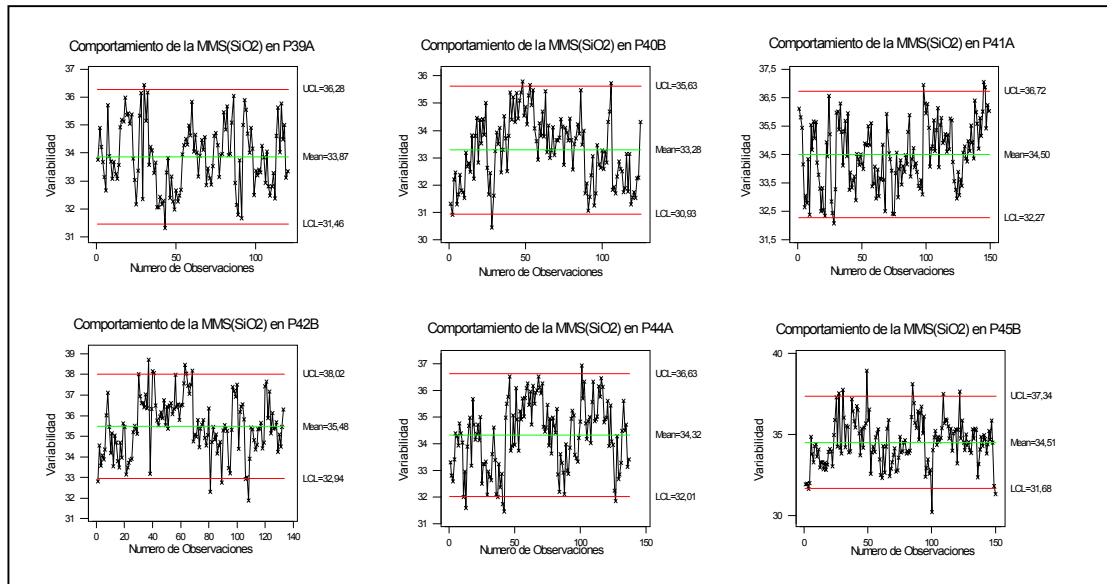
Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 22. Comportamiento de MMS para Fe



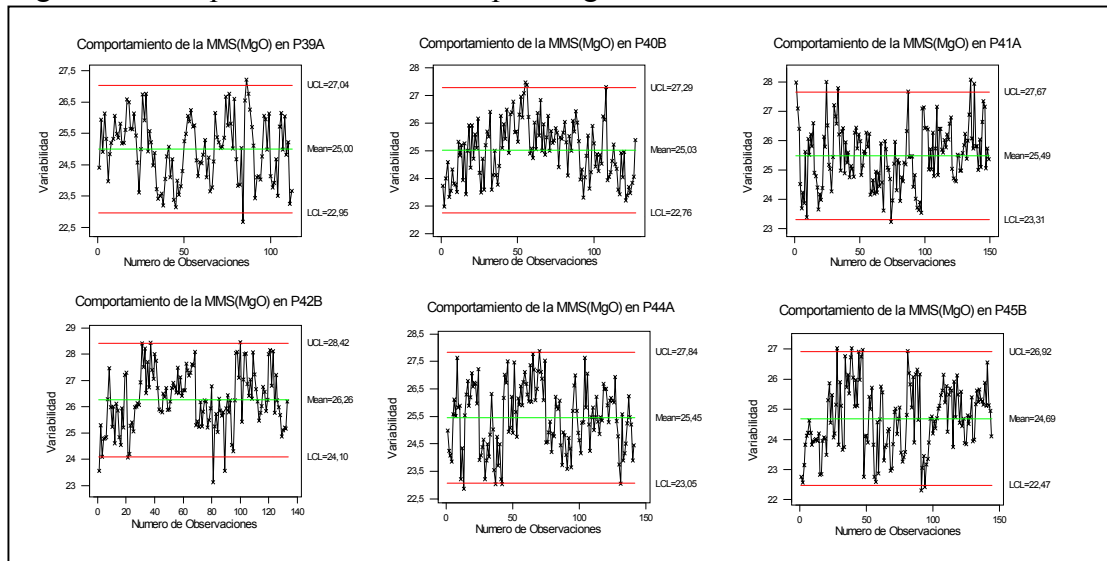
Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 23. Comportamiento de MMS para SiO_2



Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 24. Comportamiento de MMS para MgO



Fuente: Elaboración propia 2004

Puede observarse que todas poseen un número de observaciones mayor a 30 por lo que puede estar hablando de una población. La mayoría de las pilas concentran sus datos dentro de el rango de 3σ por lo que se puede decir que la distribución normal de los datos cubre el 99.73 %. El promedio de las medias y la tolerancia es:

Tabla 03 Resumen cuantitativo de comportamiento de la MMS para los analitos estudiados.

Año	Ni	CL _{Ni}	Fe	CL _{Fe}	SiO ₂	CL _{SiO2}	MgO	CL _{MgO}
P39A	2,002	0,149	17,19	3,69	33,87	2,41	25,00	2,05
P40B	1,974	0,130	17,49	3,07	33,28	2,35	25,03	2,27
P41A	1,917	1,142	16,67	2,93	34,50	2,23	25,49	2,18
P42B	1,861	1,142	16,24	2,88	35,48	2,54	26,26	2,16
P44A	1,878	0,132	16,50	3,06	34,32	2,31	25,45	2,40
P45B	1,947	0,151	17,47	3,63	34,51	3,83	24,69	2,22
Prom	1,93	0,47	16,93	3,21	34,33	2,61	25,32	2,21
Desv	0,05	0,52	0,53	0,36	0,73	0,61	0,55	0,12

Fuente: Elaboración propia 2004

Aunque cuantitativamente las desviaciones son pequeñas para todas las pilas estudiadas en el análisis gráfico de estas se observa que:

- las pilas P39A y P41A se comportan de manera estable para todos los elementos estudiados.
- La pila P42B presenta para el Ni un comportamiento estable, pero, para el Fe se observa cierta irregularidad entre las muestras 20 y 40 donde los datos se ubican totalmente por debajo de la media.
- En las pilas P42B, P44A y P45B, el comportamiento de los elementos SiO₂ y MgO tienen cierta tendencia oscilatoria, es decir, a cada cierto número de muestras los datos se ubican arriba o debajo de la media y crean cierto patrón observable que puede o no ser evidencia de tendencia.

- En la pila P40B no se evidencia lo anterior de la manera expuesta, pero los análisis de SiO₂ y MgO forman una especie de curva bien definida y pronunciada.

Por lo antes expuesto se considera que no se puede decir que la información cuantitativa representa la total realidad y que existen elementos del análisis gráfico que evidencia cierta anomalía.

4.3 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA

De igual manera que con los gráficos de control, la data histórica usada fue marzo 2003 – junio 2003 y los analitos químicos escogidos para el análisis estadístico son igualmente Ni, Fe, SiO₂ y MgO. En el apéndice B se muestran las variables estadísticas de cada pila como la media, desviación estándar, número de muestras, pero también se pueden analizar variables que no pueden ser vistas en las cartas de control como son el histograma de frecuencias, el coeficiente de distribución normal (P-Value), el sesgo (kurtosis) y el coeficiente de abertura de la campana de distribución (skewness). Como puede observarse casi todas las pilas poseen una tendencia de distribución normal aunque la campana se muestra bastante abierta debido a la dispersión de los datos. El promedio de las desviaciones estándar es:

Tabla 04 Desviación estándar de las pilas.

Año	σ Ni	σ Fe	σ MgO	σ SiO ₂
P39A	0,081	1,651	1,163	1,008
P40B	0,066	1,509	1,246	1,032
P41A	0,070	1,450	1,133	1,044
P42B	0,065	1,556	1,394	1,120
P44B	0,062	1,500	1,273	1,200
P45A	0,070	1,498	1,445	1,117
Promedio	0,069	1,527	1,275	1,086

Fuente: Elaboración propia 2004

Gráficamente y siguiendo los parámetros de evaluación de estadística de muestreo se tiene que:

- Usando el P-Value para evaluar el comportamiento normal de los datos, se tiene que P39A(Ni), P40B(Ni, SiO₂), P42B(Ni) y P44A(SiO₂) no poseen un comportamiento normal de distribución.
- En la Pila P42B el Ni presenta un sesgo hacia el lado izquierdo y el Fe una curva más estrecha que el comportamiento normal.

Como puede observarse, las desviaciones en las pilas son bajas, pero, el Ni y el SiO₂ son los analitos que no presentan comportamientos normales de distribución. Por otra parte, a excepción de la pila P42B, las pilas se comportan de manera estable según la Skewness y Kurtosis.

4.4 EVALUACIÓN DE TENDENCIA

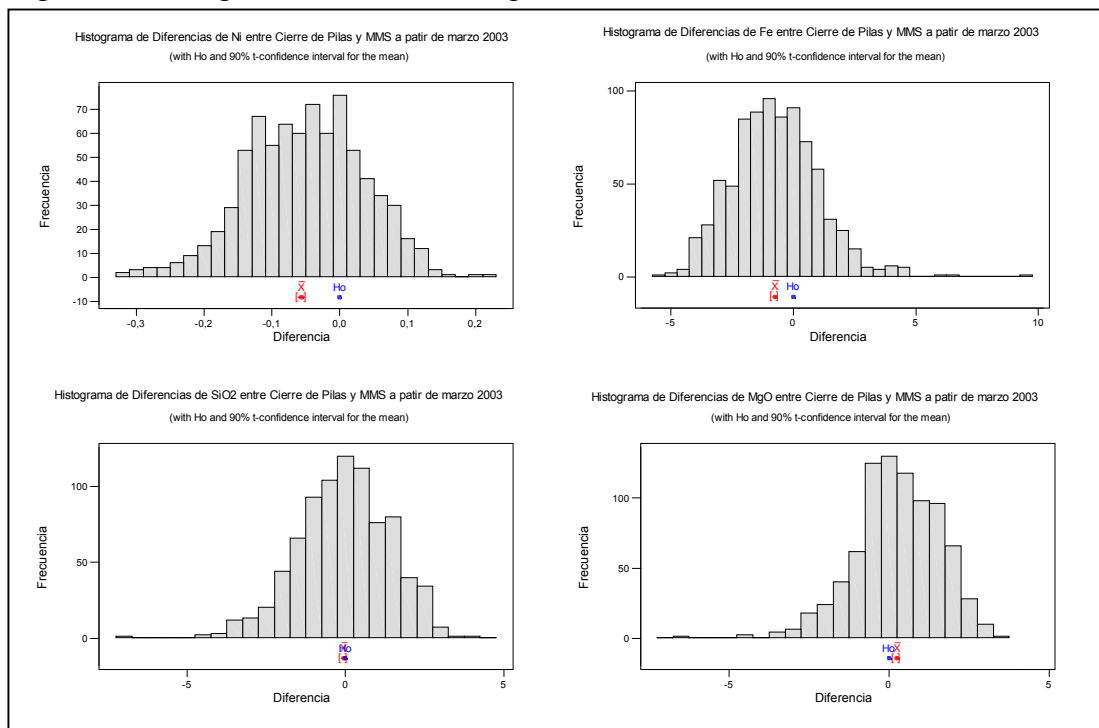
El análisis de tendencia se fundamentó en el procedimiento establecido en la NVC 1776:2000, usando el software estadístico MINITAB 14. El análisis estadístico se realizó a través de una prueba t pareada de Student con un 90% de intervalo de confianza de las diferencias. Dicha prueba se le aplicó a los cuatro analitos de estudio (Ni, Fe, SiO₂, MgO) usando como valores estándar (datos del “Método B” referenciado en el punto 3.3.1) los cierres oficiales de Pilas, y como valores experimentales, los promedios de cada elemento por pila (datos del “Método A” referenciado en el punto 3.3.1).

Como se observa en los histogramas de diferencias (figura 25), $\bar{X}$ representa la media dentro de un intervalo de confianza del 90 % para las diferencias porcentuales entre MMS y Cierre de Pilas.

Se destaca que en solo el analito SiO₂, el valor del cero (0) se encuentra dentro del intervalo de confianza. Tanto el Ni, Fe y el MgO poseen una tendencia negativa, es decir, los porcentajes de Ni y Fe en las MMS son más altos que los reportados en el Cierre de Pilas.

Según lo establecido en el punto 3.3 acerca de la evaluación de tendencias, si el cero (0) no está incluido dentro del intervalo de confianza el método B, en este caso el método muestreo para la obtención de la MMS no puede ser adoptado y debe ser ajustado. Recuérdese que el material muestreado es mineral y está formado por una agrupación de elementos, si existe evidencia de tendencia en uno de los cuatro elementos controlados, se debe concluir que toda la muestra, se muestrea de forma tendenciosa, ya que no se pueden jerarquizar elementos en la muestra mineral porque no se conoce el efecto que tiene la tendencia de un elemento en particular sobre los demás que conforman la muestra.

Figura 25. Histogramas de Diferencias para el Histórico de MMS.



Fuente: Elaboración propia 2004

4.5 EVALUACIÓN DE CALIDAD

Según la tabla 01 del punto 3.4.4.3, la variación de la calidad se clasifica en grande, mediana y pequeña de acuerdo a las características químicas y del tamaño del mineral (Mineral tamaño $-31.5\text{mm} + 6.3\text{mm}$).

Usando los datos de “Control de Preparación de Muestra 2003”, se tiene que σ_p para la preparación de muestra es:

Tabla 05 Sigma de preparación en la MMS.

	Ni	Fe	MgO	SiO2
σ_p	0,088	0,227	0,118	0,151

Fuente: Elaboración propia 2004

Ahora, para el cálculo de σ_M no se dispone del dato de R, por lo que usando la desviación estándar para el cierre estadístico del mes en el laboratorio (2003) se tiene que:

Tabla 06 Sigma de medición en la MMS.

	Ni	Fe	MgO	SiO2
σ_M	0,038	0,490	0,362	0,586

Fuente: Elaboración propia 2004

Usando los datos históricos de las MMS se calculó σ_w usando la ecuación 14 descrita en el punto 3.4.4.2. De esta manera se tiene que:

Tabla 07 Variación de calidad en la MMS.

	σ_w Ni	σ_w Fe	σ_w SiO2	σ_w MgO
P39A	0,420	14,036	7,862	7,370
P40B	0,309	13,10	11,284	11,494
P41A	0,621	10,869	8,024	8,281
P42B	0,542	11,301	11,206	7,928
P44A	0,539	12,958	12,02	11,964
P45B	0,609	10,869	12,056	9,353
Prom. σ_w	0,506	12,188	10,408	9,398

Fuente: Elaboración propia 2004

Como puede observarse, al comparar los resultados de la tabla 01 con la tabla 07, la variación de la calidad del Ni se considera pequeña, pero, para los demás analitos existe una variación la calidad grande. Esto quiere decir que existe una alta diferencia entre muestras consecutivas de MMS para los elementos Hierro, Silicio y Magnesio y que para el Níquel la diferencia se considera baja.

4.6 EVALUACION DE PRECISION

Ahora usando los datos de la tabla 07 y según la ecuación 20 del punto 3.4.5.2:

Tabla 08 Desviaciones estándar parciales y combinada.

	Ni	Fe	MgO	SiO2
σ_s	0,0506	1,2188	1,0408	0,9398
σ_M	0,0380	0,4900	0,3620	0,5860
σ_p	0,0880	0,2270	0,1180	0,1510
σ_{SPM}	0,1084	1,3331	1,1083	1,1178

Fuente: Elaboración propia 2004

Podemos determinar que para el año 2003:

Tabla 09 Precisión.

	Ni	Fe	MgO	SiO2
β_{spm}	0,217	2,666	2,217	2,236

Fuente: Elaboración propia 2004

Según la tabla 02, la precisión total varía según la masa del lote. Por lo tanto si la masa del lote que representa la MMS es de 600 TM y el tamaño nominal tope es de 12,5 mm, se debería estar trabajando (según norma) con una precisión total de 2,5. Lo cual al comparar los resultados en la tabla 09 con este valor según la norma, solo el Fe no cumple con esta condición, es decir, se considera que el Hierro posee una precisión por encima del lineamiento normativo.

Para remediar esto, la norma COVENIN 317:2000 “Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos, Métodos Experimentales para comprobar Precisión en el Muestreo” establece las posibles acciones correctivas las cuales son:

1. Chequear los cambios en la variación de la calidad de acuerdo a los métodos dados en la norma 1812:2000.
2. Aumentar el número de incrementos.
3. Aumentar la masa de los incrementos.

A criterio del investigador las posibles acciones correctivas son aumentar el número y la masa de incrementos, ya que estas influyen directamente sobre el muestreo, mientras que el chequeo de los métodos dados en la norma no garantiza que la muestra sea tomada representativamente.

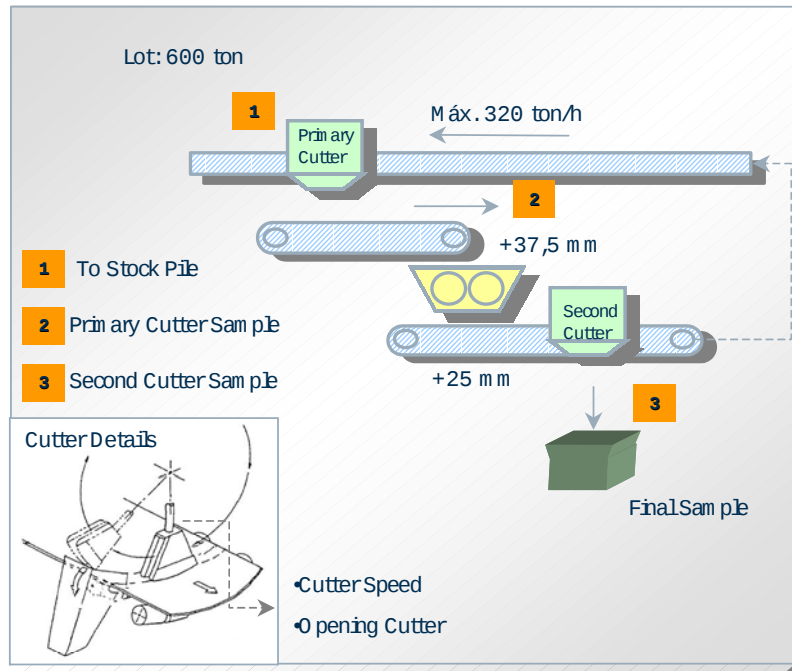
4.7 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO

4.7.1 Diagnóstico de la configuración del sistema de muestreo

El muestreador, es un equipo de la marca RAMSEY, y está clasificado como un sistema de muestreo automático por barridos de dos etapas. La primera etapa del sistema está compuesta por el Barredor Primario cuya tarea es, según una frecuencia de muestreo predeterminada, cortar o barrer una sección transversal del material transportado por la banda en movimiento y desviarlo al interior del sistema de muestreo. Una vez dentro del sistema, dicho material es reducido de tamaño y depositado en una banda donde se encuentra la segunda etapa del sistema, es decir, un Barredor Secundario, el cual toma a una determinada frecuencia de muestreo, uno o más incrementos de la cantidad de material sustraída por el barredor primario de la cinta transportadora, lo cual genera una muestra formada por una cantidad de incrementos hasta que haya pasado por la línea de producción la cantidad aproximada

de 600 toneladas. Esta muestra se envía al laboratorio para sus ensayos y análisis químico.

Figura 26. Esquema del sistema de muestreo.



Fuente: Laboratorio MLDN

Primeramente se realizó una inspección “in situ” del sistema de muestreo en donde se pudo observar que:

- Los barredores se encuentran desgastados, especialmente el cepillo o babero encargado de barrer los finos de la banda transportadora (apéndice C.1 y C.2).
- Los rodillos trituradores se encuentran desgastados, lo que podría generar problemas en la granulometría (apéndice C.4).
- El área interna en donde se encuentra el barredor primario se observó sumamente llena de material pegado a las paredes internas y al barredor. Esto puede traer como consecuencia que las muestras barridas se contaminen de material que no corresponde al pasante por la banda. (apéndice C.3).

- El retorno o reciclo del material no muestreado que sale del sistema de muestreo se encuentra situado antes del barredor primario. Esto puede tener cierto impacto en el muestreo ya que eventualmente y de manera cíclica se esté muestreando material contaminado con el reciclo del sistema de muestreo. (apéndice C.5).

La masa es uno de los factores fundamentales a la hora de realizar un muestreo, y esta según la norma 3617:2000, es función de la velocidad del flujo, la abertura del cortador y la velocidad del cortador. Además, indirectamente depende del número de incrementos que la compongan y del intervalo de tiempo para el cual este programado el muestreador. El muestreador está programado de la siguiente manera:

Tabla 10 Configuración del sistema de muestreo.

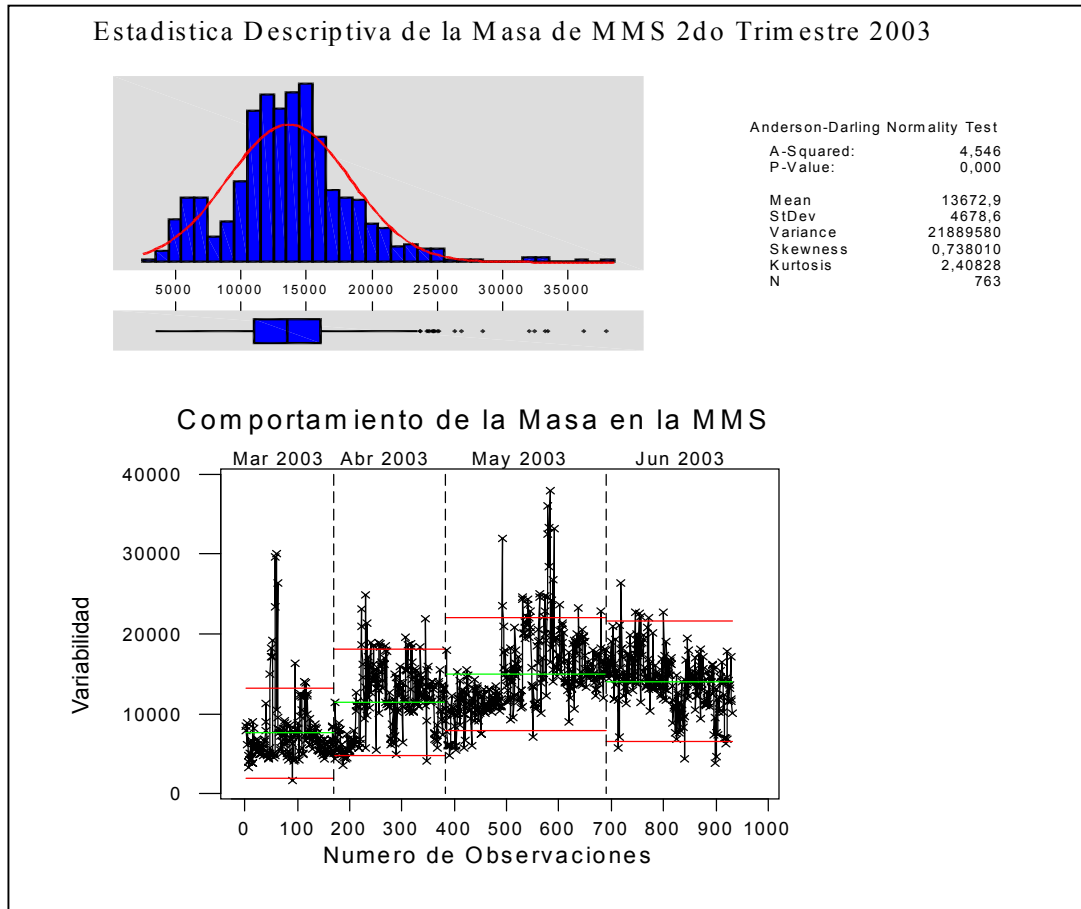
Campo	Lineamiento Normativo	Especificación y/o observación
Tamaño Nominal Tope	S/E	25 mm
Masa del Lote	S/E	600 TM
Flujo máximo de material	S/E	340 TM/h
Flujo normal de material	S/E	300 TM/h
Abertura del cortador primario	75	229 mm
Abertura el cortador secundario	37,5	38 mm
Velocidad del cortador Primario	Menor a 0,6 m/s	0,74 m/s
Velocidad del cortador secundario	Menor a 0,6 m/s	0,24 m/s
Tiempo del barredor primario	160 s	180 s
Tiempo del barredor secundario	S/E	8 s

Fuente: Elaboración propia 2004

Mediante esta configuración el muestreador secundario extrae la MMS que se envía al laboratorio para su análisis físico-químico, y la masa de estas MMS están reflejadas en la estadística descriptiva, y, al igual que el análisis histórico de masas (figura 27) en donde se puede observar como a partir del año 2003 la masa de la

MMS aumenta de forma homogénea aunque se evidencia una gran variabilidad, es decir, se evidencia comportamiento ascendente de la media desde marzo hasta Junio del 2003, pero mantiene uniforme el intervalo de 3σ para los meses analizados

Figura 27. Estadística descriptiva y comportamiento de la masa en las muestras de MMS.



Fuente: Elaboración propia 2004

Los resultados de estas gráficas se pudieran resumir de la siguiente manera:

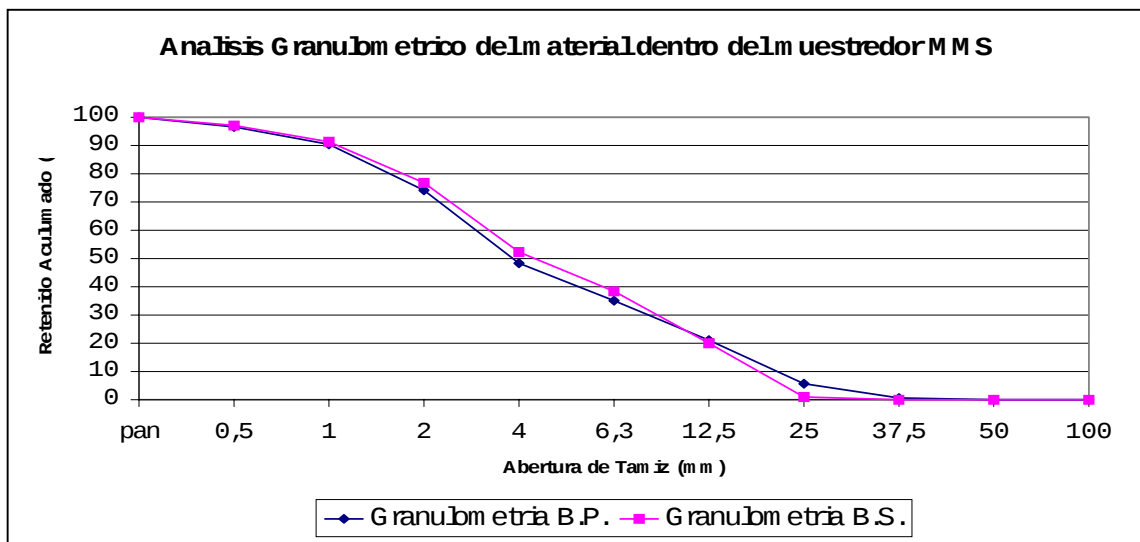
- La media de la masa de la muestra a granel que es enviada al laboratorio, es 13672 gr. con una desviación de 4678 gr.

- Según la estadística descriptiva, la data está sesgada hacia la izquierda y no muestra un comportamiento normal de distribución.
- La variabilidad de la masa para los meses de marzo, abril, mayo y junio es prácticamente la misma, pero la media no se mantiene constante.

Ahora bien, si al observar el análisis granulométrico realizado al material extraído (figura 28) por los barredores, podemos ver que la reducción de tamaño no se está efectuando y prácticamente la granulometría del material del barredor primario es la misma que la del barredor secundario. Con este análisis podemos obtener el tamaño nominal tope, que, como se aprecia es de 25 mm. Además según un informe presentado al Departamento de Procesos, los rodillos trituradores de la machacadora del muestreador están sumamente defectuosos por lo que esta sería la causa de la falta de trituración.

Por lo antes expuesto se dice que, el muestreador, desde el punto de vista del mantenimiento y de configuración genera ciertos factores que pudieran representar nocivos al procedimiento de muestreo y a la representatividad del material

Figura 28. Análisis granulométrico del material entrante y saliente del muestreador



Fuente: Elaboración propia 2004

4.7.2 Masa Mínima

Según la ecuación 22 del punto 3.4.6, para un tamaño nominal tope de 25 mm la masa mínima que se envía al laboratorio debe ser de 99,7 Kg. Esta masa es demasiado elevada, ya que según norma para el manejo óptimo del material en el laboratorio, esta debería ser de 10 Kg. Pero para que se satisfaga esto, el tamaño nominal tope se debe reducir hasta 10 mm. O al menos 12,5 mm y así la muestra que se debe enviar al laboratorio deberá ser mínimo 18 Kg.

4.7.3 Velocidad de los cortadores

Según el punto 3.4.6.1. La velocidad de los cortadores primarios no debe exceder una velocidad de corte de 0,6 m/s y la abertura debe ser mayor a 3 veces el tamaño nominal tope para que no se introduzcan tendencias significativas.

Como se observó en la configuración del sistema, la velocidad del barredor primario excede al lineamiento de la norma, pero su abertura es mayor a 75 mm, que es 3 veces el tamaño nominal tope. Por otra parte, el barredor secundario, aun cuando cumple con el lineamiento de la velocidad, no satisface la abertura y esto se debe a que, como se explicó anteriormente, la trituration del muestreador es deficiente. Lo cual es necesario ajustar la trituration de manera que el material saliente sea máximo de 12,5 mm.

4.7.4 Coeficiente de variación de la masa (CVM)

Según el punto 6.4.3.1, los incrementos deben ser tomados de modo que sean de masa uniforme, es decir que el CVM debe ser menor al 20%.

Sabiendo que la masa de las muestras que llegan al laboratorio tienen un promedio de 13672,9 gr. y una desviación estándar de 4678,8 gr. entonces el CVM es 34,21 %. Es decir que la masa que llega al laboratorio no puede considerarse uniforme debido al lineamiento de la norma. Esto también puede observarse en la figura 27, en donde se define para el histórico estudiado el promedio de masa y la

variabilidad de cada una. Es evidente que aunque la variabilidad es parecida, el promedio aunque va en ascenso no es homogéneo.

4.7.5 Número de incrementos

Según el punto 6.4.3.1, el número de incrementos viene dado por la relación entre la calidad y la precisión. Usando las tablas 01 y 02 y según las características del material en Minera Loma de Níquel, se tiene que:

Cuadro 3. Valores de calidad y precisión según lineamiento normativo para el caso de MLDN.

Característica	Valor
Mineral de tamaño +31,5 mm –6,3 mm	5
Mineral de tamaño +31,5 mm –6,3 mm y masa del lote de 0 a 15000 t	2,5

Fuente: Elaboración propia 2004

Entonces, usando la ecuación (20). Se tiene que $N = 16$ incrementos primarios mínimos. Es decir, que mínimo debe, el barredor primario, tomar 16 muestras de cada 600 t. Ahora bien, se sabe que las 600 t pasan en aproximadamente 2 h., y el barredor primario toma una muestra cada 180 s. Por lo tanto, aproximadamente toma 40 muestras cada 600 t, con lo que se cumpliría con este lineamiento.

4.7.6 Intervalo de muestreo

Según la ecuación 21, y tomando en cuenta que la masa del lote es 600 t, el caudal máximo de material es 340 TM/h y que se toman en promedio 40 incrementos primarios, se tiene que el intervalo de muestreo es de:

$$\Delta t \leq \frac{60 \cdot m_l}{q_{\max} \cdot n} \Rightarrow \Delta t \leq \frac{60 \cdot 600}{340 \cdot 40} \Rightarrow \Delta t \leq 2,64 \text{ min} \approx 158,4 \text{ s}$$

Es decir que el tiempo de toma de muestra del barredor primario debe ser, redondeando, 160 s. Esto tiene mucha importancia ya que el tiempo actual del barredor primario es de 180 s, con lo que se concluye que este tiempo es mucho mayor según el lineamiento de la norma.

Por todo lo antes expuesto se puede concluir que históricamente el sistema de muestreo secundario MMS posee las siguientes características:

- El comportamiento histórico de la variabilidad de pilas fue mejorado y homogeneizado después de cambiar el punto de muestreo en marzo 2003, al mejorar las características físicas del material.
- En la tabla 03 se observa la media de los analitos y la variabilidad. La desviación estándar de las pilas estudiadas es baja, pero si observamos los gráficos de control, estos poseen ciertos indicios de tendencias en la forma como se agrupan los datos.
- En la evaluación NVC 1776:2000, solo en el analito SiO_2 , el valor del cero (0) se encuentra dentro del intervalo de confianza. Tanto el Ni, Fe y el MgO poseen una tendencia negativa, es decir, los porcentajes de estos analitos en las MMS son más altos que los reportados en el Cierre de Pilas.
- Para la evaluación NVC 317:2000, la variación de la calidad del Ni se considera pequeña (por debajo de 3,75), pero, para los demás analitos existe una variación de la calidad grande (por encima de 5).
- Para la evaluación NVC 1812:2000, la precisión del Ni, SiO_2 y MgO se considera pequeña (por debajo de 2,5), pero, el Fe existe una precisión fuera del lineamiento (por encima de 2,5).
- Existen indicios de contaminación de material muestreado en la área que protege el barredor primario y en la forma como se diseñó la descarga del

reciclo del material sobrante que no es muestreado y es depositado antes del barredor primario.

- La trituración del muestreador es deficiente debido a que a los pines desgarradores se encuentran desgastados casi en su totalidad.
- Debido al problema de trituración, no se cumple el lineamiento de masa mínima según la NVC 3617:2000 ya que esta ligado al tamaño del material.
- El barredor primario posee una velocidad alta según el lineamiento de velocidad de cortadores de la NVC 3617:2000. El barredor secundario no cumple con el lineamiento de la abertura según la misma norma, debido a que está diseñado para una granulometría de 12,5 mm.
- Según el CVM, la cantidad de masa que llega al laboratorio como MMS posee una alta variabilidad.
- El barredor primario cumple con los incrementos mínimos según el lineamiento de la NVC 3617:2000.
- El intervalo de muestreo para el barredor primario debería ser menor al lineamiento de la NVC 3617:2000.

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

5.1 ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

Los gráficos descriptivos de la estadística para las combinaciones estudiadas se observan en el apéndice D. Se resumen los resultados en la tabla 11 y como se observa, el comportamiento de los histogramas es heterogéneo entre datos de una misma combinación, por lo que no se observa claramente un patrón de comportamiento e incluso discernir acerca de los factores que influyen en ellos.

Tabla 11 Resumen estadístico de las combinaciones estudiadas.

	Comb	Ni		Fe		SiO ₂		MgO	
		Media	Desvest	Media	Desvest	Media	Desvest	Media	Desvest
Barredor Primario	1606	1,784	0,077	16,224	1,033	34,664	1,270	25,599	1,140
	1608	1,681	0,085	17,423	1,367	33,297	1,256	23,703	1,181
	1610	1,772	0,084	15,438	1,311	35,276	1,127	26,127	1,048
	1806	1,762	0,069	16,134	0,879	34,690	0,787	25,577	0,707
	1808	1,745	0,078	17,916	1,010	33,539	0,734	23,887	0,821
	18010	1,785	0,081	17,339	0,805	34,827	0,690	25,329	0,810
	2006	1,765	0,093	19,612	1,112	34,387	0,886	25,078	0,874
	2008	1,807	0,067	16,785	1,285	34,694	1,075	25,436	1,160
	20010	1,829	0,070	16,695	0,862	34,808	0,900	25,496	0,836
Barredor Secundario	1606	1,784	0,074	15,794	1,288	34,963	1,080	25,772	0,979
	1608	1,676	0,074	16,249	1,294	34,422	1,180	24,824	1,110
	1610	1,781	0,088	14,692	1,165	35,695	1,005	26,629	1,140
	1806	1,773	0,078	15,177	0,985	35,248	0,871	26,235	0,862
	1808	1,690	0,092	16,281	1,301	34,496	1,051	24,661	1,071
	18010	1,724	0,097	15,778	1,329	35,883	1,201	26,187	1,237
	2006	1,765	0,093	16,061	1,363	35,200	0,934	25,895	1,093
	2008	1,780	0,084	15,533	1,457	35,571	1,359	26,571	1,439
	20010	1,804	0,093	15,344	0,964	35,828	1,000	26,545	0,974

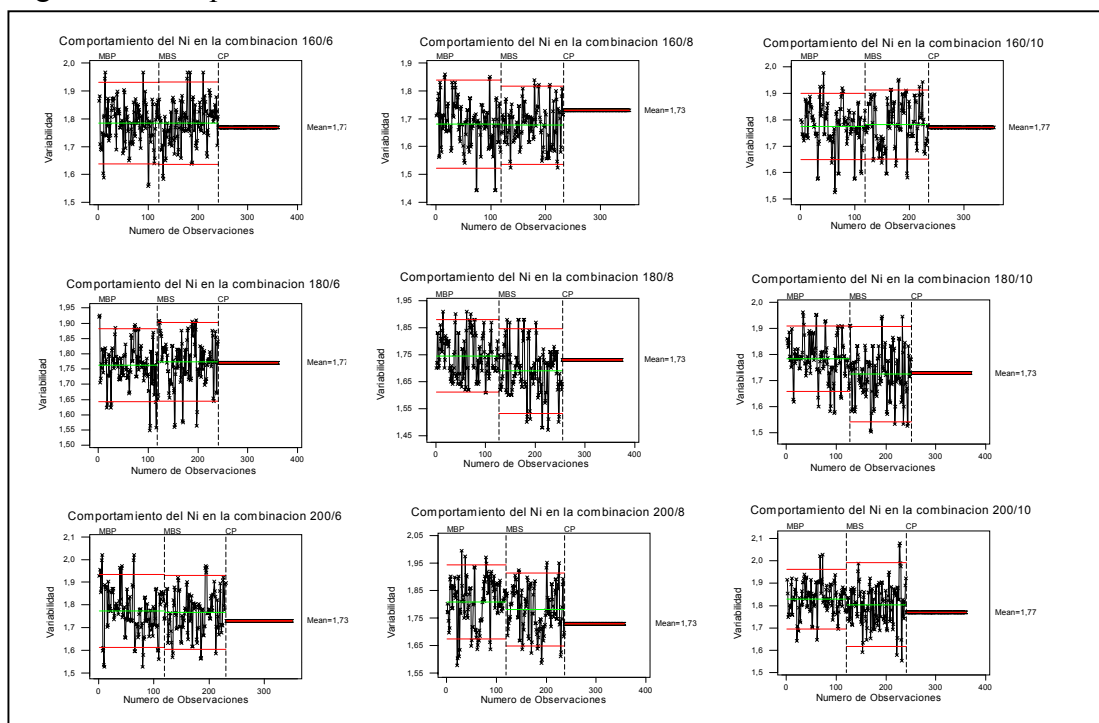
Fuente: Elaboración propia 2004

5.2 ANÁLISIS DE GRÁFICOS DE CONTROL

La representación de los resultados en gráficas de control se realizó por combinación y se agrupó por analito (figuras 29, 30, 31 y 32). Cada gráfica de control está compuesta por tres subgrupos de datos. El primer subgrupo de datos (de izquierda a derecha en cada gráfico de control) está representado por los resultados de las muestras del barredor primario para la combinación estudiada. El segundo subgrupo de datos está representado por los resultados de las muestras del barredor secundario para la misma combinación. Y el tercer subgrupo representa el porcentaje del analito analizado para la pila muestreada.

Esta agrupación tiene la finalidad de representar en cada gráfico las variaciones entre los tres subgrupos, pero no solo según la variabilidad sino también en las medias de las subpoblaciones.

Figura 29. Comportamiento del Ni en las combinaciones de estudio.

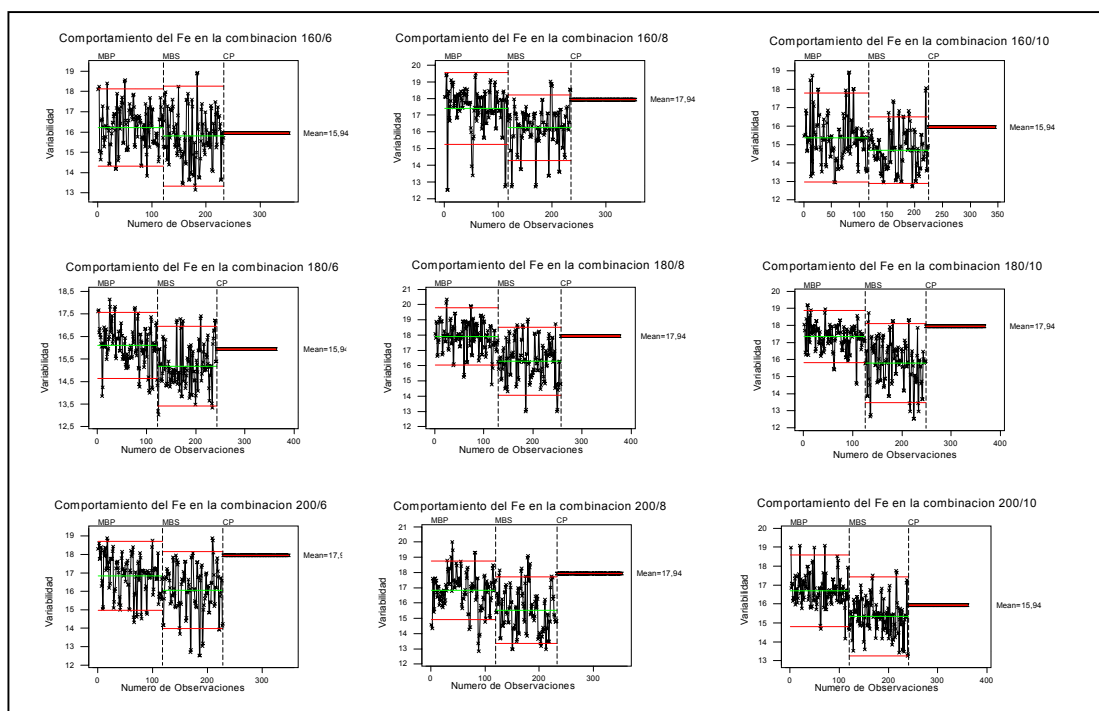


Fuente: Elaboración propia 2004

Obsérvese (figura 29) como para el Níquel existe cercanía entre las medias de los tres subgrupos (barredor primario, barredor secundario y cierre de pila), excepto en el caso de las combinaciones 1808 y 18010. De igual manera pasa con la variabilidad entre las muestras que conforman al barredor primario con las del barredor secundario a excepción 1808, 18010 y 20010.

Para el caso de Hierro (figura 30) las diferencias entre medias se hacen más resaltantes entre los barredores, pero mayormente con el cierre de pila como en las combinaciones 2006 y 2008. Existe, no obstante algo interesante, y es que para las combinaciones 1608, 16010, 1806, 1808 y 18010 existe similitud entre la media del barredor primario y el cierre de pila, lo que hace suponer que el barredor secundario es el sesgado en estos casos. Además, se observa que para este analito, la variabilidad entre los barredores es prácticamente de igual tamaño a excepción de la combinación 18010.

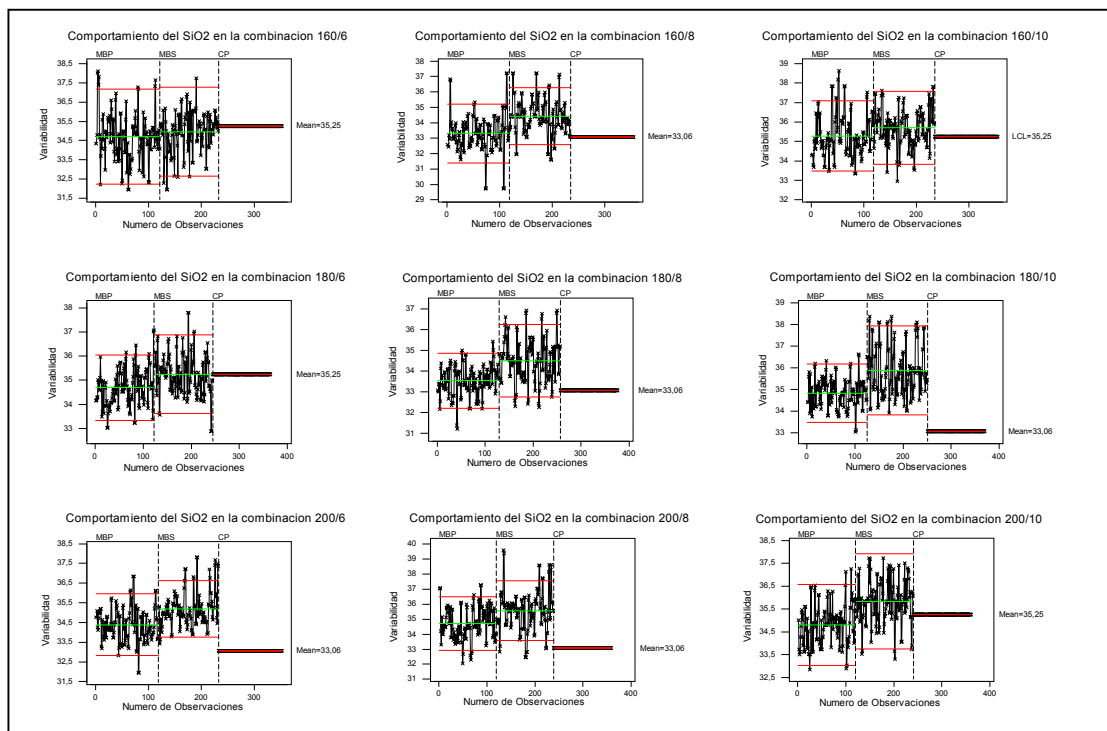
Figura 30. Comportamiento del Fe en las combinaciones de estudio.



Fuente: Elaboración propia 2004

El caso del Silicio (figura 31) es muy similar al del Hierro, las diferencias entre medias se hacen más resaltantes entre los barredores, pero mayormente con el cierre de pila como en las combinaciones 18010, 2006 y 2008. También existe similitud entre la media del barredor primario y el cierre de pila para las combinaciones 1608, 16010 y 20010 lo que hace suponer, que el barredor secundario es el sesgado en estos casos. Además, se observa que para este analito, la variabilidad entre los barredores es prácticamente de igual tamaño a excepción de las combinaciones 1808, 18010 y 20010.

Figura 31. Comportamiento del SiO₂ en las combinaciones de estudio.

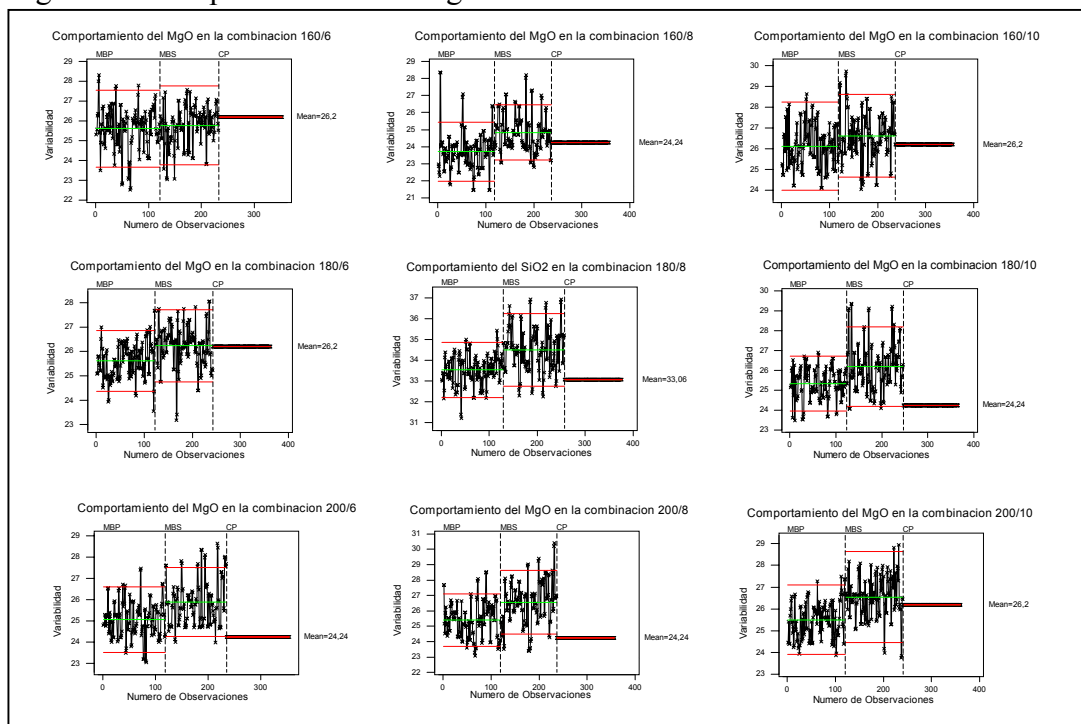


Fuente: Elaboración propia 2004

El Magnesio también tiene características similares a las descritas en el Silicio y el Hierro, pero existe algo todavía mas interesante y es que el comportamiento de las gráficas del Silicio y el Magnesio son muy similares, por ejemplo la combinación 2008 en el Silicio, fíjese que se empieza con la media del barredor primario, luego la media del barredor secundario está más arriba porque es mayor y después se observa

a la media del cierre de pila que se encuentra muy cercana al limite inferior del grupo del barredor secundario. Ahora al observar la misma combinación en el Magnesio, se tiene que poseen el mismo tipo de comportamiento aunque las cantidades numéricas sean totalmente distintas. Este ejemplo se repite aproximadamente para todas las combinaciones lo que hace suponer que estos dos analitos se comportan de forma muy similar dentro del mineral o existe factores en el muestreo que inducen este comportamiento.

Figura 32. Comportamiento del MgO en las combinaciones de estudio.



Fuente: Elaboración propia 2004

Como puede observarse en las gráficas, y en general, existe una gran diferencia entre las medias de los subgrupos estudiados. Recuerde que, idealmente las medias deberían ser similares entre ellas. No obstante, esto no ocurre. En la tabla 12 se resume las medias de los subgrupos, en donde BP representa las muestras del barredor primario, BS las muestras del barredor secundario, y CP el cierre de pila.

Tabla 12 Resumen de medias según el subgrupo para cada combinación.

	1606			1608			16010		
Promedios	BP	BS	CP	BP	BS	CP	BP	BS	CP
Ni	1,7848	1,7846	1,77	1,681	1,6766	1,73	1,7729	1,7819	1,77
Fe	16,2246	15,7974	15,94	17,4232	16,2493	17,94	15,4381	14,6923	15,94
SiO ₂	34,6641	34,9638	35,25	33,2978	34,4228	33,69	35,2672	35,6953	35,25
MgO	25,5999	25,7725	26,2	23,7036	24,8244	24,24	26,127	26,6299	26,2
	1806			1808			18010		
Promedios	BP	BS	CP	BP	BS	CP	BP	BS	CP
Ni	1,7629	1,7738	1,77	1,7451	1,6905	1,73	1,7858	1,7241	1,73
Fe	16,1348	15,1773	15,94	17,9165	16,2816	17,94	17,3399	15,7788	17,94
SiO ₂	34,6908	35,2486	35,25	33,5391	34,4968	33,69	34,8279	35,8833	33,69
MgO	25,5776	26,2354	26,2	23,887	24,6616	24,24	25,3296	26,1873	24,24
	2006			2008			20010		
Promedios	BP	BS	CP	BP	BS	CP	BP	BS	CP
Ni	1,7702	1,7653	1,73	1,8079	1,7893	1,73	1,8293	1,8043	1,77
Fe	16,9125	16,0618	17,94	16,7858	15,5338	17,94	16,6954	15,3442	15,94
SiO ₂	34,8863	35,2001	33,69	34,6942	35,571	33,69	34,8088	35,8288	35,25
MgO	25,0784	25,8951	24,24	25,4363	26,571	24,24	25,4962	26,5459	26,2

Fuente: Elaboración propia 2004

Y las diferencias entre medias se resumen en la tabla 13.

Tabla 13 Resumen de diferencias entre medias de subgrupos para cada combinación.

	1606			1608			16010		
Diferencias	BP-BS	BS-CP	CP-BP	BP-BS	BS-CP	CP-BP	BP-BS	BS-CP	CP-BP
Ni	0,0002	0,0146	0,0148	0,0044	0,0534	0,049	0,009	0,0119	0,0029
Fe	0,4272	0,1426	0,2846	1,1739	1,6907	0,5168	0,7458	1,2477	0,5019
SiO ₂	0,2997	0,2862	0,5859	1,125	0,7328	0,3922	0,4281	0,4453	0,0172
MgO	0,1726	0,4275	0,6001	1,1208	0,5844	0,5364	0,5029	0,4299	0,073
	1806			1808			18010		
Diferencias	BP-BS	BS-CP	CP-BP	BP-BS	BS-CP	CP-BP	BP-BS	BS-CP	CP-BP
Ni	0,0109	0,0038	0,0071	0,0546	0,0395	0,0151	0,0617	0,0059	0,0558
Fe	0,9575	0,7627	0,1948	1,6349	1,6584	0,0235	1,5611	2,1612	0,6001
SiO ₂	0,5578	0,0014	0,5592	0,9577	0,8068	0,1509	1,0554	2,1933	1,1379
MgO	0,6578	0,0354	0,6224	0,7746	0,4216	0,353	0,8577	1,9473	1,0896

Diferencias	2006			2008			20010		
	BP-BS	BS-CP	CP-BP	BP-BS	BS-CP	CP-BP	BP-BS	BS-CP	CP-BP
Ni	0,0049	0,0353	0,0402	0,0186	0,0593	0,0779	0,025	0,0343	0,0593
Fe	0,8507	1,8782	1,0275	1,252	2,4062	1,1542	1,3512	0,5958	0,7554
SiO₂	0,3138	1,5101	1,1963	0,8768	1,881	1,0042	1,02	0,5788	0,4412
MgO	0,8167	1,6551	0,8384	1,1347	2,331	1,1963	1,0497	0,3459	0,7038

Fuente: Elaboración propia 2004

Las diferencias pueden deberse a muchos factores, de los cuales se pueden nombrar:

- El barrido de las muestras no es efectivo.
- La masa de las muestras es pequeña.
- El material es muy heterogéneo.
- Existe contaminación del material muestreado.
- La variabilidad en la preparación y medición de muestras en el laboratorio es muy alta.

Analizando la tabla de diferencias, se observa que son muy variadas y no se observa un patrón o se puede decidir sobre que combinación es la mejor.

En el laboratorio de MLDN se utiliza un método que permite jerarquizar las diferencias y esta es, utilizando el cálculo de áreas (apéndice G). Si se calcula el área de los polígonos formados por las diferencias de los subgrupos y las sumamos, obtendremos agrupar las tres diferencias y jerarquizar por analito. Esto puede observarse en la tabla 14. Ahora bien, al clasificar estas áreas por combinación y sumar el área de cada analito correspondiente, se jerarquiza aun más las combinaciones, ya que ahora se estudian no tanto como elementos separados, sino como una agrupación de elementos químicos, es decir, se estudia su comportamiento mineral

El área del polígono es igual a la suma de las áreas entre diferencias. Para el caso, se observa que cada área entre diferencias es un triángulo. Por lo tanto, solo se necesitan dos diferencias consecutivas y el ángulo entre ellas para conocer el área.

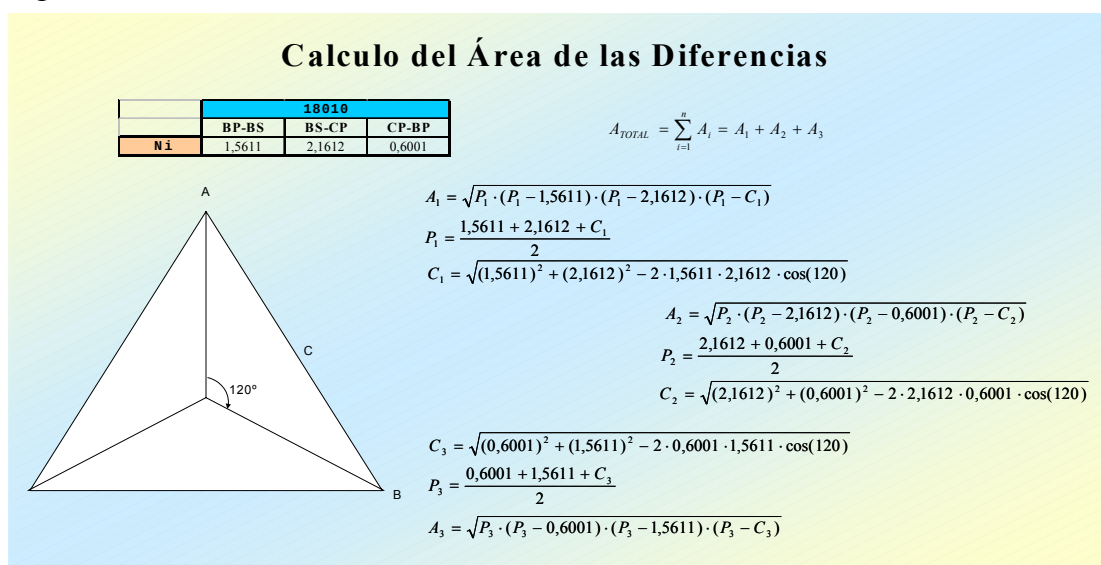
El área de cada triángulo viene expresada por la siguiente ecuación:

$$A = \sqrt{P \cdot (P - A) \cdot (P - B) \cdot (P - C)} \quad (25)$$

Donde:
$$P = \frac{A + B + C}{2} \quad (26)$$

Y
$$C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2 \cdot A \cdot B \cdot \cos(\alpha)} ; \alpha = 120^\circ \quad (27)$$

Figura 33. Modelo de cálculo de área.



Fuente: Elaboración propia 2004

Tabla 14 Resumen de las áreas para cada analito y total.

COMBINACION	Ni	Fe	SiO ₂	MgO	Área total
1606	6.444E-05	0.065	0.125	0.126	0.315
1608	8.904E-04	1.006	0.451	0.456	1.913
16010	4.869E-05	0.561	0.060	0.083	0.703
1806	4.232E-05	0.309	0.091	0.132	0.532
1808	1.039E-03	0.810	0.302	0.217	1.330
18010	1.201E-03	1.628	1.745	1.372	4.746
2006	5.194E-04	1.278	0.771	0.994	3.043
2008	2.082E-03	2.100	1.283	1.971	5.357
20010	1.270E-03	0.661	0.376	0.391	1.429

Fuente: Elaboración propia 2004

Puede observarse que para un valor de tiempo fijo en el barredor secundario y al variar el tiempo del barredor primario de menor a mayor, el área aumenta, lo que indica que para tiempos elevados en el barredor primario aumentan las diferencias entre los subgrupos estudiados. Pero si se fija el tiempo del barredor primario y se hace variar el tiempo del secundario de la misma manera, no hay un patrón claro de comportamiento. Solo se dice, que en general, los tiempos bajos disminuyen las diferencias pero depende de la combinación de tiempo entre barredores.

De esta manera, se facilita decidir que combinación es la más adecuada para cada analito y en general para la muestra mineral, ya que la combinación que posea menor área total, será la que menos diferencias tenga entre medias de subgrupos (barredor primario, barredor secundario, cierre de pila). Como puede observarse, para el Ni, la combinación más adecuada es la 1806, para el Fe, 1606, y para el SiO₂ y MgO, 16010. Ahora bien, como la muestra mineral está formada por la agrupación de estos cuatro analitos y se busca las mejores cuatro combinaciones se tiene que en primer lugar se encuentra la combinación 1606, y le siguen las combinaciones 1806, 16010 y 1808 respectivamente.

5.3 EVALUACIÓN DE TENDENCIA EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

Primeramente se agrupan los datos de tal manera que se pueda observar el comportamiento de cada nivel de tiempo para los 4 diferentes elementos, pero con la salvedad de que los datos fuesen del mismo tipo de material (proveniente de una misma pila de homogenización). Cada agrupación está definida para cada analito: Ni, Fe, SiO₂ y MgO y quedó de la siguiente manera:

Cuadro N° 04 Agrupaciones de tiempo por combinaciones.

Agrupación de tiempo para una misma pila	Combinaciones que la conforman
<i>160 s</i>	<i>1606 y 16010</i>
<i>180 s</i>	<i>1808 y 18010</i>
<i>200 s</i>	<i>2006 y 2008</i>
<i>6 s</i>	<i>1606 y 1806</i>
<i>8 s</i>	<i>1608, 1808 y 2008</i>
<i>10 s</i>	<i>16010 y 20010</i>
<i>BP</i>	<i>1608, 1808, 18010, 2006 y 2008</i>
<i>BS</i>	<i>1608, 1808, 18010, 2006 y 2008</i>

Fuente: Elaboración propia 2004

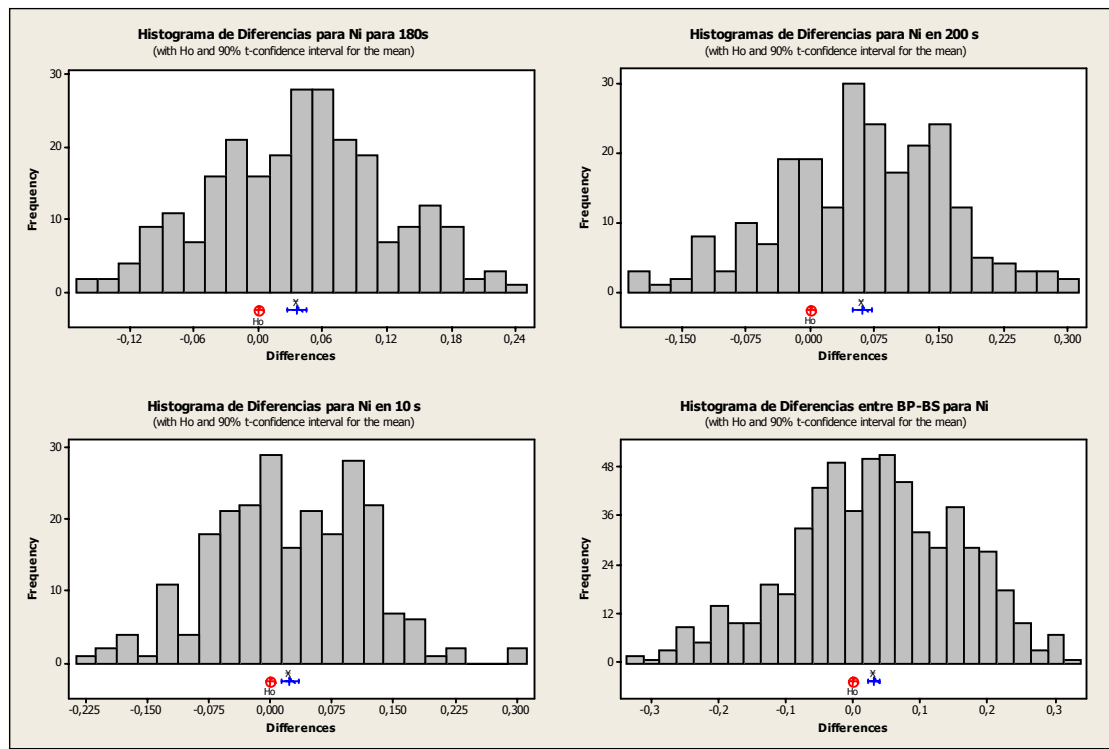
Para este análisis se realizan pruebas t pareada (t student al 90%) para la evaluación de la tendencia. La condición necesaria para que pueda realizarse una t pareada es que ambas poblaciones tengan un comportamiento normal de distribución. Por lo tanto, lo primero que se realizó fue evaluar el comportamiento de la data.

Se realizó un estudio de normalidad a las agrupaciones para comprobar si podían ser usadas para la evaluación de la tendencia. Para ello se evalúa el valor numérico del P-Value en las agrupaciones, si este valor es menor a 0,1 entonces se dice que la data no posee un comportamiento normal de distribución. Las agrupaciones que no mostraron comportamiento normal fueron: Ni160, Ni6, Ni8, Fe180, Fe200, Fe6, Fe8, SiO₂160, SiO₂200, SiO₂6, SiO₂8, SiO₂210, MgO180, MgO200, MgO6, MgO8, MgO10, BPFe, BSFe, BSSiO₂ y BSMgO. Es decir, que el 65 % de las agrupaciones no muestran un comportamiento normal y, por lo tanto, a estas agrupaciones no se les puede realizar evaluación de tendencia.

En el apéndice E, se muestra los test de normalidad para todas las agrupaciones y con sus respectivos P-Value, los cuales deben ser mayores a 0,1, para que efectivamente estas poblaciones puedan ser evaluadas mediante t pareada. Las agrupaciones que no posean un P-Value mayor a 0,1 no se les aplicó la evaluación de tendencia.

En las figuras 34 y 35, se observan los histogramas de diferencias de las pruebas de t pareadas para las agrupaciones normales. En ellas puede observarse la representación gráfica del histograma de diferencias. Se toma como hipótesis nula (H_0) el valor de cero (0), el T-Value es usado para el calculo del P-Value, en este caso, el P-Value no representa a la normalidad sino que es la probabilidad para que la hipótesis nula sea cierta, este valor debe ser al menos igual que la probabilidad de cometer un error tipo I y que normalmente esta referido al nivel de significancia.

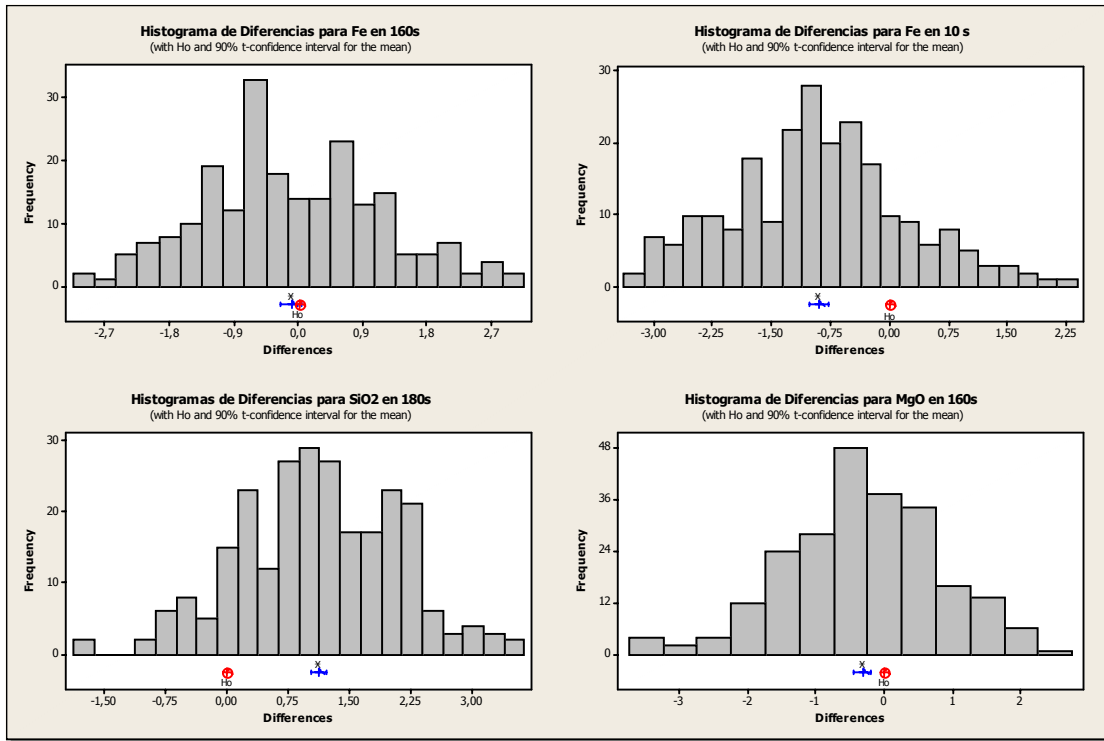
Figura 34. Histogramas de diferencias para las agrupaciones con comportamiento normal.



Fuente: Elaboración propia 2004

De las muestras provenientes del barredor secundario se posee información del nivel de tiempo de 10 s en Ni y Fe, y se denota que el Ni posee tendencia positiva mientras que el Fe una tendencia negativa.

Figura 35. Histogramas de diferencias para las agrupaciones con comportamiento normal.



Fuente: Elaboración propia 2004

Ahora bien, para el análisis entre barredores, solo se posee información del elemento Ni, y, como puede verse, el valor cero (0) no se encuentra incluido en el intervalo de confianza, y esto también es respaldado por el P-Value, el cual es menor a 0,1 (nivel de significancia para una probabilidad del 90%), lo que comprueba que existe tendencia entre los barredores que componen el sistema de muestreo. La tendencia es de tipo positiva, es decir, que los porcentajes de Ni en las muestras del barredor primario son más altos que en el barredor secundario. Se sabe de antemano que la mayor concentración de Ni se encuentra en los finos, por lo tanto, y según lo antes mencionado, se puede decir que el barredor secundario no realiza un muestreo confiable de finos por lo que existe esta disparidad

En consecuencia la mayoría de las agrupaciones evidencian tendencia. La conclusión de esta evaluación es que existen evidencias que sustentan la existencia de

tendencias dentro del sistema de muestreo que afectan la representatividad del material.

5.4 EVALUACIÓN DE CALIDAD EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados de los análisis químicos se agrupan de manera que se pueda conocer la variación de la calidad para cada barredor de manera independiente.

Para el barredor primario se tiene que:

$$\sigma_{WBP} = \sqrt{N_5} \cdot \frac{\bar{R}}{d_2} \quad R_i = |X_i - X_{i+2}| \quad (25)$$

Donde: $N_5 = 1$ incremento.

$1/d_2 = 0.8862$.

R es la diferencia de resultados entre muestras alternadas.

Y los resultados son:

Tabla 15 Sigma de calidad del barredor primario.

	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
$\sigma_{WBP} (Ni)$	0,107	0,112	0,099	0,030	0,008	0,017	0,131	0,084	0,075
$\sigma_{WBP} (Fe)$	1,437	1,633	3,368	1,212	1,384	1,058	0,922	1,409	1,052
$\sigma_{WBP} (SiO_2)$	1,764	1,459	1,095	0,940	0,928	0,933	1,184	1,290	1,069
$\sigma_{WBP} (MgO)$	1,423	1,285	1,138	0,943	1,061	1,029	1,114	1,213	0,865

Fuente: Elaboración propia 2004

Para el barredor secundario se tiene que:

$$\sigma_{WBS} = \sqrt{N_5} \cdot \frac{\overline{R}}{d_2} \quad R_i = |X_i - X_{i+2}| \quad (26)$$

Donde,

N_5 es igual al promedio de incrementos para los diferentes tiempos del barredor:

Para TBS = 6 el promedio de incrementos es 6, entonces $N_5 = 6$.

Para TBS = 8 el promedio de incrementos es 4, entonces $N_5 = 4$.

Para TBS = 10 el promedio de incrementos es 3, entonces $N_5 = 3$.

$1/d_2 = 0.8862$.

R es la diferencia de resultados entre muestras alternadas.

Y los resultados son:

Tabla 16 Sigma de calidad para el barredor secundario.

	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
$\sigma_{WBS} (Ni)$	0,225	0,230	0,158	0,050	0,022	0,254	0,311	0,216	0,230
$\sigma_{WBS} (Fe)$	3,894	2,830	2,509	2,671	2,952	3,199	3,918	3,249	2,162
$\sigma_{WBS} (SiO_2)$	3,499	3,252	2,282	2,836	2,448	2,455	2,447	2,766	2,433
$\sigma_{WBS} (MgO)$	2,923	2,742	2,986	2,829	2,205	2,838	3,170	3,206	2,048

Fuente: Elaboración propia 2004

Por lo tanto la variación de calidad para cada analito y en función de cada barredor es:

Tabla 17 Sigma de calidad por analito según la combinación estudiada.

Ni	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
σ_{WBP}	0,107	0,112	0,099	0,030	0,008	0,017	0,131	0,084	0,075
σ_{WBS}	0,225	0,230	0,158	0,050	0,022	0,254	0,311	0,216	0,230

Fe	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
σ_{WBP}	1,437	1,633	3,368	1,212	1,384	1,058	0,922	1,409	1,052
σ_{WBS}	3,894	2,830	2,509	2,671	2,952	3,199	3,918	3,249	2,162

SiO ₂	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
σ_{WBP}	1,764	1,459	1,095	0,940	0,928	0,933	1,184	1,290	1,069
σ_{WBS}	3,499	3,252	2,282	2,836	2,448	2,455	2,447	2,766	2,433

MgO	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
σ_{WBP}	1,423	1,285	1,138	0,943	1,061	1,029	1,114	1,213	0,865
σ_{WBS}	2,923	2,742	2,986	2,829	2,205	2,838	3,170	3,206	2,048

Fuente: Elaboración propia 2004

Ahora bien para tomar la decisión de que combinación es la tiene la menor variación de la calidad para los cuatro elementos estudiados, los datos se agrupan por tiempo de la siguiente manera:

Tabla 18 Agrupación de sigmas de calidad según frecuencia de tiempos.

TBP (s)	Ni (6)	Ni (8)	Ni (10)	Fe (6)	Fe (8)	Fe (10)	SiO ₂ (6)	SiO ₂ (8)	SiO ₂ (10)	MgO (6)	MgO (8)	MgO (10)
160	0,107	0,112	0,099	1,437	1,633	3,368	1,764	1,459	1,095	1,423	1,285	1,138
180	0,03	0,008	0,017	1,212	1,384	1,058	0,94	0,928	0,933	0,943	1,061	1,029
200	0,131	0,084	0,075	0,922	1,409	1,052	1,184	1,29	1,069	1,114	1,213	0,865

TBS (s)	Ni (6)	Ni (8)	Ni (10)	Fe (6)	Fe (8)	Fe (10)	SiO ₂ (6)	SiO ₂ (8)	SiO ₂ (10)	MgO (6)	MgO (8)	MgO (10)
6	0,225	0,050	0,311	3,894	2,671	3,918	3,499	2,836	2,447	2,923	2,829	3,170
8	0,230	0,022	0,216	2,830	2,952	3,249	3,252	2,448	2,766	2,742	2,205	3,206
10	0,158	0,254	0,230	2,509	3,199	2,162	2,282	2,455	2,433	2,986	2,838	2,048

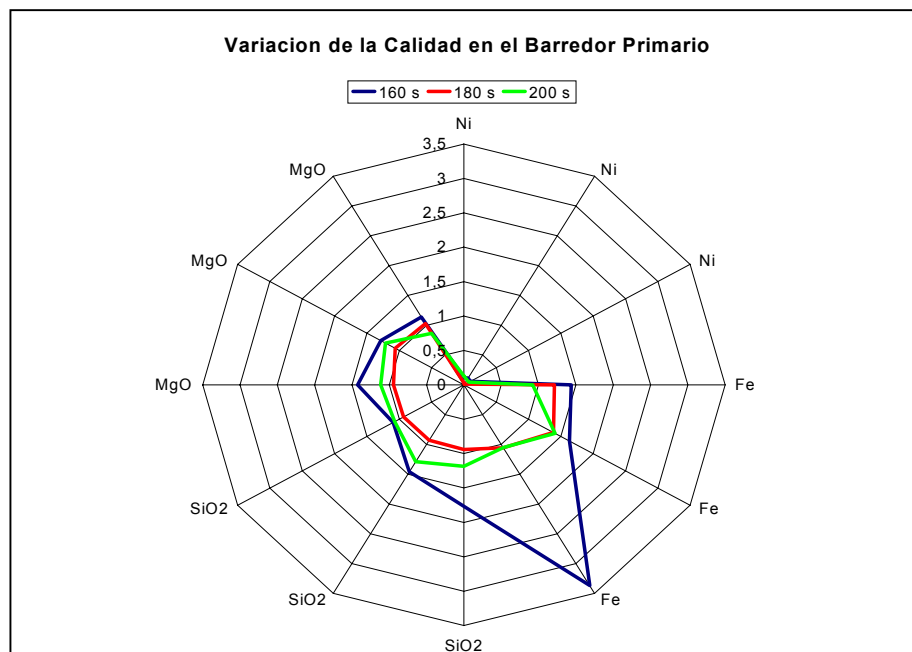
Fuente: Elaboración propia 2004

Con este tipo de agrupación puede realizarse un gráfico radial en donde puede representarse como, en función del tiempo, varia la calidad para cada elemento. Cada intervalo de tiempo genera un polígono, y cada polígono encierra un área. Para tomar la decisión de que intervalo de tiempo es el mejor se escoge el polígono con menor área. Recuérdese que la variación de la calidad es una expresión de error y, mientras menor sea esta variación, mejor precisión se tendrán en los resultados.

Para el barredor primario se tiene los tiempos 160, 180 y 200 respectivamente. La figura 36 representa a cada tiempo BP por un polígono. Puede observarse que para el Ni, los tres tiempos expresan resultados muy similares. Ya para los demás elementos se empieza a observar variaciones entre los polígonos. Se puede decir que los polígonos entre si son muy similares.

Recuérdese que según los lineamientos normativos de calidad (NVC 1812:2000), y para las características del material en MLDN, la variación de la calidad se considera baja si es menor a 3, 75. Puede observarse todas las combinaciones se mantiene por debajo de este valor.

Figura 36 Polígonos de calidad en función del barredor primario.



Fuente: Elaboración propia 2004

El área del polígono es igual a la suma de las áreas entre variaciones. Para el caso, se observa que cada área entre variaciones es un triángulo. Por lo tanto, solo se necesitan dos variaciones consecutivas y el ángulo entre ellas para conocer el área.

El área de cada triángulo viene expresada por las ecuaciones 25, 26 y 27 del punto 5.2, donde para el caso de la figura 30, $\alpha = 30^\circ$ y, (A,B) son variaciones consecutivas. Realizado este cálculo se tiene que:

Tabla 19 Resumen de áreas de los polígonos de calidad del barredor primario.

BP	160	180	200
Área	11,409	4,396	5,298

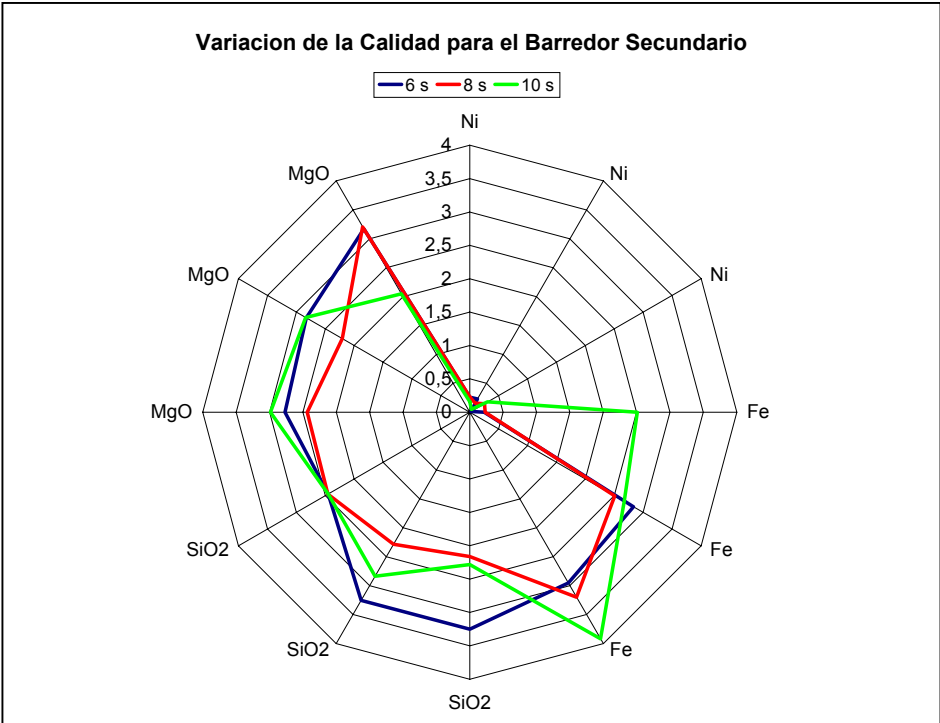
Fuente: Elaboración propia 2004

Con este resultado, se deduce que el tiempo del barredor primario de menor variación de la calidad para los cuatro analitos estudiados es 180 s ya que el polígono generado por las diferentes variaciones de calidad de las combinaciones estudiadas con ese tiempo es el de menor área

Ahora bien, para el barredor secundario se tienen los tiempos 6, 8, y 10 respectivamente. La figura 37 representa a cada tiempo BS por un polígono.

Puede observarse que, de forma similar al barredor primario, en el Ni, los tres tiempos expresan resultados muy bajos. Y, ya para los demás elementos, se empieza a observar grandes variaciones entre los polígonos. Puede observarse, que la variación de la calidad para el barredor secundario es más alta que en el barredor primario. Los polígonos entre si son más irregulares y menos similares que en el caso del barredor primario.

Figura 37 Polígonos de calidad en función del barredor secundario.



Fuente: Elaboración propia 2004

De manera similar, si calculamos el área de los polígonos tenemos que:

Tabla 20. Resumen de áreas de los polígonos de calidad del barredor primario.

BS	6	8	10
Área	30,342	22,392	30,749

Fuente: Elaboración propia 2004

Por lo tanto, se deduce que el tiempo del barredor secundario de menor variación de la calidad para los cuatro analitos estudiados es 8 s ya que, al igual que lo expresado anteriormente, el polígono generado por las diferentes variaciones de calidad de las combinaciones estudiadas con ese tiempo es el de menor área.

Si comparamos las dos gráficas y las áreas, observaremos que la variación de la calidad en el barredor primario prácticamente se duplica en el barredor secundario, con lo que se deduce que el barredor secundario es menos preciso que el barredor primario. Si observamos el comportamiento de los polígonos del barredor secundario,

se observa que variar el tiempo en el primario puede cambiar la calidad del barredor secundario, lo que evidencia la intrínseca relación de dependencia en la calidad del barredor secundario con respecto a la frecuencia del barredor primario.

5.5 EVALUACIÓN DE PRECISION EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

Los resultados químicos se agrupan de manera que se pueda conocer la desviación combinada para cada barredor de manera independiente.

Para el barredor primario se tiene que:

$$\sigma_{SBP} = \frac{\sigma_{WBP}}{\sqrt{N_T}} \quad (27)$$

Donde:

N_T = total de muestras recogidas en el barredor primario para la combinación respectiva.

$$\text{Para } \sigma_{MBP} \text{ se tiene que } \sigma_{MBP} = \frac{\overline{R}}{d_2} \quad R_i = |A_i - B_i| \quad (28)$$

Donde:

R es la diferencia entre mediciones consecutivas para una misma muestra.

La desviación estándar introducida en la preparación de muestras (σ_{BP}) se obtiene del control de preparación de muestras del laboratorio.

Y los resultados son:

Tabla 21 Sigma de medición para el barredor primario.

	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
$\sigma_{m_{BP}} (Ni)$	0,051	0,016	0,016	0,003	0,003	0,006	0,027	0,029	0,033
$\sigma_{m_{BP}} (Fe)$	0,673	0,166	0,406	0,156	0,212	0,255	0,238	0,507	0,515
$\sigma_{m_{BP}} (SiO_2)$	0,754	0,161	0,226	0,211	0,192	0,226	0,184	0,515	0,433
$\sigma_{m_{BP}} (MgO)$	0,545	0,117	0,290	0,145	0,154	0,216	0,146	0,432	0,391

Fuente: Elaboración propia 2004

Tabla 22. Sigma de muestreo para el barredor primario.

	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
$\sigma_{SBP} (Ni)$	0,014	0,014	0,013	0,004	0,001	0,002	0,017	0,011	0,010
$\sigma_{SBP} (Fe)$	0,186	0,211	0,435	0,157	0,179	0,137	0,119	0,182	0,136
$\sigma_{SBP} (SiO_2)$	0,228	0,188	0,141	0,121	0,120	0,120	0,153	0,167	0,138
$\sigma_{SBP} (MgO)$	0,184	0,166	0,147	0,122	0,137	0,133	0,144	0,157	0,112

Fuente: Elaboración propia 2004

Tabla 23 Sigma de preparación para el barredor primario.

	Ni	Fe	SiO ₂	MgO
$\sigma_{p_{BS}}$	2,063	2,032	1,343	1,040

Fuente: Elaboración propia 2004

Para el barredor secundario se tiene que:

$$\sigma_{SBS} = \frac{\sigma_{WBS}}{\sqrt{N_T}} \quad (29)$$

Donde:

N_T = total de muestras recogidas en el barredor secundario para la combinación respectiva.

Para $\sigma_{m_{BS}}$ se tiene que

$$\sigma_{m_{BS}} = \frac{\overline{R}}{d_2} \quad R_i = |A_i - B_i| \quad (30)$$

Donde:

R es la diferencia entre mediciones consecutivas para una misma muestra.

La variación de la calidad en función de la preparación de muestras (σ_{pBS}) se obtiene del control de preparación de muestras del laboratorio.

Y los resultados son:

Tabla 24. Sigma de medición para el barredor secundario.

	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
σ_{mBS} (Ni)	0,065	0,015	0,016	0,006	0,003	0,020	0,021	0,037	0,032
σ_{mBS} (Fe)	1,096	0,138	0,154	0,209	0,275	0,202	0,190	0,361	0,475
σ_{mBS} (SiO ₂)	0,949	0,140	0,282	0,217	0,191	0,240	0,183	0,563	0,410
σ_{mBS} (MgO)	0,783	0,106	0,203	0,159	0,184	0,149	0,128	1,247	0,442

Fuente: Elaboración propia 2004

Tabla 25. Sigma de muestreo para el barredor secundario.

	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
σ_{SBS} (Ni)	0,029	0,030	0,020	0,006	0,003	0,033	0,040	0,028	0,030
σ_{SBS} (Fe)	0,503	0,365	0,324	0,345	0,381	0,413	0,506	0,419	0,279
σ_{SBS} (SiO ₂)	0,452	0,420	0,295	0,366	0,316	0,317	0,316	0,357	0,314
σ_{SBS} (MgO)	0,377	0,354	0,385	0,365	0,285	0,366	0,409	0,414	0,264

Fuente: Elaboración propia 2004

Tabla 26. Sigma de preparación para el barredor secundario.

	Ni	Fe	SiO ₂	MgO
σ_{pBS}	2,063	2,032	1,343	1,040

Fuente: Elaboración propia 2004

Recuérdese que para esta evaluación solo es necesario duplicar la desviación combinada, por lo tanto los resultados son:

Tabla 27 Precisión por analito para cada combinación estudiada.

Ni	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
β_{SPM} BP	4,128	4,127	4,127	4,127	4,127	4,127	4,127	4,127	4,128
β_{SPM} BS	4,139	4,128	4,128	4,127	4,127	4,128	4,129	4,130	4,129

Fe	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
β_{SPM} BP	4,297	4,099	4,235	4,088	4,102	4,105	4,099	4,204	4,201
β_{SPM} BS	6,809	4,166	4,150	4,206	4,278	4,206	4,290	4,394	4,420

SiO ₂	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
β_{SPM} BP	1,557	1,366	1,370	1,365	1,362	1,368	1,365	1,448	1,418
β_{SPM} BS	2,722	1,435	1,459	1,490	1,432	1,441	1,451	1,789	1,552

MgO	1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010
β_{SPM} BP	2,377	2,120	2,179	2,115	2,121	2,141	2,120	2,274	2,234
β_{SPM} BS	4,427	2,238	2,362	2,339	2,279	2,265	2,322	5,469	2,636

Fuente: Elaboración propia 2004

De forma similar que con la evaluación de la calidad, se realizó un gráfico radial (figura 38 y 39). Para tomar la decisión de que intervalo de tiempo es el mejor, se escoge el polígono con menor área.

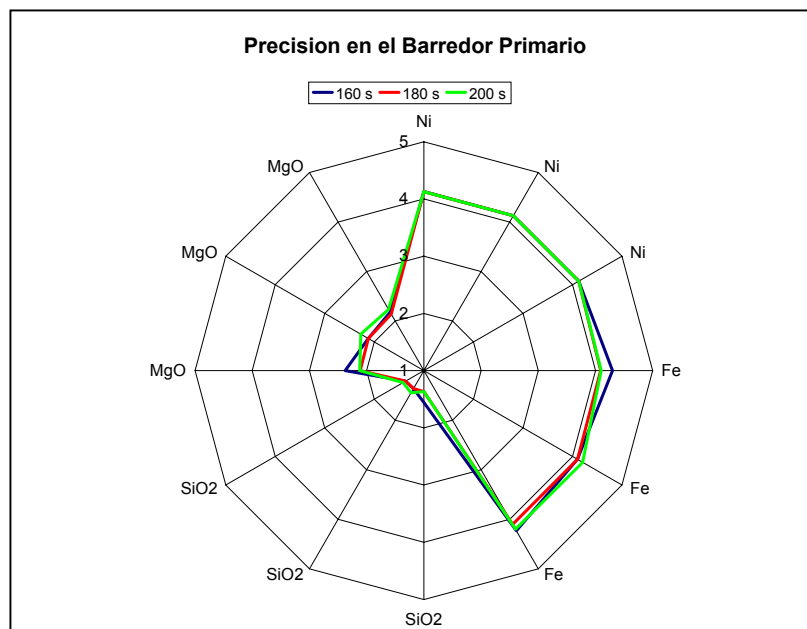
Tabla 28 Agrupación de sigmas de precisión según frecuencia de tiempos.

TBP (s)	Ni (6)	Ni (8)	Ni (10)	Fe (6)	Fe (8)	Fe (10)	SiO ₂ (6)	SiO ₂ (8)	SiO ₂ (10)	MgO (6)	MgO (8)	MgO (10)
160	4,128	4,127	4,127	4,297	4,099	4,235	1,557	1,366	1,370	2,377	2,120	2,179
180	4,127	4,127	4,127	4,088	4,102	4,105	1,365	1,362	1,368	2,115	2,121	2,141
200	4,127	4,127	4,128	4,099	4,204	4,201	1,365	1,448	1,418	2,120	2,274	2,234

TBS (s)	Ni (6)	Ni (8)	Ni (10)	Fe (6)	Fe (8)	Fe (10)	SiO ₂ (6)	SiO ₂ (8)	SiO ₂ (10)	MgO (6)	MgO (8)	MgO (10)
6	4,139	4,127	4,129	6,809	4,206	4,290	2,722	1,490	1,451	4,427	2,339	2,322
8	4,128	4,127	4,130	4,166	4,278	4,394	1,435	1,432	1,789	2,238	2,279	5,469
10	4,128	4,129	4,129	4,150	4,206	4,420	1,459	1,441	1,552	2,362	2,265	2,636

Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 38 Polígonos de precisión en función del barredor primario.



Fuente: Elaboración propia 2004

Recuérdese que según la NVC 317:2000, y para las características del material en MLDN con un tamaño de lote entre 0 a 15000 Tm, la precisión se considera baja si es menor a 2,5

Fíjense como el barredor primario mantiene su precisión sin mucha variación para todos los tres tiempos de combinación. Sin embargo, el valor de precisión para los elementos Ni y Fe se encuentra muy por encima de lo estipulado en la norma. El barredor secundario se comporta de manera distinta; en la gráfica se puede apreciar como los polígonos difieren entre si, y que solo para el tiempo de 10 s la curva es estable, además, casi todos los elementos se encuentran por encima del valor estipulado en la norma. De igual manera se calcula el área para cada polígono y se tiene que:

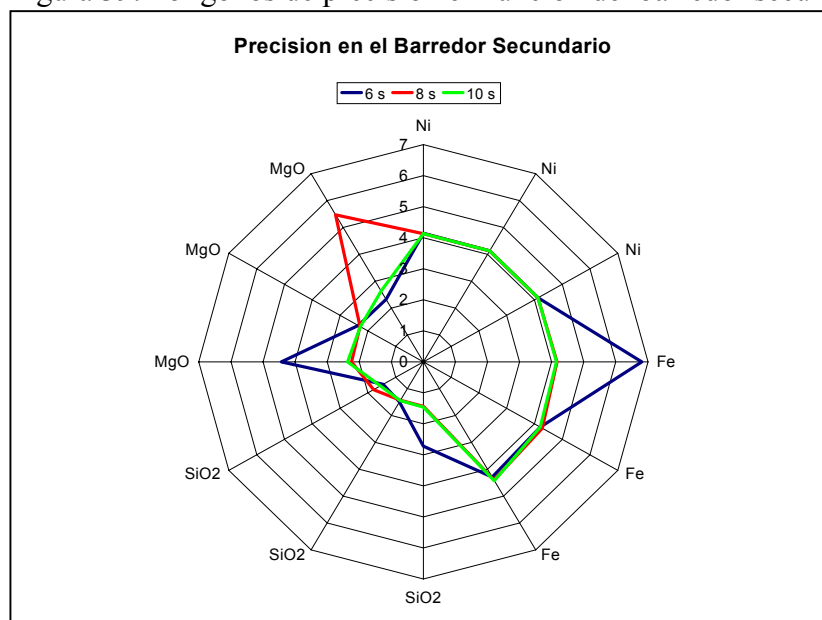
Tabla 29. Resumen de áreas de los polígonos de precisión para los barredores.

BP	160	180	200
Área	58,928	56,626	58,185

BS	6	8	10
Área	78,370	70,631	61,221

Fuente: Elaboración propia 2004

Figura 39. Polígonos de precisión en función del barredor secundario.



Fuente: Elaboración propia 2004

Y se concluye, según la tabla 29, que los tiempos con mejor precisión son: para el barredor primario 180 s y para el barredor secundario 10 s.

5.6 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MUESTREO EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL

5.6.1 Masa Mínima en el Barredor Primario

Durante el ensayo se recogió un promedio de 55 muestras de barridos primario por combinación a una masa promedio de 11,146 Kg., lo que da como resultado una masa de 613 Kg, con lo que se estaría cumpliendo este lineamiento.

5.6.2 Coeficiente de variación de la masa (CVM)

Para el barredor primario, y según los tiempos estudiados se tiene que:

Tabla 30 Coeficiente de variación de masa para el barredor primario según la frecuencia de tiempo estudiada.

BP	160 s	180 s	200 s	Total
CVM (%)	10,902	15,157	17,476	15,445

Fuente: Elaboración propia 2004

Como puede observarse, todos los niveles de tiempo estudiados para el barredor primario satisfacen el lineamiento de 20% establecido en norma. Ahora bien, para el barredor secundario, se tiene que:

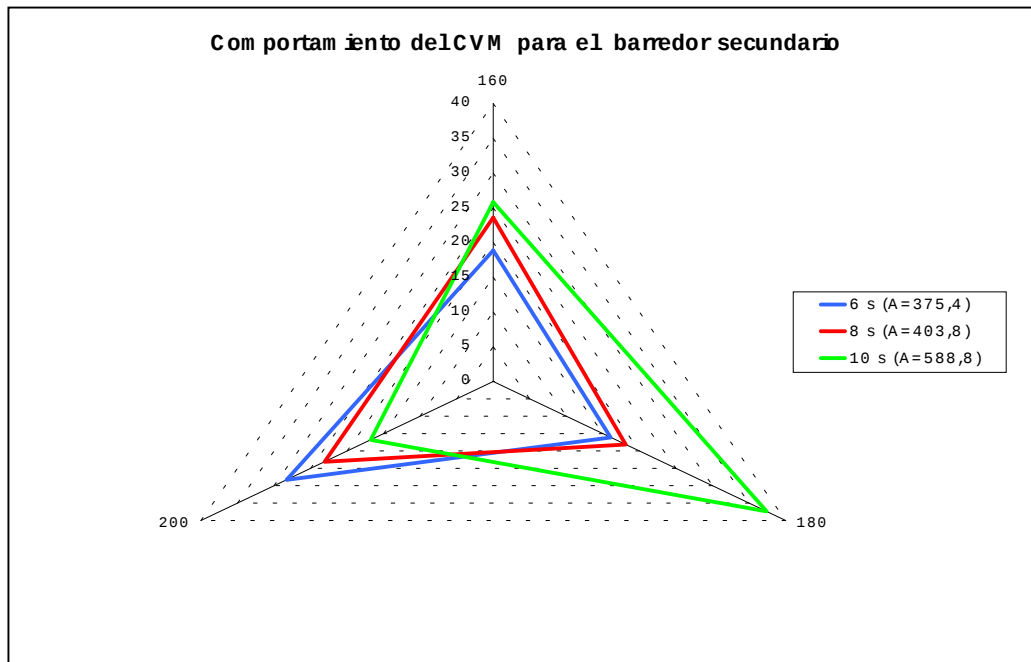
Tabla 31. Coeficiente de variación de masa para el barredor secundario según la combinación estudiada.

Combinación	1606	1806	2006	1608	1808	2008	16010	18010	20010
CVM (%)	18,879	16,082	28,306	23,605	18,126	23,082	25,823	37,389	16,777

Fuente: Elaboración propia 2004

Ahora bien si usamos la técnica del área antes descrita, podemos obtener el mejor tiempo de barrido secundario en función de los tres tiempos del barredor primario, esto se observa en la figura 40.

Figura 40. Polígonos de CVM para el barredor secundario.



Fuente: Elaboración propia 2004

Se calculó el área de los polígonos descritos en la figura 40 se tiene que:

Tabla 32. Coeficiente de variación de masa para el barredor secundario según la frecuencia de tiempo estudiada.

BS	6 s	8 s	10 s
CVM (%)	375,40	403,80	588,20

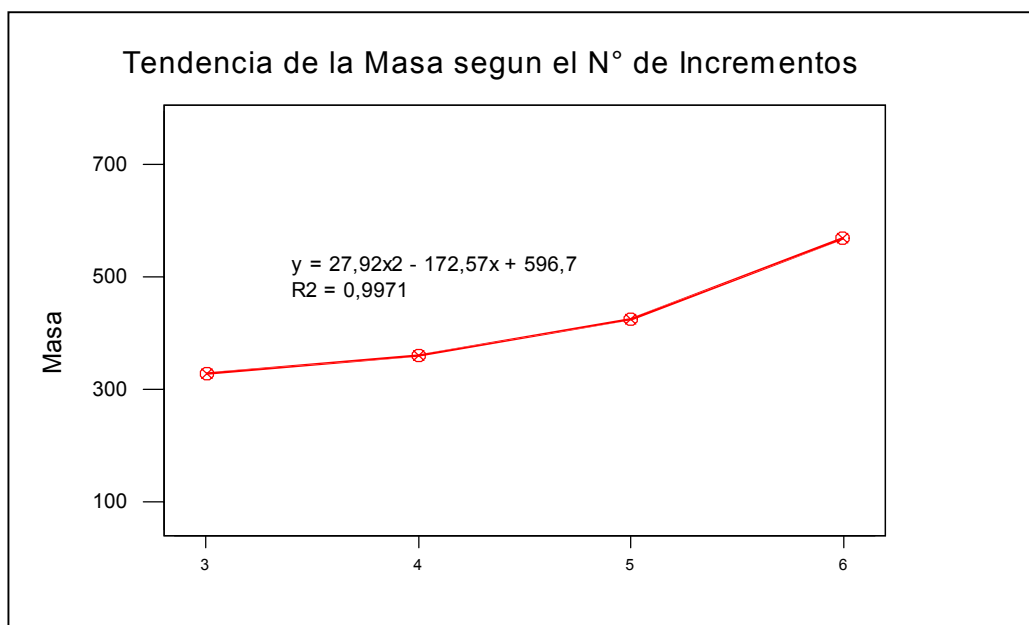
Fuente: Elaboración propia 2004

Lo que indica, que a menor tiempo, disminuye el coeficiente de variación de la masa, y para el caso de estudio el mejor tiempo para ello es 6 segundos.

5.6.3 Número de incrementos

Realizando un análisis de los incrementos a través del CVM, se tiene que a medida que aumentan los incrementos, también lo hará la masa en una proporción como se muestra en la figura 41.

Figura 41. Comportamiento de la masa según el número de incrementos en el barredor secundario.



Fuente: Elaboración propia 2004

Ahora bien, si usamos el CVM para apoyar este análisis tenemos que:

Tabla 33 Coeficiente de variación de masa para el barredor secundario según el número de incrementos.

Incrementos	3	4	5	6
CVM (%)	34,144	21,908	24,073	18,050

Fuente propia

Lo que indica que tomando un promedio de 6 incrementos, que para el caso estudiado es un tiempo de 6 segundos en el barredor secundario, cumplimos con el lineamiento del 20%.

5.6.4 Criterio de Decisión

Ahora bien, debido a que se realizaron distintos tipos de evaluaciones para todas las combinaciones estudiadas, no se podía ver claramente la mejor combinación que ajustara al muestreador secundario, por lo que se diseñó un cuadro de decisión en función de los criterios de evaluación, los cuales fueron jerarquizados según su importancia (a criterio del evaluador). Cada criterio se le asigna un valor o crédito el cual actuará en la ponderación.

Como puede apreciarse en el cuadro 05, las mejores combinaciones estudiadas son 1808 y 1806. Pero, según el estudio de incrementos, la variación de masa es menor, cuando la frecuencia de muestreo es tal que el número de incrementos promedio que toma el barredor secundario por cada barrido primario sea cercano a 6. Además, una mayor frecuencia origina una mayor masa de muestras, lo que podría aumentar representatividad del material.

Cuadro 05 Matriz de decisión.

Pond	Criterio	Combinaciones									Mejores Comb
		1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010	
6	Existe Tendencia?	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1808
5	Calidad en el BP	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1806
4	Calidad en el BS	2	3	1	2	3	1	2	3	1	18010
3	Precisión en el BS	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2008
2	Precisión en el BP	1	1	1	3	3	3	2	2	2	20010
1	CVM BP	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
Suma ponderada		27	33	27	41	47	41	34	40	34	
		Combinaciones									Mejores Comb
		1606	1608	16010	1806	1808	18010	2006	2008	20010	
2	Comportamiento de medias	9	4	7	8	6	2	3	1	5	1806
1	CVM BS	6	4	3	9	7	1	2	5	8	1606
Suma ponderada		24	12	17	25	19	5	8	7	18	1808

Fuente: Elaboración propia 2004

Recuerde que, de antemano se sabe, que la combinación actual posee históricamente un comportamiento poco representativo, y, por lo tanto, la frecuencia recomendada para la toma de muestra en el muestreador automático secundario MMS es 180 segundos en el barredor primario y 6 segundos en el barredor secundario.

Por todos lo antes expuesto se puede concluir que históricamente el sistema de muestreo secundario MMS posee las siguientes características:

- En los gráficos de control se aprecia que la variabilidad entre el barredor primario y secundario es similar en su mayoría. No obstante, las medias y el cierre de pilas difieren considerablemente. Esto pudiera ser causado por varios factores como la eficiencia del barrido, la masa de las muestras, la heterogeneidad del material, medición y preparación por parte del laboratorio, o contaminación del material durante el muestreo.
- Al cuantificar y jerarquizar las combinaciones por sus diferencias entre medias y usando la técnica del cálculo de áreas, podemos decir que la mejor combinación de tiempos es (160,6), seguida de las combinaciones (180,6); (160,10) y (180,8) respectivamente.
- Para la evaluación NVC1776:2000, se agruparon las combinaciones que pertenecían a una misma pila. Debido a que el comportamiento de algunas agrupaciones no era normalmente distribuido ($P\text{-Value} < 0.1$), no se les realizó la prueba t pareada. Pero, a las que si se les pudo realizar, comprobaron la existencia de tendencias en el muestreo, en particular, la evaluación del Níquel entre los barredores, donde se observa claramente el comportamiento tendencioso dentro del sistema de muestreo.
- Para evaluar la calidad en el barredor primario se usó la técnica de las áreas en una gráfica radial y se observó que solo para la combinación Fe(160,10) el valor es por encima de lo estipulado en la norma NVC 1812:2000 (3,75), por lo que se puede decir, que el barredor primario cumple con los lineamientos de esta norma. Además, se observa que el mejor tiempo en cuanto a la variación de la calidad para el barredor primario es 180 segundos, seguido de 200 segundos y 160 segundos respectivamente.
- De manera similar que con el barredor primario se evaluó la calidad en el barredor secundario y se observó que para este barredor se cumple de la misma manera el lineamiento de la norma en cuanto al valor de 3,75. No

obstante, el comportamiento de los tres polígonos solo es parecido en Níquel, pero para los demás elementos existen claras diferencias en cuanto a las variaciones de calidad. Por lo antes expuesto, se puede decir que el barredor secundario cumple con los lineamientos establecidos de la norma. De igual manera que con el barredor primario se define como 8 segundos el mejor tiempo de estudiado seguido de 6 segundos y 10 segundos.

- Para evaluar la precisión en el barredor primario usando la técnica de las áreas en una grafica radial, se observó que ningún valor es por encima de lo estipulado en la norma NVC 317:2000 (5,00), por lo que se puede decir que el barredor primario cumple con los lineamientos para todos los elementos. Además, se observa que el mejor tiempo en cuanto a la precisión para el barredor primario es 180 segundos, seguido de 200 segundos y 160 segundos respectivamente.
- De manera similar que con el barredor primario, se evaluó la precisión en el barredor secundario y se observó prácticamente todos los elementos cumplen el lineamiento de la norma en cuanto al valor de 5,00. El comportamiento de los tres polígonos es diferente entre si, pero para 10 s, se comporta de manera estable. Por lo antes expuesto, se puede decir que el barredor secundario cumple con los lineamientos establecidos de la norma. De igual manera que con el barredor primario, se define como 10 segundos el mejor tiempo de estudiado seguido de 8 segundos y 6 segundos.
- El barredor primario cumple con el lineamiento de masa mínima de muestra y del coeficiente de variación de masa (menor a 20%). El mejor tiempo en cuanto a la variabilidad de masa es 160 segundos, seguido de 180 segundos y 200 segundos respectivamente.
- En el barredor secundario se observa que para las combinaciones (200,6); (200,8); (160,10) y (180,10) el valor del coeficiente de variación de masa está por encima del valor de 20%. Ahora bien, si agrupamos las combinaciones por tiempos en el barredor secundario (6 s, 8 s, 10 s) y usando la técnica de áreas, podemos observar el tiempo de 6 segundos es el que menos produce

variabilidad, seguido de 8 segundos y 10 segundos. Cabe destacar que el hecho de que existan diferentes resultados de CVM dentro de un subgrupo de tiempo secundario es debido a la intrínseca relación que existe con la masa barrida por el primario.

- Analizando el número de incrementos tomados por el barredor secundario, puede obtenerse una ecuación de tendencia que describe el comportamiento ascendente de la masa en función del número de incrementos. Además puede observarse, que si calculamos el CVM según el número de incrementos, tenemos que el mejor resultado se consigue con tiempos que en promedio tomen 6 incrementos. Le sigue, 4 incrementos, 5 incrementos y 3 incrementos respectivamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Evaluando el comportamiento histórico de las muestras MMS, se evidencia que existen condiciones operativas, como la abertura del barredor secundario y la velocidad del barredor primario; de mantenimiento, como la limpieza de los barredores, desgaste de cepillos y de rodillos trituradores; e incluso de diseño, como la forma que se devuelve el reciclo del material muestreado a la banda principal; que afectan la representatividad del material en cuanto a variaciones de calidad, precisión y masa.
- Existe una clara introducción de tendencias dentro del sistema de muestreo, específicamente entre barredores, existen analitos que no cumplen los lineamientos de calidad y precisión y la masa de la muestra que es enviada al laboratorio es insuficiente para la granulometría que posee el material. Por tanto se sugiere que la muestra que es enviada al laboratorio no es representativa del material de la pila de homogenización.
- Se planteó un diseño experimental de dos variables o factores (barredor primario y barredor secundario) y tres niveles de frecuencia de tiempo para cada uno de ellos. Para el barredor primario se escogió, como frecuencia central, la frecuencia actual (180s), además de la frecuencia calculada por norma (160s) y una frecuencia por encima de la actual (200s). Para el barredor secundario se escogió, como frecuencia central la actual que tiene un promedio de 4 incrementos por muestra primaria, así que se escogió la frecuencia 10 s que tiene un promedio de 3 incrementos y 6 s que tiene un promedio de 5 a 6 incrementos.
- Al evaluar las combinaciones de estudio se tiene que en el barredor secundario, el material posee una variabilidad de masa por encima del

lineamiento normativo, existe diferencia en los resultados de las muestras entre barredores y con el cierre de pila, por tanto el sistema de muestreo muestra introducción de tendencia sobre todo entre ambos barredores y la precisión de los analitos estudiados sobrepasa el lineamiento.

- Según el cuadro de decisión, las mejores frecuencias para el muestreador secundario son (180,8) s y (180,6) s.
- La metodología diseñada en el presente trabajo de investigación puede, eficientemente, evaluar la representatividad del material recogido por el muestreador secundario MMS y a la vez optimizar las condiciones operativas del muestreador. Además, esta metodología puede extrapolarse a cualquier sistema automático de muestreo de mineral en dos etapas. Para el desarrollo de la misma se consideró:
 1. El muestreo no debe presentar tendencias en ninguno de los analitos estudiados, siguiendo el lineamiento establecido en la NVC 1776:2000.
 2. La variación de la calidad debe ser menor al valor establecido en el lineamiento de la NVC 1812:2000, de acuerdo a las características granulométricas del material.
 3. La precisión debe ser menor a lo establecido en el lineamiento de la NVC 317:2000 y NVC 3617:2000 de acuerdo a las características granulométricas del material y a la masa del lote.
 4. La masa debe ser mayor o igual al lineamiento establecido en la NVC 3617:2000 de acuerdo a las características granulométricas del material y debe tener una variabilidad menor al 20%.
 5. Para la optimización del proceso de toma de muestra se manipula la frecuencia de muestreo, mediante la realización de un diseño experimental.
 6. La selección de la mejor frecuencia de muestreo se realiza a través de una matriz de selección la cual permite agrupar las conclusiones de

cada evaluación realizada y mediante una ponderación escoger que evento experimental arroja mejores resultados.

RECOMENDACIONES

- Realizar planes de mantenimiento periódicos al sistema de muestreo que contemplen: limpieza de barredores y carcasas de protección, revisión y ajuste de los barredores y su distancia a la banda según manual técnico, mantenimiento de los rodillos y pines de la trituradora del muestreador.
- Evaluar si existe o no contaminación del material muestreado por el barredor primario con el mineral que sale del ciclo del sistema de muestreo
- Realizar una evaluación de tendencia para cada barredor por separado teniendo como patrón de referencia un muestreo en cinta detenida como lo sugiere la norma NVC 1776:2000 en lugar de los valores de cierre de pilas
- Para optimizar el muestreo en el barredor secundario se recomienda realizar un diseño experimental cuyas variables o factores sean la frecuencia de tiempo y la velocidad de la banda que transporta el material por el barredor secundario. Dicha evaluación debe tener como premisa que el material muestreado por el barredor primario es totalmente representativo del material de las pilas de homogenización.
- Se recomienda ajustar la frecuencia del muestreador secundario en (180, 6) s. y no en (180, 8) s. debido a que la de variabilidad de la masa por incrementos disminuye a medida que aumenta el número de incrementos que componen la muestra. Además, a medida que aumenta el tamaño de la muestra aumentan las posibilidades de que sea representativa.
- Las evaluaciones de la representatividad deben realizarse de manera periódica para un mejor control del sistema de muestreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMITE VENEZOLANO DE NORMAS INDUSTRIALES COVENIN (COVENIN 3617:2000). Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos. Métodos de Muestreo y Preparación de Muestras. Diciembre 13, 2000.
- COMITE VENEZOLANO DE NORMAS INDUSTRIALES COVENIN (COVENIN 1812:2000). Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos. Métodos Experimentales para Comprobar Variación de la Calidad (1ra Revisión). Octubre 25, 2000.
- COMITE VENEZOLANO DE NORMAS INDUSTRIALES COVENIN (COVENIN 1776:2000). Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos. Métodos Experimentales para Comprobar Tendencias en el Muestreo (1ra Revisión). Octubre 25, 2000.
- COMITE VENEZOLANO DE NORMAS INDUSTRIALES COVENIN (COVENIN 317:2000). Minerales de Hierro y Productos Siderúrgicos. Métodos Experimentales para Comprobar Precisión en el Muestreo (1ra Revisión). Octubre 25, 2000.
- COMITE VENEZOLANO DE NORMAS INDUSTRIALES COVENIN (COVENIN 3534-2:1995). Estadística. Vocabulario y Símbolos. Parte 2. Control estadístico de la Calidad. Octubre 11, 1995.
- D. ARLY. L, Ch. JACOBS A. (1993). Introducción a la Investigación Pedagógica.
- KACHIGAN. (1991). Multivariate Statistical Analysis. Second Edition. USA.
- MANUAL MINERA LOMA DE NÍQUEL C.A. (2003).
- MINITAB STATISTICAL SOFTWARE (2000). User's Guide 2: Data Analysis and Quality Tools. USA.
- MURRIA R. Spiegel (1990), Estadística. España: Mc Graw Hill.
- PERRY, Robert. (1992), Manual del Ingeniero Químico. México: Mc Graw Hill.
- RIVAS, José A (2000). "Producción de Carbón Activado a Nivel Laboratorio a Partir de Materia Prima Vegetal Nacional". Escuela de Ingeniería Química, Universidad de Carabobo. TEG. Inédito.
- PULIDO G. Humberto (1997). Calidad Total y Productividad. España: Mc Graw Hill.
- [HTTP://WWW.FONDONORMA.COM.VE](http://www.fondonorma.com.ve)
- [Http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm](http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm)

APENDICE A. DEFINICIONES, GLOSARIO Y ABREVIATURAS

1. MLDN (abrev.): Minera Loma de Níquel C.A.
2. MMS (abrev.): Muestra del Muestreador Secundario
3. SGI (abrev.): Sistema de Gestión Integrado
4. PPM (abrev.): Planta de Preparación de Mineral
5. BP (abrev.): Barredor Primario
6. BS (abrev.): Barredor Secundario
7. TBP (abrev.): Tiempo del Barredor Primario, variable a estudiar en el diseño experimental
8. TBS (abrev.): Tiempo del Barredor Secundario, variable a estudiar en el diseño experimental
9. MBP (abrev.): Muestra del Barredor Primario, tomada durante la realización del diseño experimental
10. MBS (abrev.): Muestra del Barredor Secundario, tomada durante la realización del diseño experimental
11. Q MAX (abrev.): Caudal Máximo
12. Ctrl de prep. (abrev.): Control de Preparación y Duplicados. Es el control elaborado por el laboratorio para definir las desviaciones estándar incurridas en la preparación de muestras.
13. Ctrl AQ (abrev.) : Control de Análisis Químicos. Es el control elaborado por el laboratorio para definir las desviaciones estándar incurridas en la disolución y análisis de las muestras.
14. CP (abrev.) : Cierre de Pila
15. AQ CP (abrev.): Análisis Químico del Cierre de Pila. Una vez conformada una pila se genera lo que se conoce como “Cierre de Pila” que es el control químicos y de masa de la pila de homogeneización. La pila se conforma en base a un promedio ponderado. Poseen la información acerca de los porcentajes de Ni, Fe, SiO₂, MgO, SiO₂/MgO, H₂O, Co, Cu, Peso de la pila, peso de los agregados y relación porcentual entre el agregado y el mineral. Es

prudente destacar que la pila 43 no esta referenciada en la información suministrada por procesos. Esta pila es la denominada “Pila Techada” y es la utilizada cuando las condiciones ambientales (lluvias) son desfavorables para los procesos de preparación de mineral.

16. AQ MMS (abrev.): Análisis Químico de la MMS. Cada vez que pasan 600 TM desde PPM y hacia Pila Seca se produce una muestra MMS, esta muestra es llevada al laboratorio para su análisis químico. Primeramente se deja secar por 8 hrs., luego es triturada, cuarteada, pulverizada y clasificada por un tamiz N° 100 (150 micrones) para obtener la muestra que será utilizada en el análisis químico. Para la digestión de la muestra se utiliza Tetraborato de Litio y esta es disuelta en un medio ácido con ácido clorhídrico en balones de 200 ml. Las disoluciones se pasan por el equipo ICP (plasma) el cual nos da como resultado la composición química del material. Para el caso de estudio se toman los resultados de Fe, Ni, SiO₂, MgO.
17. Masa MMS : Peso Húmedo de la MMS. Cada vez que se recepciona una muestra MMS en el laboratorio, esta es pesada para obtener su peso húmedo, lo que genera un histórico de la masa de las muestras MMS que llegan al laboratorio.
18. MTT (abrev.): Muestra de Trituración Terciaria: La MTT es una muestra extraída directamente de la banda que lleva el material a la Pila Seca. Esta muestra se usa exclusivamente para el análisis granulométrico. Es esta granulometría la que genera el tamaño nominal tope para el caso de estudio.
19. CVM (abrev.): Coeficiente de Variación de Masa. Según el punto 3.6.1 debe ser menor a 20%
20. V_c (abrev.): Velocidad del Barredor. Según el punto 3.6.1 debe ser menor a 0,6 m/s.
21. Tamaño Tope: se define tamaño tope o Top Size como el tamaño máximo del material.
22. P-Value: parámetro definido en las graficas de la estadística descriptiva para la evaluación de la distribución normal de la data. Si el valor numérico de este

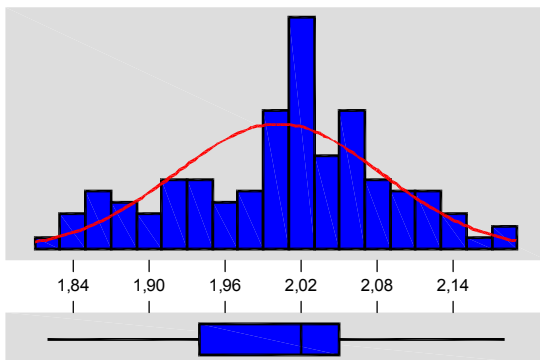
parámetro es inferior a 0,1 se dice que la data no presenta un comportamiento normal de distribución.

23. Kurtosis : parámetro definido en las gráficas de la estadística descriptiva para la evaluación del sesgo en la data. Si el valor numérico de este parámetro se encuentra cercano a cero (0) se dice que la data no posee sesgo. Si el valor numérico es superior a cero se dice que la data tiene un sesgo hacia los valores altos (hacia la derecha). Si por el contrario, si el valor numérico es inferior a cero se dice que la data tiene un sesgo hacia los valores bajos (hacia la izquierda).
24. Skewness: parámetro definido en las graficas de la estadística descriptiva para la evaluación de la abertura de la campana de distribución. Si el valor numérico de este parámetro se encuentra cercano a cero (0) se dice que la data posee una abertura normal. Si el valor numérico es superior a cero se dice que la data tiene una abertura mayor a la normal. Si por el contrario, si el valor numérico es inferior a cero se dice que la data tiene una abertura menor a la normal.
25. Calidad: Totalidad de las características de una entidad que le confiere la aptitud para satisfacer necesidades establecidas y las implícitas.
26. Población: Totalidad de unidades o elementos bajo consideración.
27. Tamaño de lote: Número de elementos de un lote.
28. Tolerancia: Diferencia entre el límite superior e inferior.
29. Muestreo: Procedimiento utilizado para extraer o constituir una muestra
30. Muestra: Una o más unidades de muestreo extraídas de una población y destinadas a proveer información referente a esta población.
31. Probabilidad: Número real, en la escala de 0 a 1, relacionado con un evento aleatorio
32. Distribución de probabilidad: Función que da la probabilidad de que una variable aleatoria tome un valor dado o pertenezca a un conjunto dado de valores

- 33. Sesgo: Diferencia entre el valor esperado de un estimador y el parámetro estimado
- 34. Exactitud: Proximidad de la concordancia entre un resultado de ensayo y el valor de referencia aceptado
- 35. Precisión: Proximidad de la concordancia entre los resultados de ensayos independientes obtenidos bajo condiciones estipuladas
- 36. Factor: Causa asignable que puede afectar las respuestas (resultados del ensayo) y del cual diferentes niveles (variantes) son incluidos en el experimento.
- 37. Nivel (de un factor): Valor dado, especificación de un procedimiento o empleo específico de un factor.
- 38. Experimento factorial: Experimento en el que todos los posibles tratamientos formados por dos o más factores, siendo cada uno estudiado a dos o más niveles (variantes), son examinados con el fin de poder estimar tanto las interacciones (efectos diferenciales) como los efectos principales.
- 39. Comportamientos especiales: Vinculado a la teoría de la variabilidad. Establece dos tipos de comportamientos, los no identificables denominados causas comunes o causas del azar y los corregibles denominados causas asignables o causas identificables.
- 40. Tendencia central: referido a la distribución de muestreo de medias (teorema de límite central)
- 41. Dispersión: referido a la variación o a la variabilidad

APÉNDICE B. Estadística Descriptiva del Histórico

Estadística Descriptiva de la MMS(Ni) en P39A

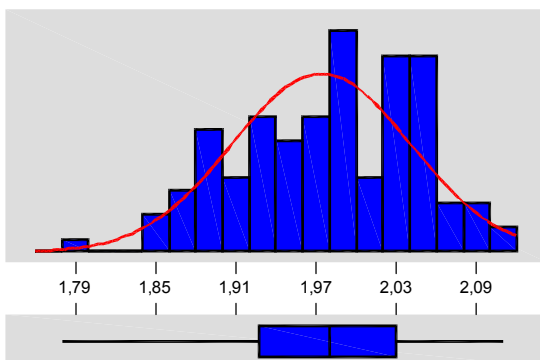


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,038
P-Value: 0,010

Mean 2,00189
StDev 0,08144
Variance 6,63E-03
Skewness -2,7E-01
Kurtosis -3,2E-01
N 111

Estadística Descriptiva de la MMS(Ni) en P40B

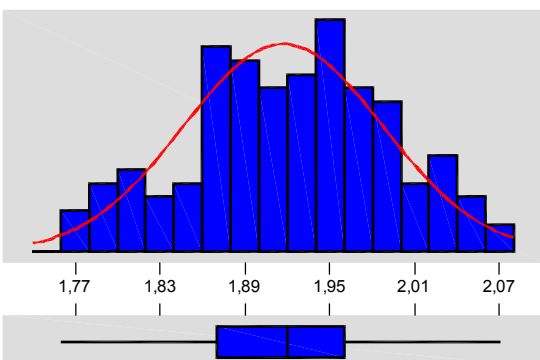


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,832
P-Value: 0,031

Mean 1,97393
StDev 0,06670
Variance 4,45E-03
Skewness -2,9E-01
Kurtosis -5,2E-01
N 122

Estadística Descriptiva de la MMS(Ni) en P41A

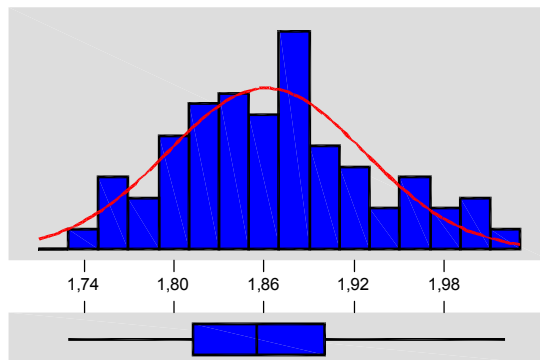


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,357
P-Value: 0,451

Mean 1,91711
StDev 0,07046
Variance 4,96E-03
Skewness -1,4E-01
Kurtosis -4,9E-01
N 135

Estadística Descriptiva de la MMS(Ni) en P42B

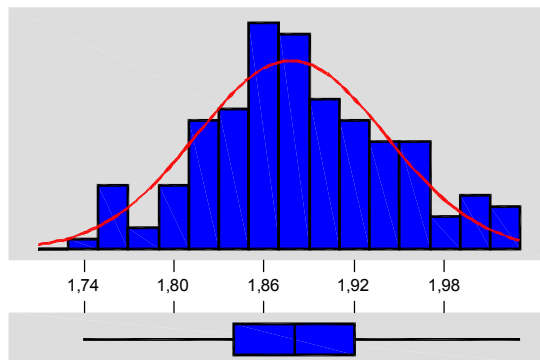


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,691
P-Value: 0,069

Mean 1,86125
StDev 0,06536
Variance 4,27E-03
Skewness 0,328337
Kurtosis -3,6E-01
N 128

Estadística Descriptiva de la MMS(Ni) en P44A

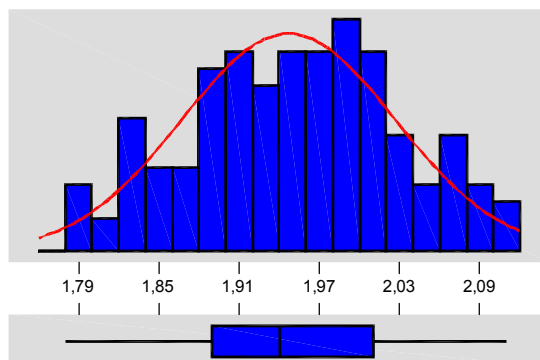


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,489
P-Value: 0,219

Mean 1,87791
StDev 0,06272
Variance 3,93E-03
Skewness 0,162992
Kurtosis -2,1E-01
N 139

Estadística Descriptiva de la MMS(Ni) en P45B

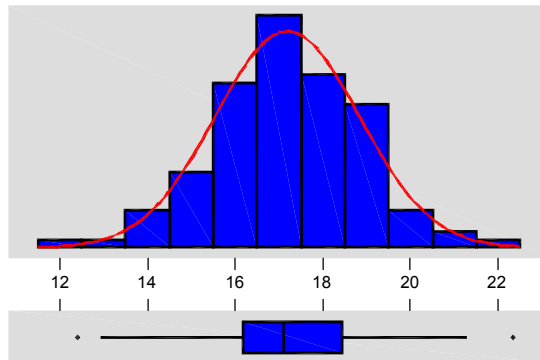


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,371
P-Value: 0,418

Mean 1,94697
StDev 0,07983
Variance 6,37E-03
Skewness -7,1E-02
Kurtosis -6,2E-01
N 132

Estadística Descriptiva de la MMS(Fe) en P39A

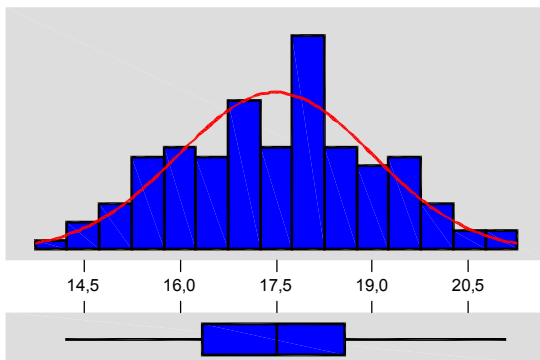


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,277
P-Value: 0,648

Mean 17,1907
StDev 1,6513
Variance 2,72681
Skewness -1,0E-02
Kurtosis 0,597585
N 120

Estadística Descriptiva de la MMS(Fe) en P40B

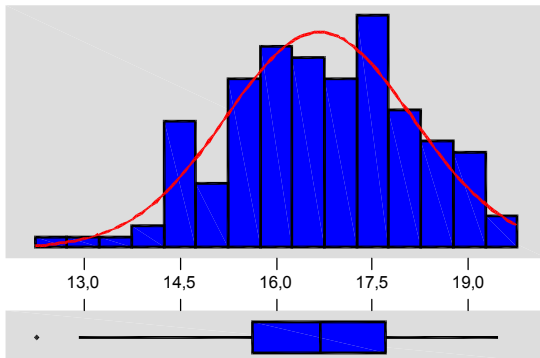


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,299
P-Value: 0,580

Mean 17,4910
StDev 1,5097
Variance 2,27927
Skewness -1,6E-02
Kurtosis -5,8E-01
N 129

Estadística Descriptiva de la MMS(Fe) en P41A

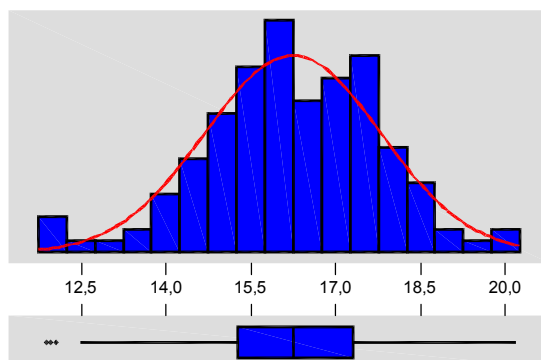


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,379
P-Value: 0,402

Mean 16,6692
StDev 1,4505
Variance 2,10385
Skewness -2,7E-01
Kurtosis -2,7E-01
N 149

Estadística Descriptiva de la MMS(Fe) en P42B

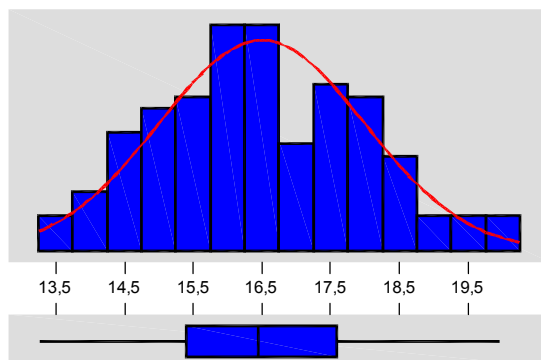


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,375
P-Value: 0,410

Mean 16,2414
StDev 1,5561
Variance 2,42153
Skewness -3,1E-01
Kurtosis 0,419894
N 133

Estadística Descriptiva de la MMS(Fe) en P44A

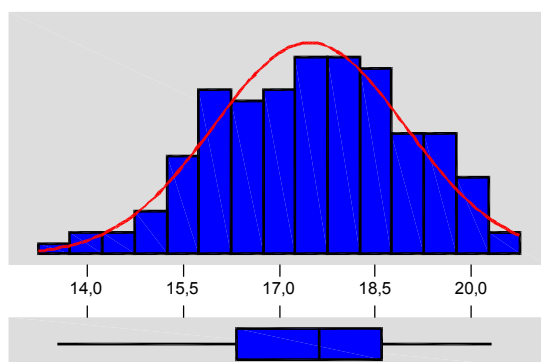


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,326
P-Value: 0,517

Mean 16,4962
StDev 1,5000
Variance 2,25001
Skewness 0,164338
Kurtosis -4,9E-01
N 134

Estadística Descriptiva de la MMS(Fe) en P45B

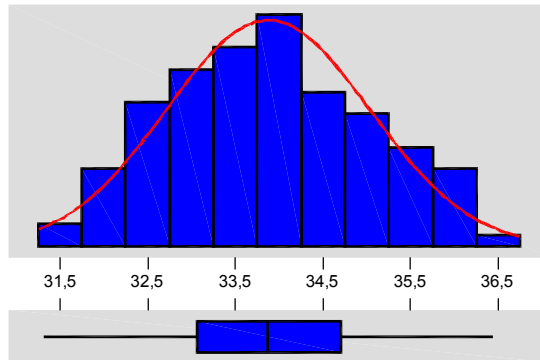


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,421
P-Value: 0,320

Mean 17,4718
StDev 1,4982
Variance 2,24457
Skewness -2,2E-01
Kurtosis -4,9E-01
N 146

Estadística Descriptiva de la MMS(SiO₂) en P39A

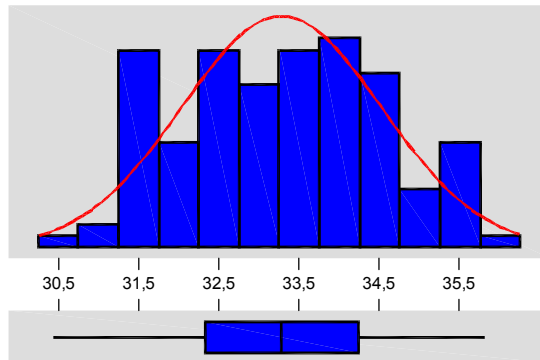


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,413
P-Value: 0,334

Mean 33,8736
StDev 1,1633
Variance 1,35336
Skewness 0,129506
Kurtosis -7,2E-01
N 120

Estadística Descriptiva de la MMS(SiO₂) en P40B

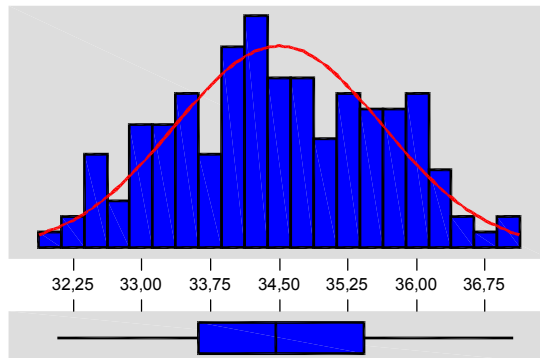


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,634
P-Value: 0,096

Mean 33,2802
StDev 1,2465
Variance 1,55388
Skewness 2,30E-02
Kurtosis -8,0E-01
N 125

Estadística Descriptiva de la MMS(SiO₂) en P41A

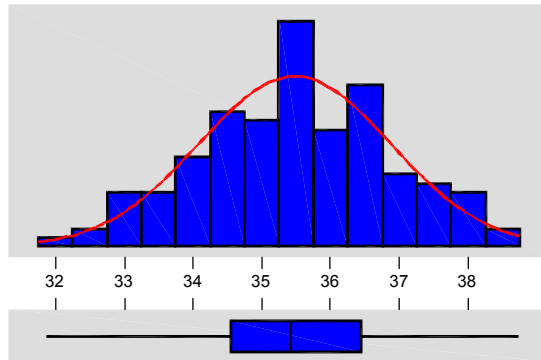


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,454
P-Value: 0,267

Mean 34,4955
StDev 1,1331
Variance 1,28402
Skewness -3,4E-03
Kurtosis -7,2E-01
N 149

Estadística Descriptiva de la MMS(SiO₂) en P42B

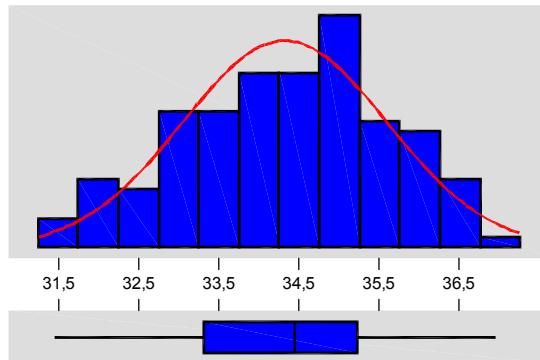


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,237
P-Value: 0,781

Mean 35,4792
StDev 1,3949
Variance 1,94563
Skewness -1,5E-02
Kurtosis -2,5E-01
N 133

Estadística Descriptiva de la MMS(SiO₂) en P44A

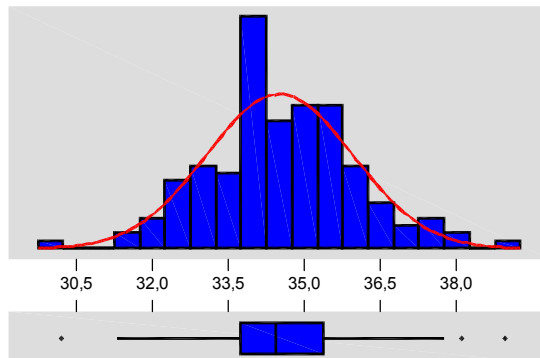


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,679
P-Value: 0,075

Mean 34,3199
StDev 1,2732
Variance 1,62098
Skewness -2,1E-01
Kurtosis -7,3E-01
N 137

Estadística Descriptiva de la MMS(SiO₂) en P45B

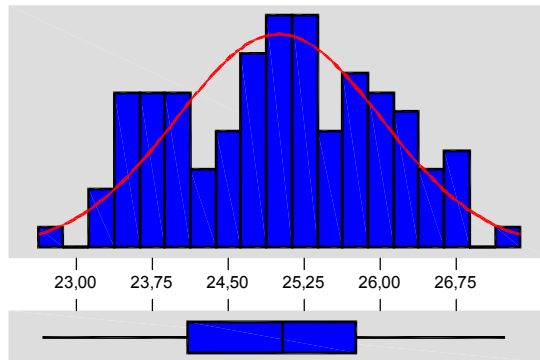


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,344
P-Value: 0,483

Mean 34,5100
StDev 1,4456
Variance 2,08969
Skewness 0,157434
Kurtosis 0,421858
N 150

Estadística Descriptiva de la MMS(MgO) en P39A

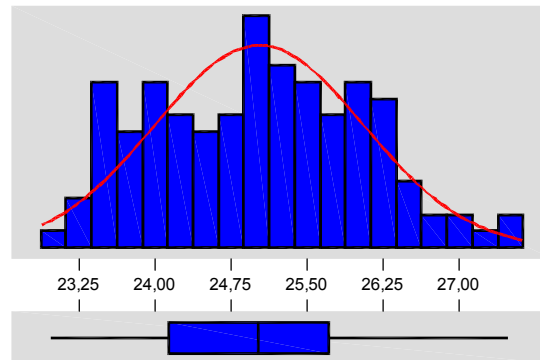


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,541
P-Value: 0,161

Mean 24,9974
StDev 1,0088
Variance 1,01765
Skewness -5,7E-02
Kurtosis -7,7E-01
N 112

Estadística Descriptiva de la MMS(MgO) en P40B

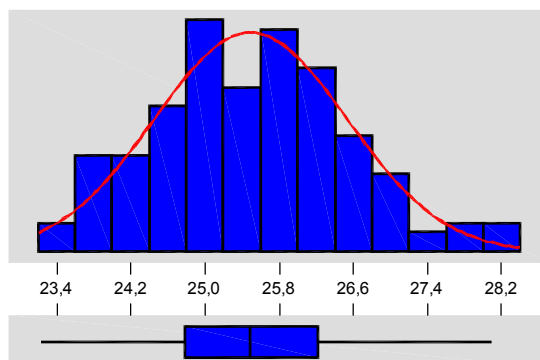


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,550
P-Value: 0,154

Mean 25,0257
StDev 1,0323
Variance 1,06568
Skewness 0,130596
Kurtosis -6,8E-01
N 127

Estadística Descriptiva de la MMS(MgO) en P41A

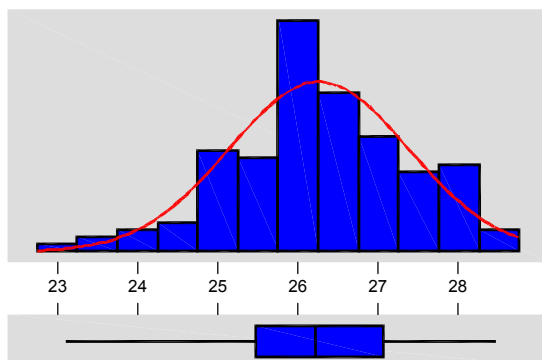


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,277
P-Value: 0,651

Mean 25,4928
StDev 1,0443
Variance 1,09064
Skewness 0,218825
Kurtosis -2,0E-01
N 149

Estadística Descriptiva de la MMS(MgO) en P42B

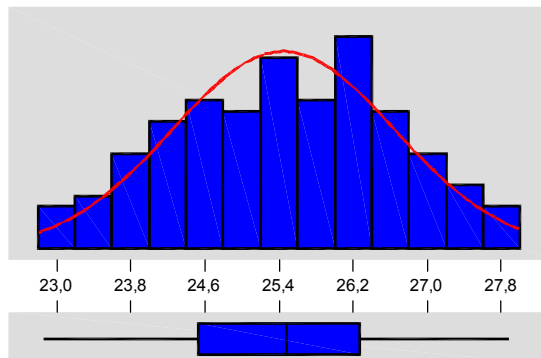


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,362
P-Value: 0,440

Mean 26,2576
StDev 1,1200
Variance 1,25435
Skewness -1,6E-01
Kurtosis -1,4E-01
N 133

Estadística Descriptiva de la MMS(MgO) en P44A

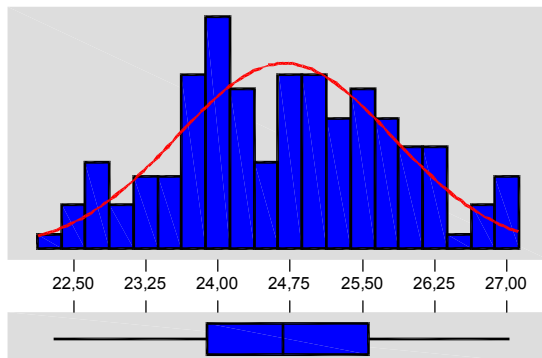


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,472
P-Value: 0,241

Mean 25,4478
StDev 1,2000
Variance 1,44001
Skewness -9,8E-02
Kurtosis -7,4E-01
N 141

Estadística Descriptiva de la MMS(MgO) en P45B



Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,476
P-Value: 0,236

Mean 24,6922
StDev 1,1174
Variance 1,24855
Skewness 4,73E-02
Kurtosis -6,3E-01
N 144

APÉNDICE C. Muestreador Secundario MMS

C.1 Barredor secundario.



C.2 Barredor Primario.



C.3 Cubierta del Barredor Primario.



C.4 Rodillos Trituradores

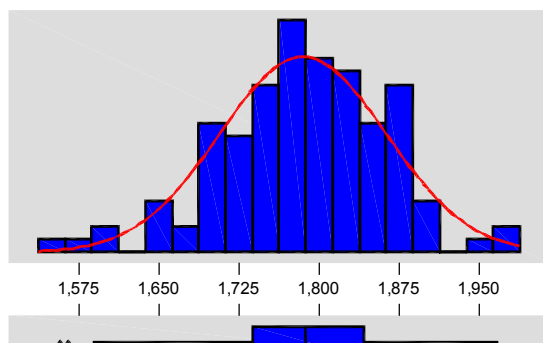


C.5 Reciclo del material muestreado.



APÉNDICE D. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL EXPERIMENTO

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 1606

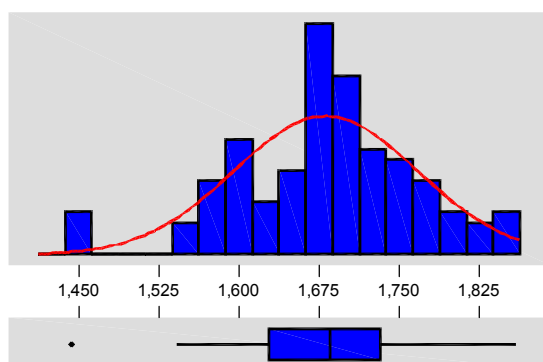


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,468
P-Value: 0,245

Mean 1,78483
StDev 0,07792
Variance 6,07E-03
Skewness -4,1E-01
Kurtosis 0,400709
N 119

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 1608

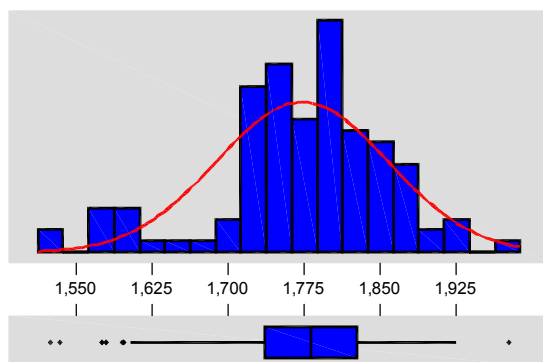


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,786
P-Value: 0,040

Mean 1,68109
StDev 0,08575
Variance 7,35E-03
Skewness -4,3E-01
Kurtosis 0,669865
N 114

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 16010

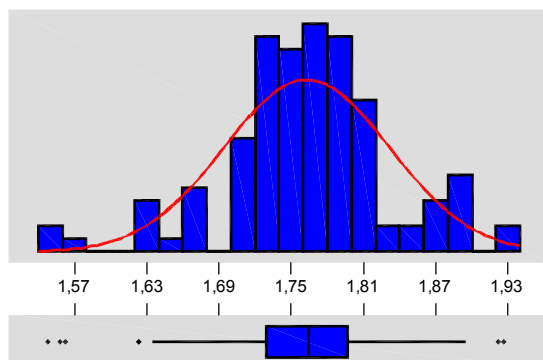


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,921
P-Value: 0,000

Mean 1,77295
StDev 0,08467
Variance 7,17E-03
Skewness -7,2E-01
Kurtosis 0,959232
N 116

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 1806

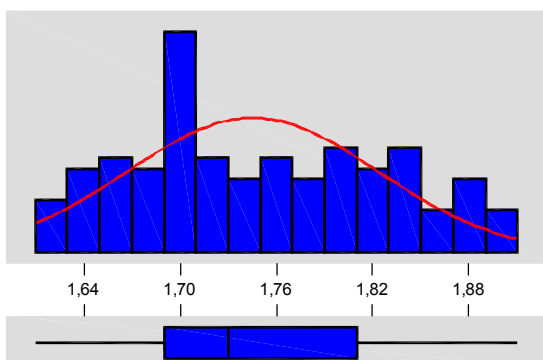


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,324
P-Value: 0,002

Mean 1,76293
StDev 0,06902
Variance 4,76E-03
Skewness -4,1E-01
Kurtosis 1,24891
N 118

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 1808

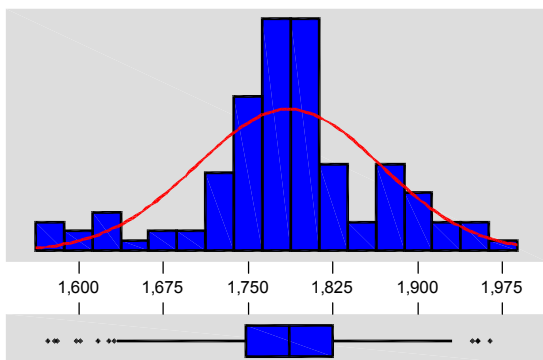


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,457
P-Value: 0,001

Mean 1,74516
StDev 0,07812
Variance 6,10E-03
Skewness 0,259861
Kurtosis -9,4E-01
N 126

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 18010

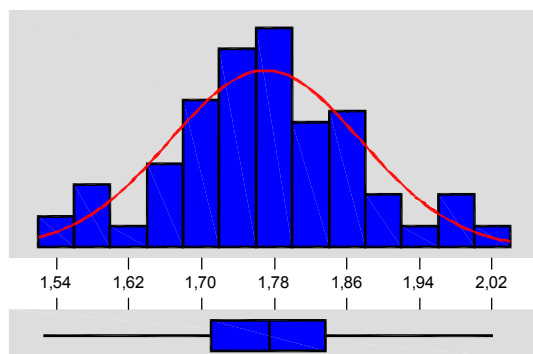


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,932
P-Value: 0,000

Mean 1,78587
StDev 0,08131
Variance 6,61E-03
Skewness -3,2E-01
Kurtosis 0,546136
N 120

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 2006

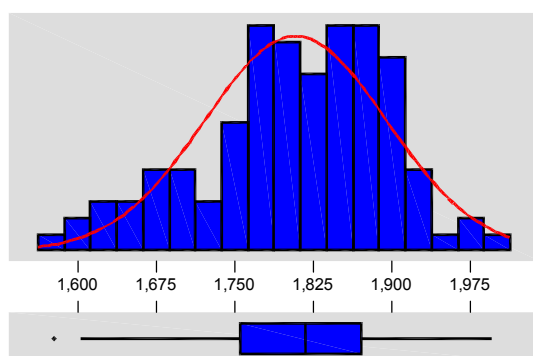


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,574
P-Value: 0,133

Mean 1,77021
StDev 0,10522
Variance 1,11E-02
Skewness 4,63E-02
Kurtosis 0,137033
N 112

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 2008

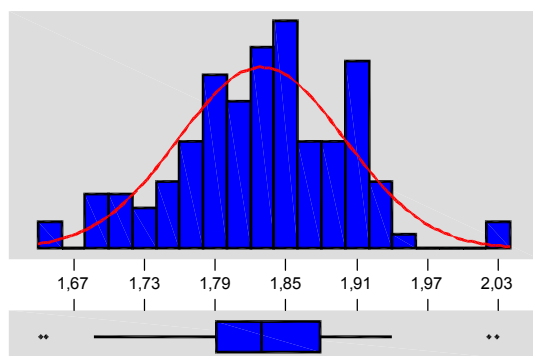


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,027
P-Value: 0,010

Mean 1,80799
StDev 0,08702
Variance 7,57E-03
Skewness -4,9E-01
Kurtosis -1,9E-01
N 117

Estadística Descriptiva de la MBP (Ni) en la combinacion 20010

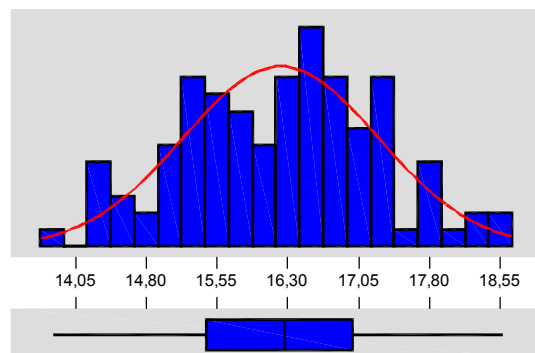


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,549
P-Value: 0,155

Mean 1,82930
StDev 0,07034
Variance 4,95E-03
Skewness -1,7E-01
Kurtosis 0,361286
N 120

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 1606

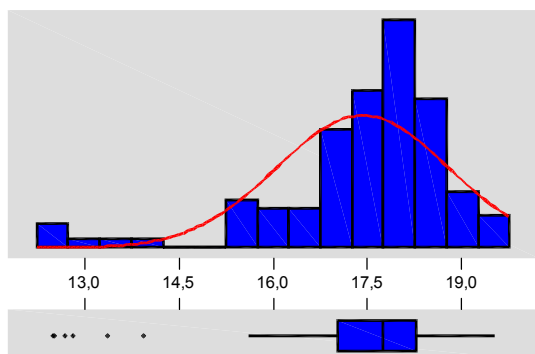


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,267
P-Value: 0,680

Mean 16,2246
StDev 1,0331
Variance 1,06725
Skewness -6,4E-03
Kurtosis -4,2E-01
N 111

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 1608

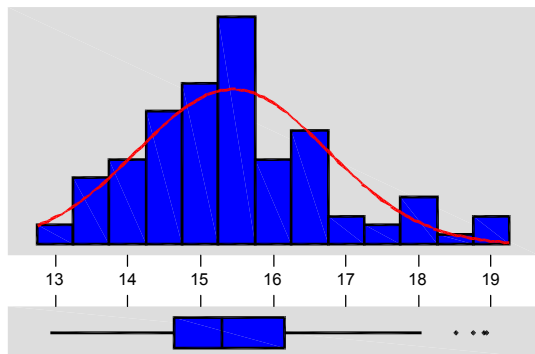


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 4,645
P-Value: 0,000

Mean 17,4233
StDev 1,3672
Variance 1,86913
Skewness -1,77755
Kurtosis 4,07098
N 116

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 16010

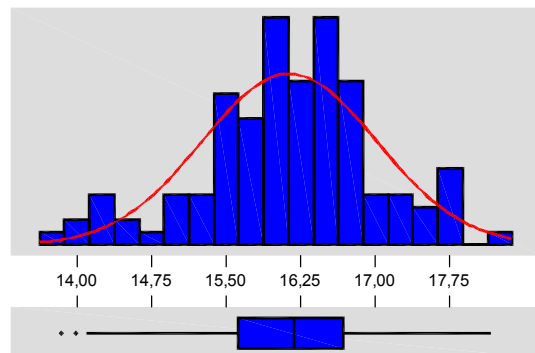


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,210
P-Value: 0,004

Mean 15,4381
StDev 1,3110
Variance 1,71881
Skewness 0,666382
Kurtosis 0,310628
N 108

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 1806

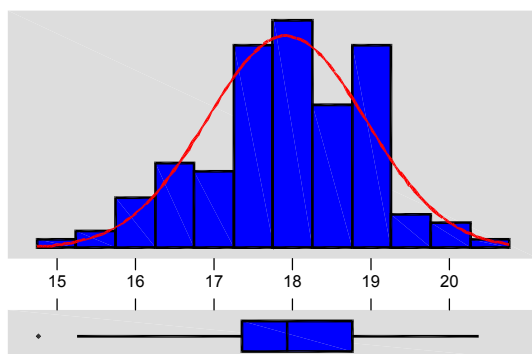


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,816
P-Value: 0,034

Mean 16,1348
StDev 0,8791
Variance 0,772862
Skewness -3,3E-01
Kurtosis 0,327035
N 120

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 1808

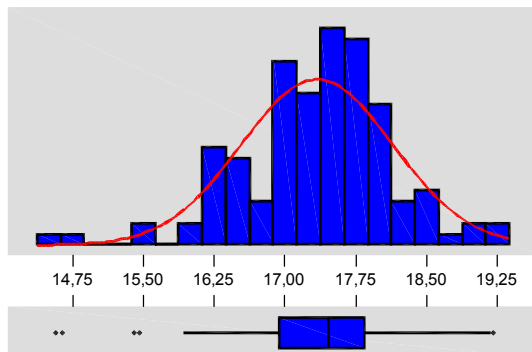


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,693
P-Value: 0,069

Mean 17,9165
StDev 1,0104
Variance 1,02083
Skewness -4,0E-01
Kurtosis 0,351313
N 128

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 18010

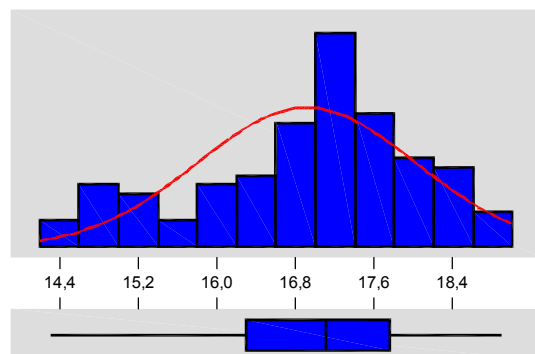


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,024
P-Value: 0,010

Mean 17,3399
StDev 0,8050
Variance 0,648103
Skewness -6,1E-01
Kurtosis 1,37791
N 124

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 2006

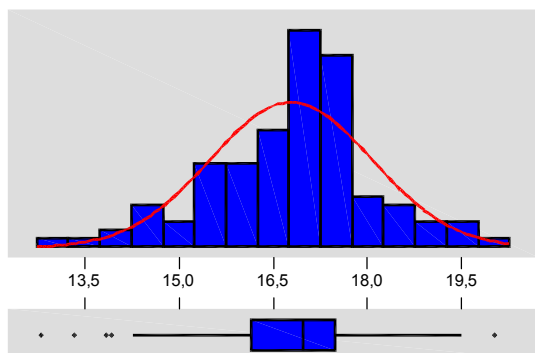


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,737
P-Value: 0,000

Mean 16,9125
StDev 1,1121
Variance 1,23687
Skewness -5,7E-01
Kurtosis -3,6E-01
N 110

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 2008

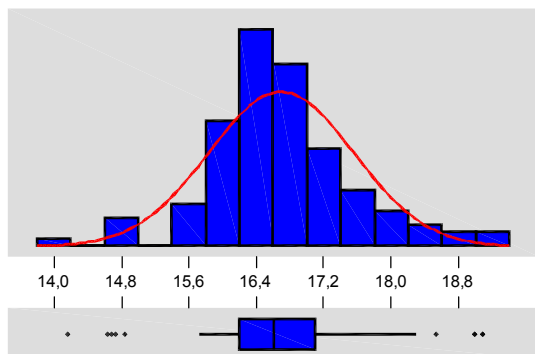


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,984
P-Value: 0,013

Mean 16,7858
StDev 1,2853
Variance 1,65207
Skewness -4,2E-01
Kurtosis 0,721926
N 113

Estadística Descriptiva de la MBP (Fe) en la combinacion 20010

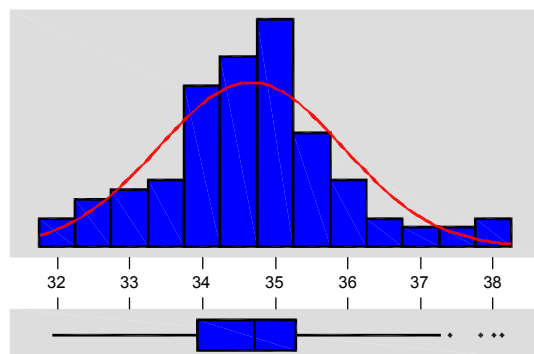


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,659
P-Value: 0,000

Mean 16,6954
StDev 0,8624
Variance 0,743803
Skewness 0,332842
Kurtosis 1,32868
N 120

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 1606

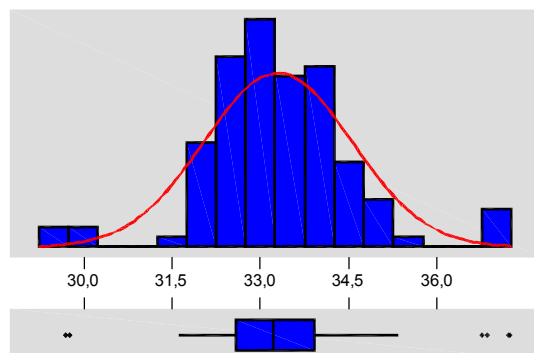


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,845
P-Value: 0,029

Mean 34,6641
StDev 1,2702
Variance 1,61338
Skewness 0,262860
Kurtosis 0,467855
N 111

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 1608

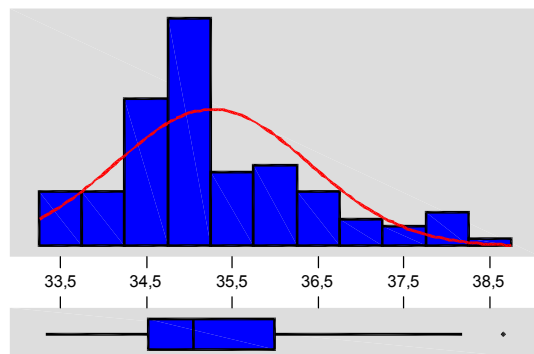


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,931
P-Value: 0,000

Mean 33,2978
StDev 1,2561
Variance 1,57780
Skewness 0,196975
Kurtosis 2,59594
N 116

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 16010

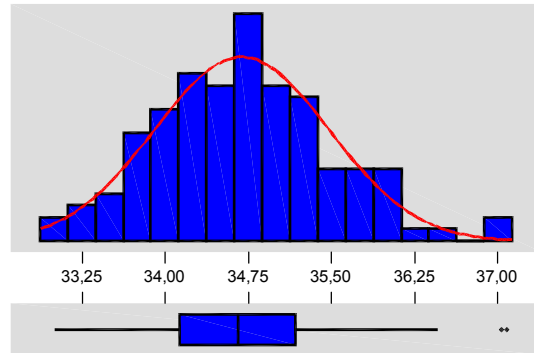


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,945
P-Value: 0,000

Mean 35,2672
StDev 1,1273
Variance 1,27075
Skewness 0,783081
Kurtosis 0,360578
N 116

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 1806

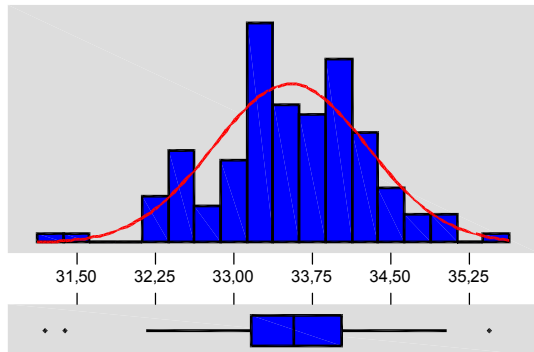


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,309
P-Value: 0,555

Mean 34,6908
StDev 0,7871
Variance 0,619596
Skewness 0,396124
Kurtosis 0,282354
N 122

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 1808

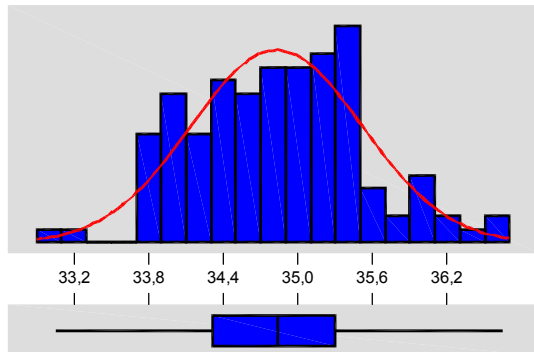


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,456
P-Value: 0,263

Mean 33,5391
StDev 0,7342
Variance 0,539025
Skewness -3,3E-01
Kurtosis 0,457260
N 128

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 18010

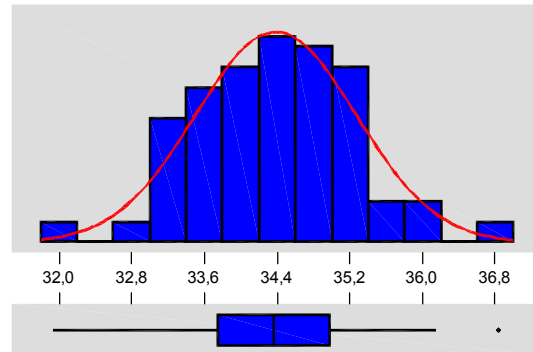


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,385
P-Value: 0,387

Mean 34,8279
StDev 0,6909
Variance 0,477396
Skewness 0,132506
Kurtosis -4,8E-02
N 124

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 2006

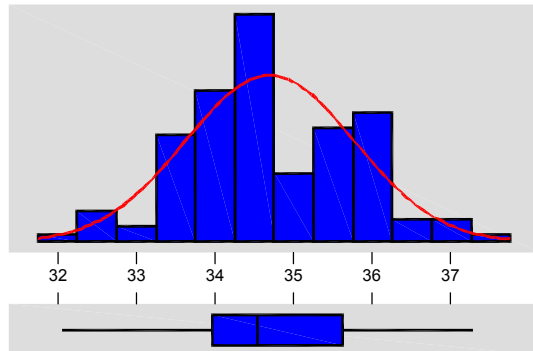


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,278
P-Value: 0,644

Mean 34,3870
StDev 0,8863
Variance 0,785591
Skewness 0,137487
Kurtosis 0,465081
N 114

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 2008

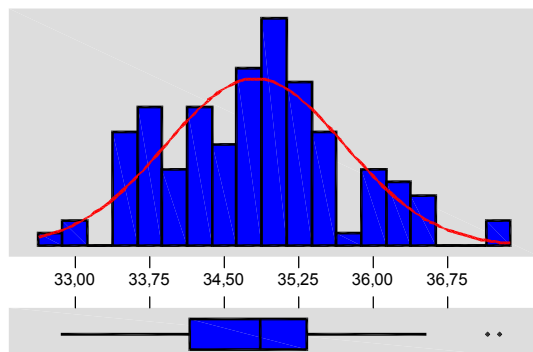


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,756
P-Value: 0,048

Mean 34,6942
StDev 1,0759
Variance 1,15763
Skewness 0,149309
Kurtosis -2,8E-01
N 119

Estadística Descriptiva de la MBP (SiO₂) en la combinacion 20010

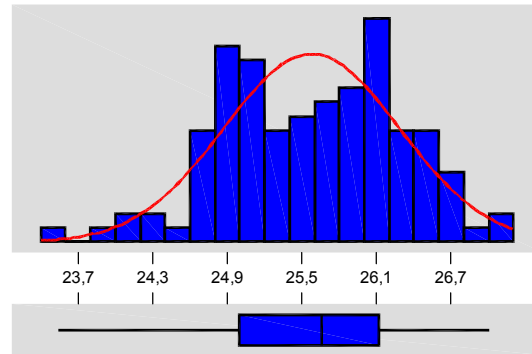


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,661
P-Value: 0,083

Mean 34,8088
StDev 0,9003
Variance 0,810627
Skewness 0,241293
Kurtosis -1,8E-01
N 120

Estadística Descriptiva de la MBP (MgO) en la combinacion 1806

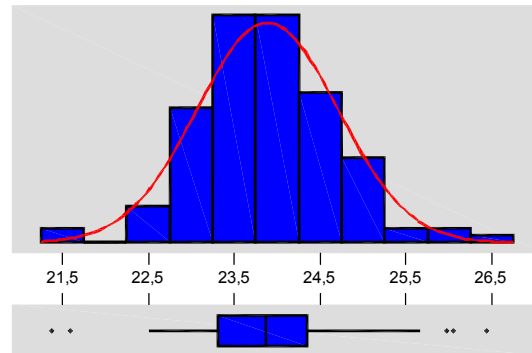


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,693
P-Value: 0,068

Mean 25,5776
StDev 0,7075
Variance 0,500590
Skewness -2,2E-01
Kurtosis -3,7E-01
N 120

Estadística Descriptiva de la MBP (MgO) en la combinacion 1808

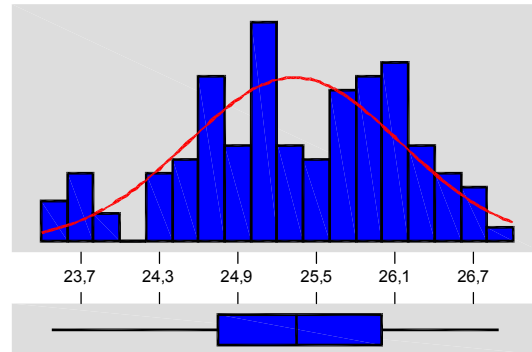


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,571
P-Value: 0,136

Mean 23,8870
StDev 0,8215
Variance 0,674889
Skewness 0,184095
Kurtosis 0,860314
N 128

Estadística Descriptiva de la MBP (MgO) en la combinacion 18010

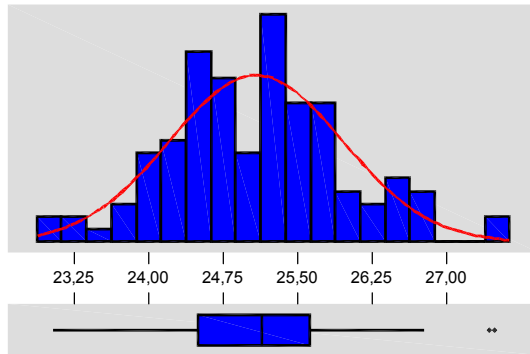


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,863
P-Value: 0,026

Mean 25,3296
StDev 0,8103
Variance 0,656564
Skewness -3,6E-01
Kurtosis -4,6E-01
N 122

Estadística Descriptiva de la MBP (MgO) en la combinacion 2006

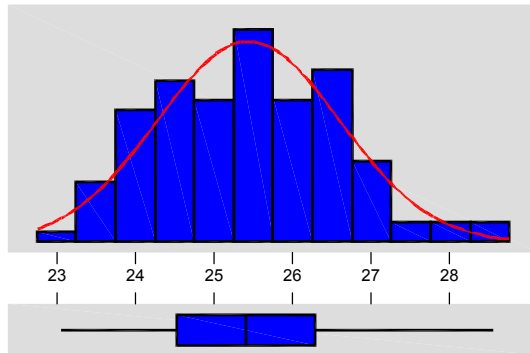


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,415
P-Value: 0,330

Mean 25,0784
StDev 0,8741
Variance 0,764021
Skewness 0,204973
Kurtosis 0,200723
N 116

Estadística Descriptiva de la MBP (MgO) en la combinacion 2008

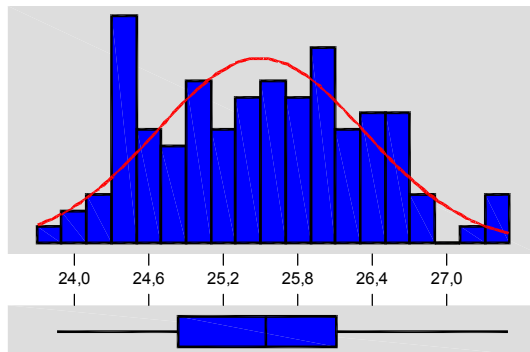


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,453
P-Value: 0,266

Mean 25,4363
StDev 1,1608
Variance 1,34751
Skewness 0,289006
Kurtosis -1,8E-01
N 116

Estadística Descriptiva de la MBP (MgO) en la combinacion 20010

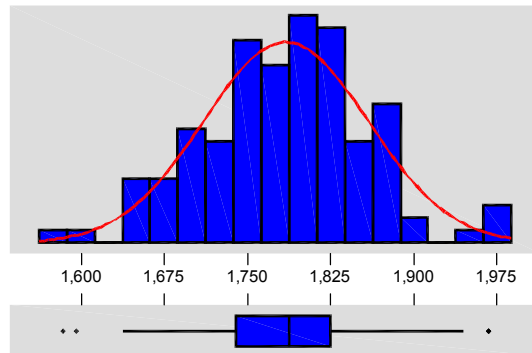


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,650
P-Value: 0,088

Mean 25,4962
StDev 0,8362
Variance 0,699267
Skewness 0,132809
Kurtosis -6,9E-01
N 120

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 1606

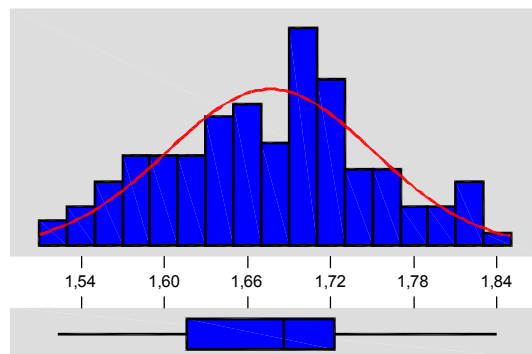


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,393
P-Value: 0,371

Mean 1,78464
StDev 0,07439
Variance 5,53E-03
Skewness -8,5E-02
Kurtosis 0,204206
N 119

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 1808

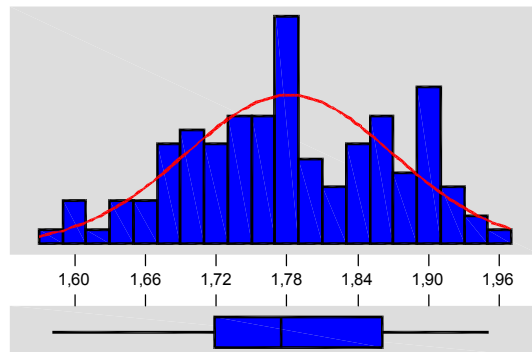


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,427
P-Value: 0,308

Mean 1,67661
StDev 0,07421
Variance 5,51E-03
Skewness 4,75E-02
Kurtosis -5,8E-01
N 114

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 16010

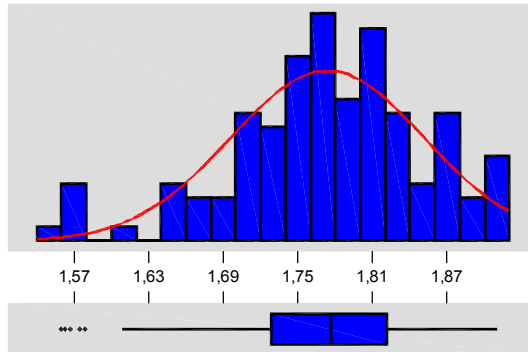


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,677
P-Value: 0,075

Mean 1,78198
StDev 0,08810
Variance 7,76E-03
Skewness -1,4E-01
Kurtosis -7,2E-01
N 116

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 1806

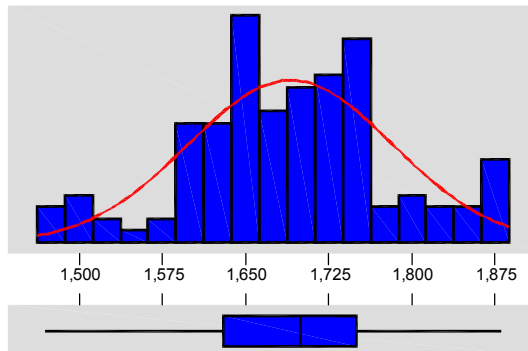


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,782
P-Value: 0,041

Mean 1,77383
StDev 0,07812
Variance 6,10E-03
Skewness -5,9E-01
Kurtosis 0,469238
N 118

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 1808

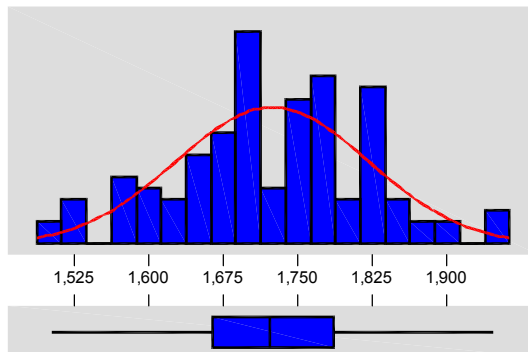


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,660
P-Value: 0,083

Mean 1,69056
StDev 0,09212
Variance 8,49E-03
Skewness -7,7E-02
Kurtosis 2,91E-02
N 126

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 18010

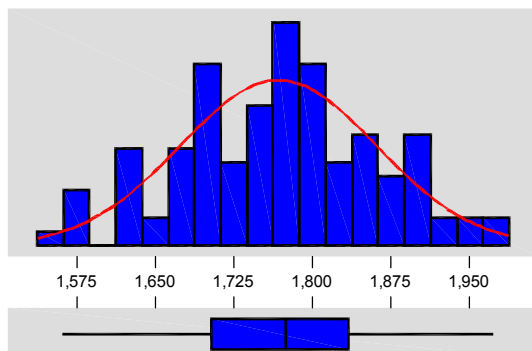


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,383
P-Value: 0,391

Mean 1,72415
StDev 0,09710
Variance 9,43E-03
Skewness -8,3E-02
Kurtosis -2,6E-01
N 120

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 2006

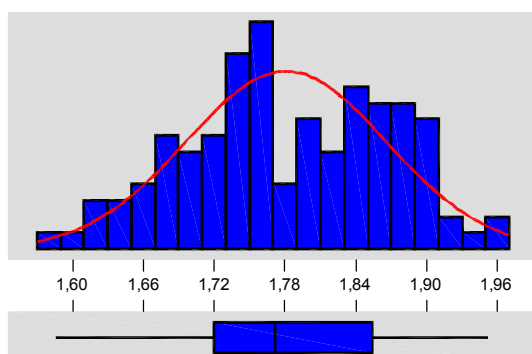


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,204
P-Value: 0,873

Mean 1,76753
StDev 0,09345
Variance 8,73E-03
Skewness -3,3E-02
Kurtosis -4,1E-01
N 112

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 2008

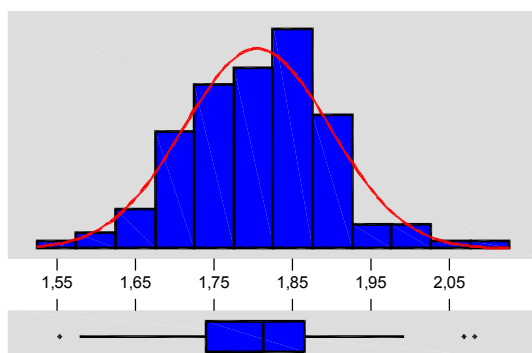


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,617
P-Value: 0,106

Mean 1,78093
StDev 0,08482
Variance 7,19E-03
Skewness -1,2E-01
Kurtosis -7,5E-01
N 117

Estadística Descriptiva de la MBS (Ni) en la combinacion 20010

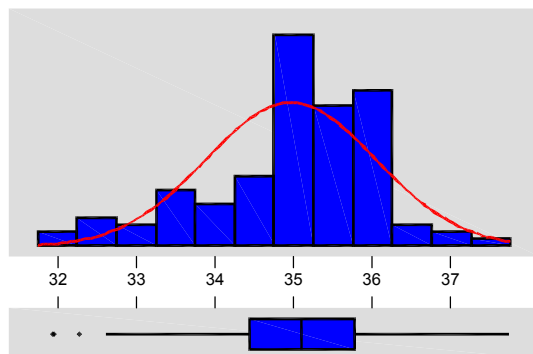


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,395
P-Value: 0,367

Mean 1,80438
StDev 0,09332
Variance 8,71E-03
Skewness 5,46E-02
Kurtosis 0,460173
N 120

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 1606

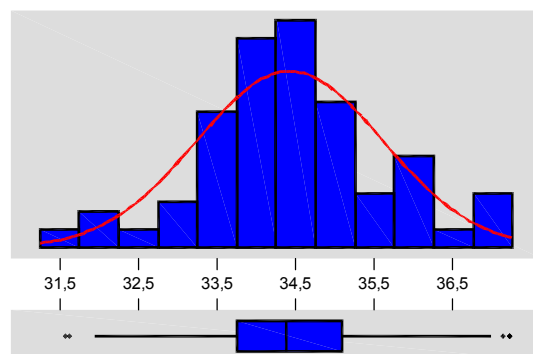


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,736
P-Value: 0,000

Mean 34,9638
StDev 1,0804
Variance 1,16728
Skewness -6,8E-01
Kurtosis 0,576239
N 111

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 1608

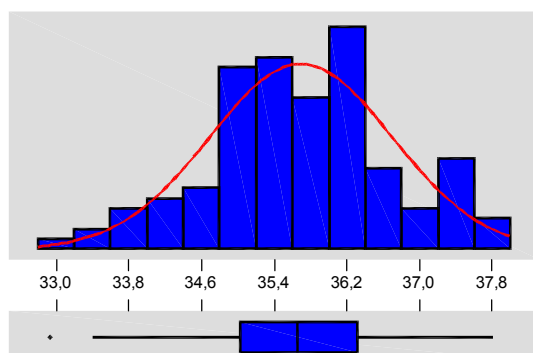


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,931
P-Value: 0,018

Mean 34,4228
StDev 1,1863
Variance 1,40742
Skewness 0,141941
Kurtosis 0,475645
N 116

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 16010

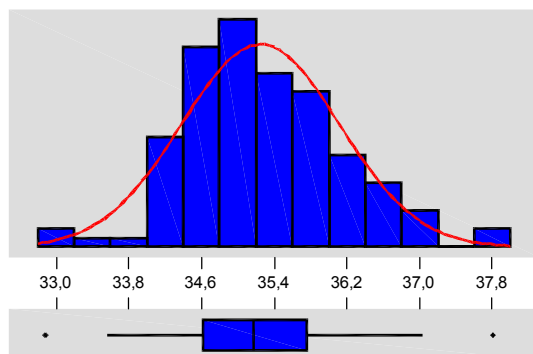


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,331
P-Value: 0,510

Mean 35,6953
StDev 1,0057
Variance 1,01148
Skewness -9,5E-02
Kurtosis -5,7E-02
N 116

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 1806

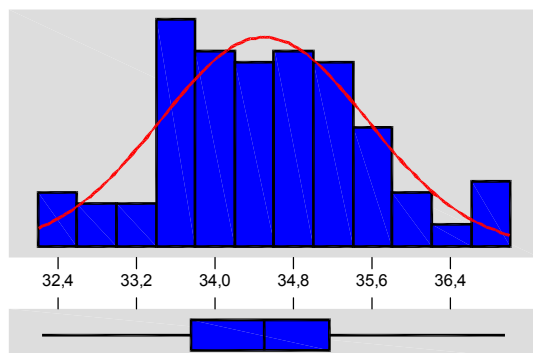


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,595
P-Value: 0,118

Mean 35,2486
StDev 0,8714
Variance 0,759336
Skewness 0,286972
Kurtosis 0,626079
N 122

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 1808

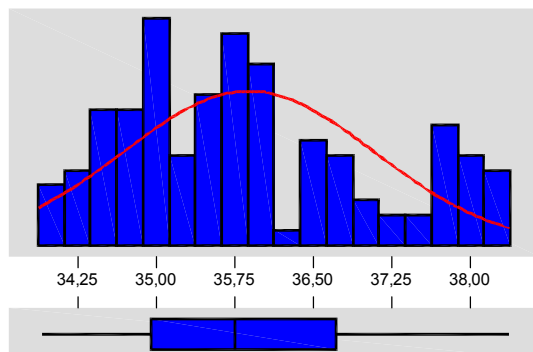


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,397
P-Value: 0,363

Mean 34,4968
StDev 1,0510
Variance 1,10454
Skewness 0,189355
Kurtosis -1,9E-01
N 128

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 18010

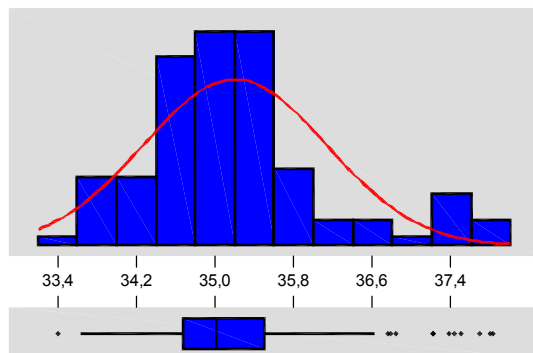


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 2,095
P-Value: 0,000

Mean 35,8833
StDev 1,2019
Variance 1,44465
Skewness 0,496220
Kurtosis -7,6E-01
N 124

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 2006

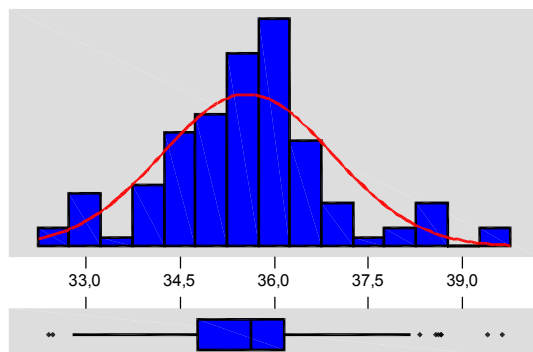


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 3,032
P-Value: 0,000

Mean 35,2001
StDev 0,9342
Variance 0,872718
Skewness 1,00544
Kurtosis 0,972889
N 114

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 2008

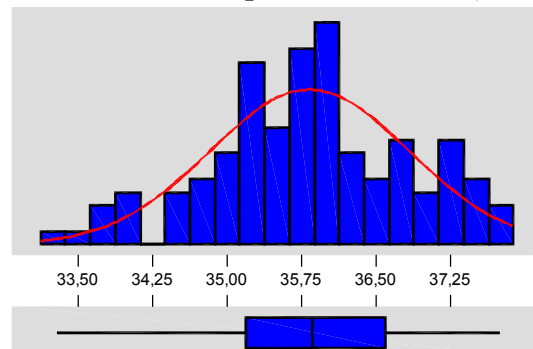


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,445
P-Value: 0,001

Mean 35,5710
StDev 1,3590
Variance 1,84687
Skewness 0,313207
Kurtosis 0,970810
N 119

Estadística Descriptiva de la MBS (SiO₂) en la combinacion 20010

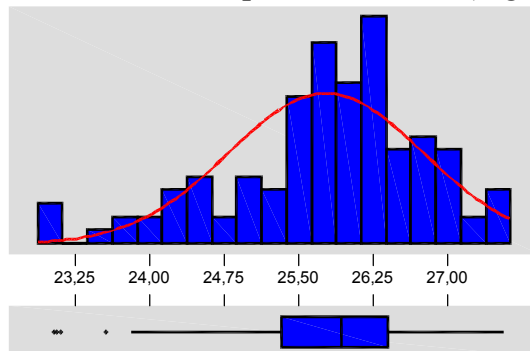


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,582
P-Value: 0,127

Mean 35,8288
StDev 1,0000
Variance 0,999905
Skewness -2,2E-01
Kurtosis -2,4E-01
N 120

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinacion 1606

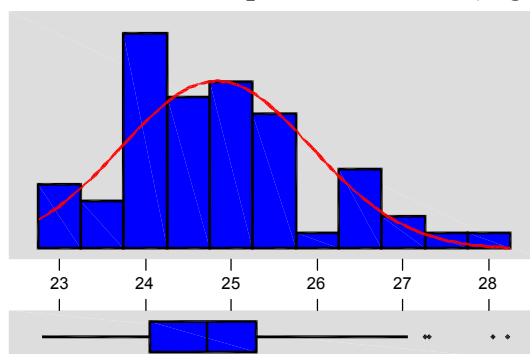


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,381
P-Value: 0,001

Mean 25,7725
StDev 0,9791
Variance 0,958695
Skewness -7,1E-01
Kurtosis 0,390594
N 111

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinacion 1608

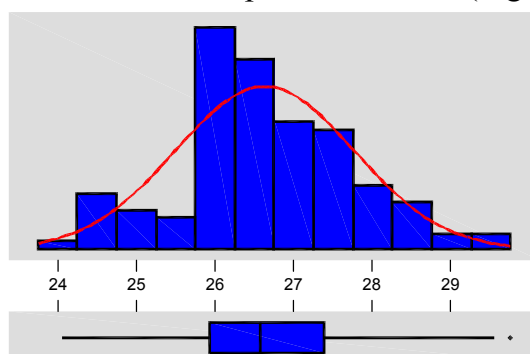


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,732
P-Value: 0,000

Mean 24,8244
StDev 1,1108
Variance 1,23391
Skewness 0,734305
Kurtosis 0,383937
N 118

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinacion 16010

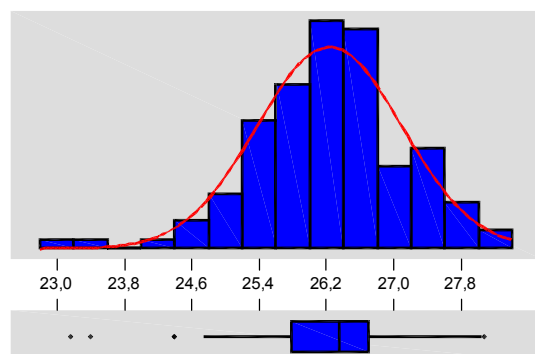


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,615
P-Value: 0,107

Mean 26,6299
StDev 1,1427
Variance 1,30569
Skewness 0,162476
Kurtosis 0,195462
N 118

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinación 1806

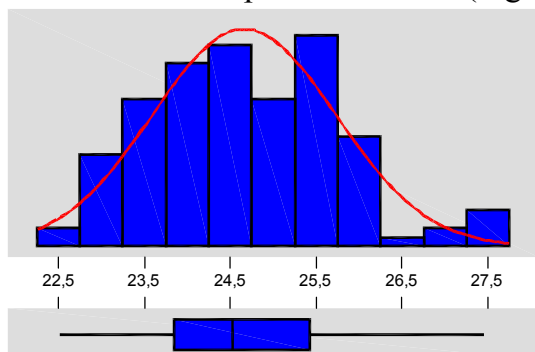


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,807
P-Value: 0,036

Mean 26,2354
StDev 0,8626
Variance 0,744015
Skewness -5,7E-01
Kurtosis 1,30620
N 120

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinación 1808

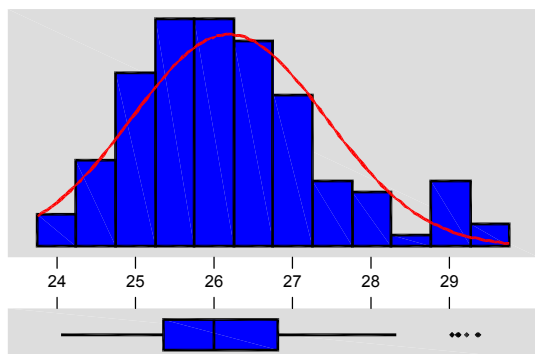


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,730
P-Value: 0,056

Mean 24,6616
StDev 1,0711
Variance 1,14725
Skewness 0,393351
Kurtosis -5,2E-02
N 128

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinación 18010

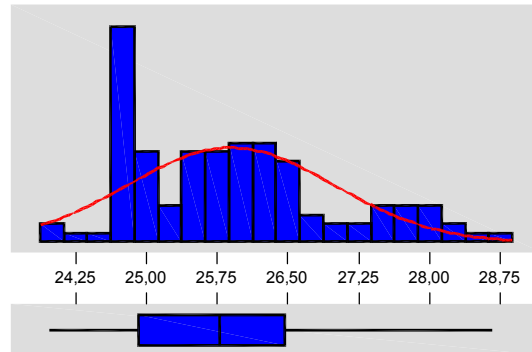


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,449
P-Value: 0,001

Mean 26,1873
StDev 1,2375
Variance 1,53152
Skewness 0,727976
Kurtosis 0,283598
N 122

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinacion 2006

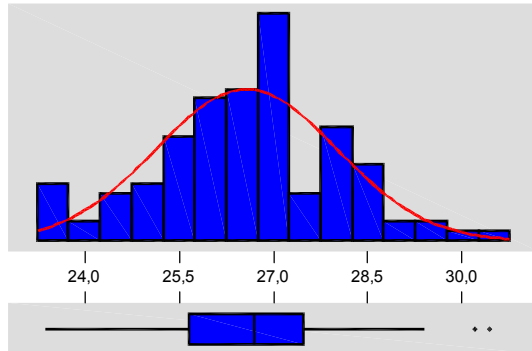


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 2,123
P-Value: 0,000

Mean 25,8951
StDev 1,0936
Variance 1,19603
Skewness 0,662031
Kurtosis -2,5E-01
N 116

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinacion 2008

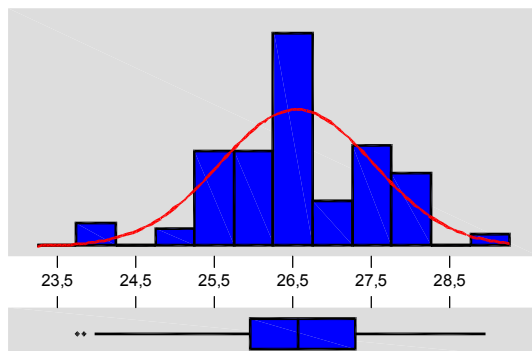


Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,458
P-Value: 0,259

Mean 26,5710
StDev 1,4395
Variance 2,07224
Skewness -7,3E-02
Kurtosis 9,23E-02
N 116

Estadística Descriptiva de la MBS (MgO) en la combinacion 20010

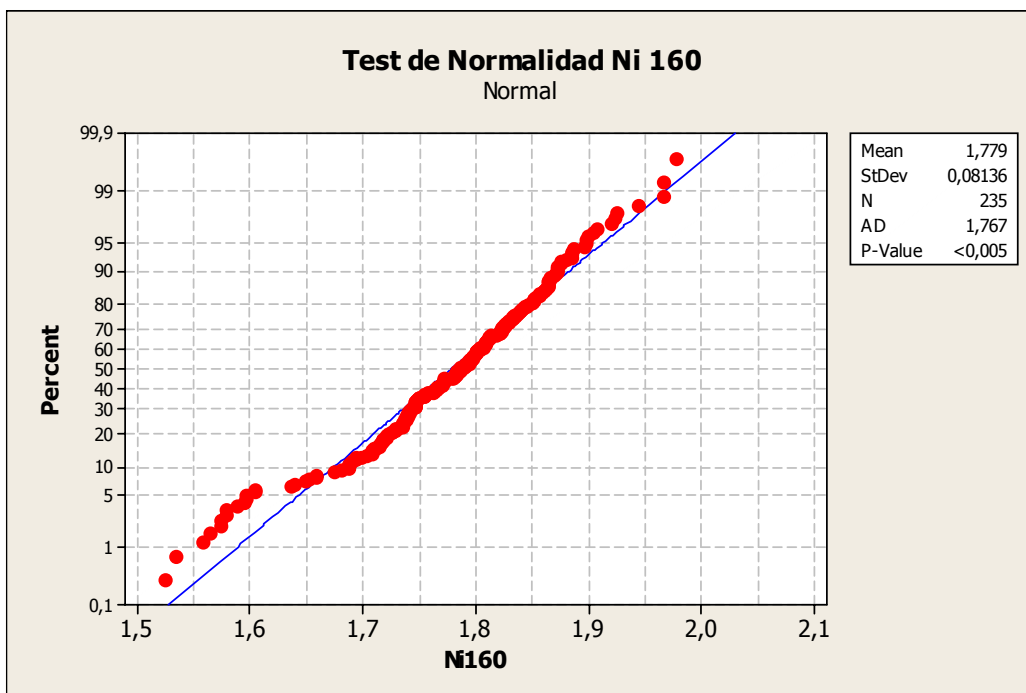
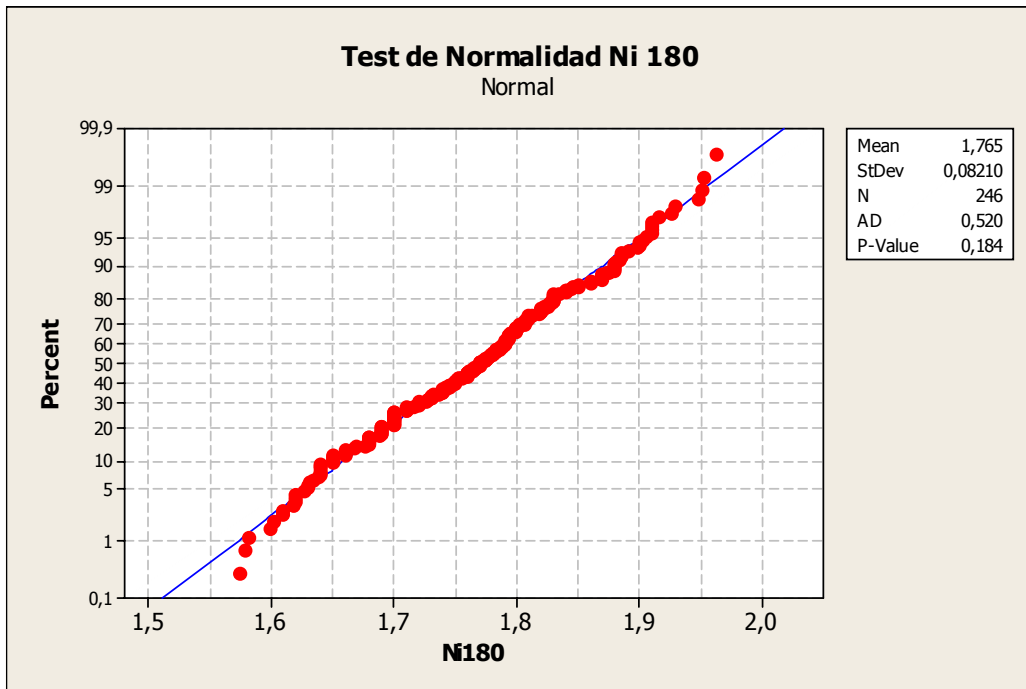


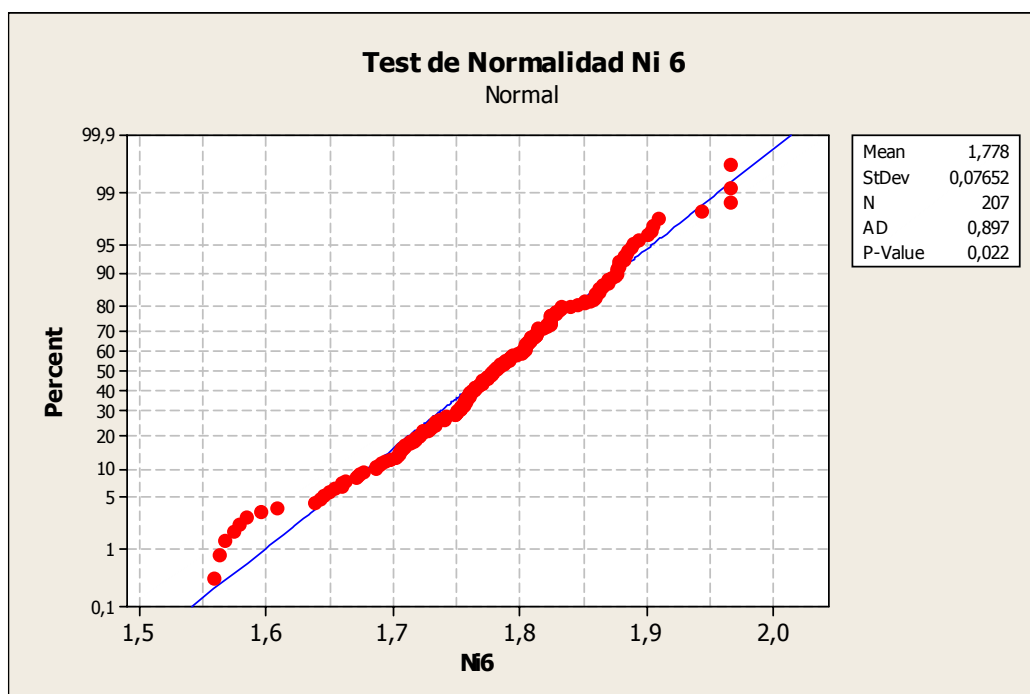
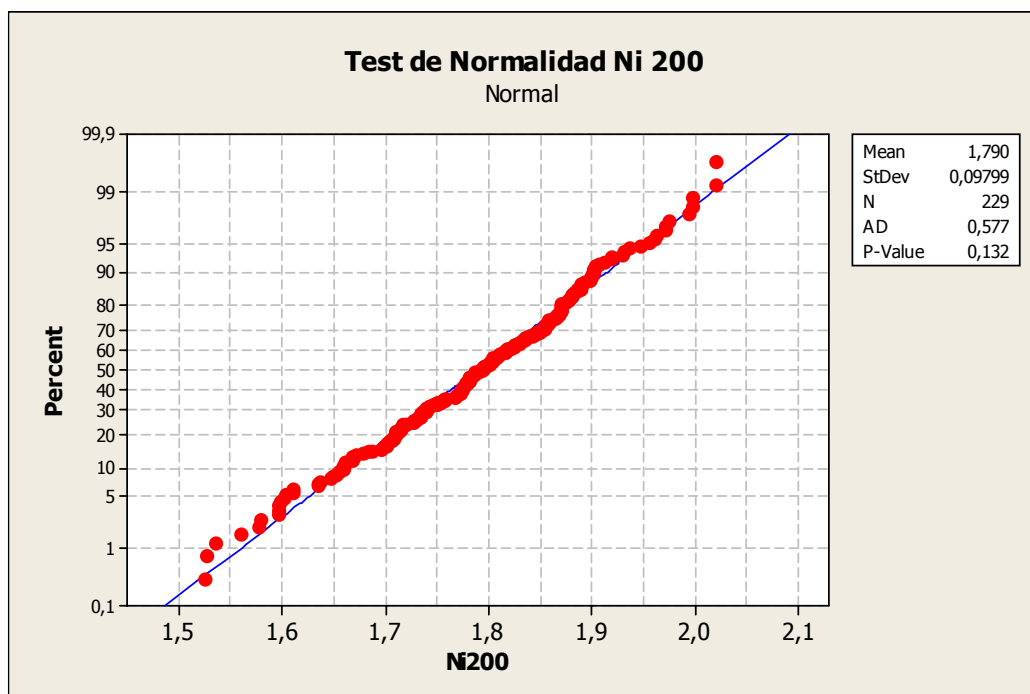
Anderson-Darling Normality Test

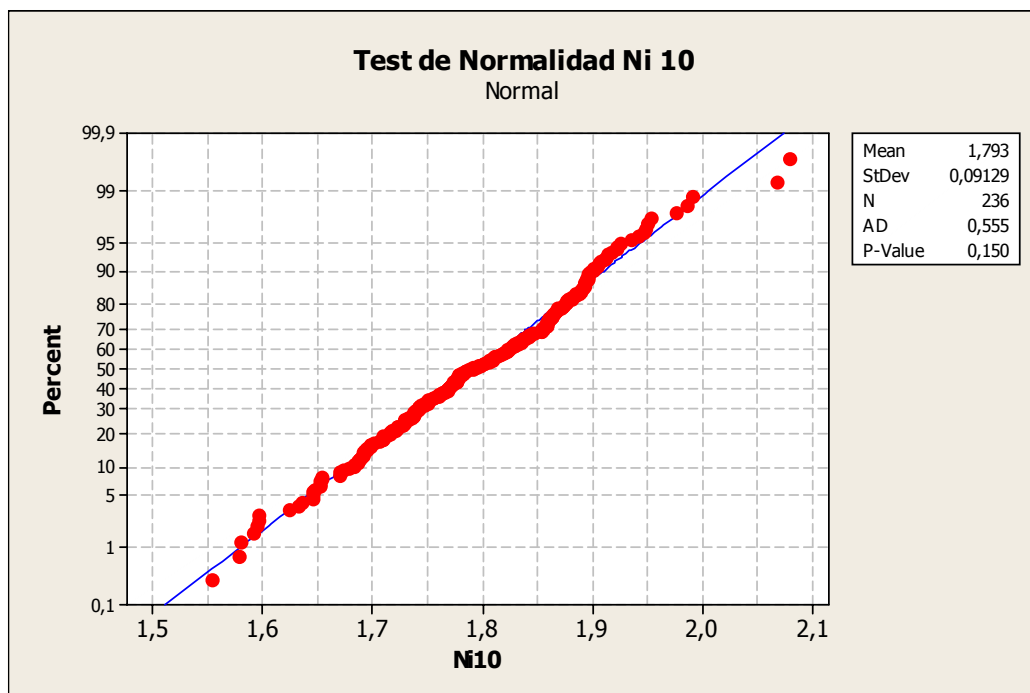
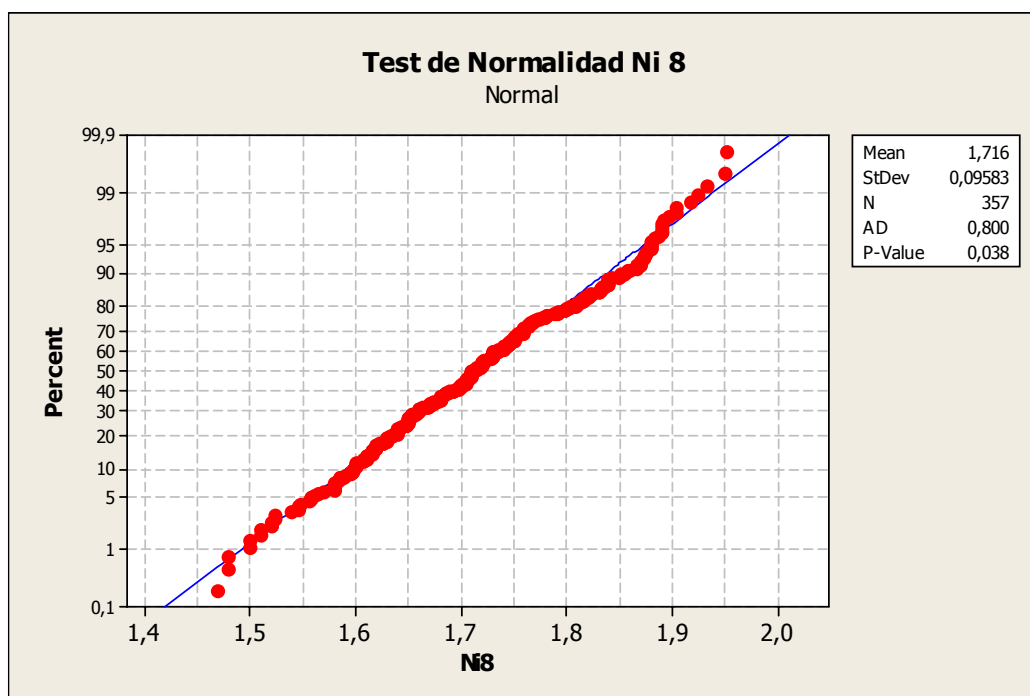
A-Squared: 0,627
P-Value: 0,100

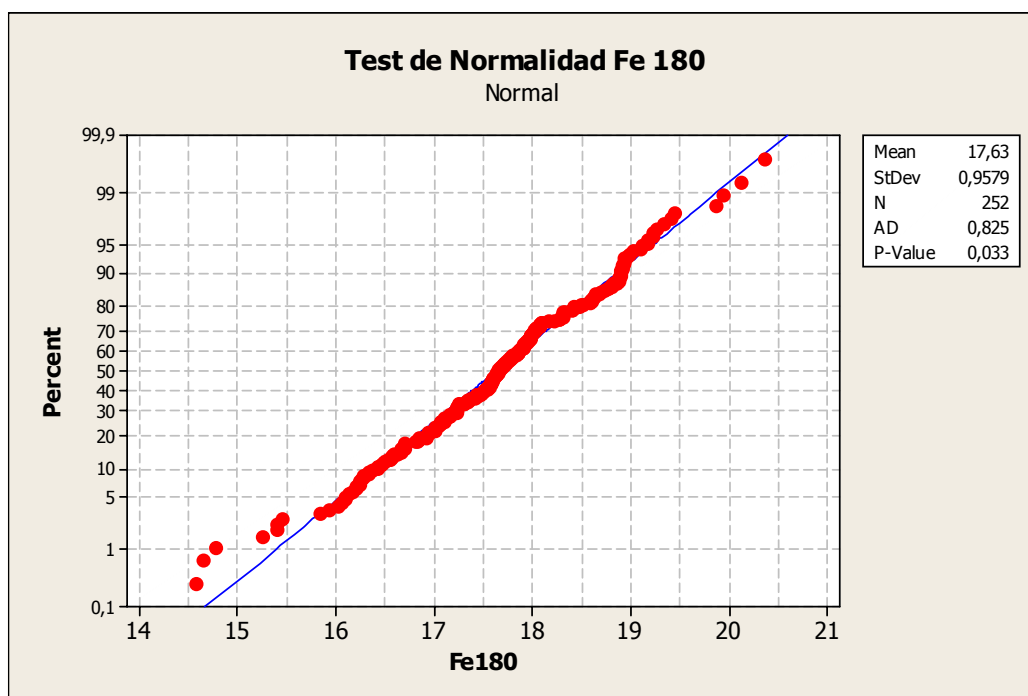
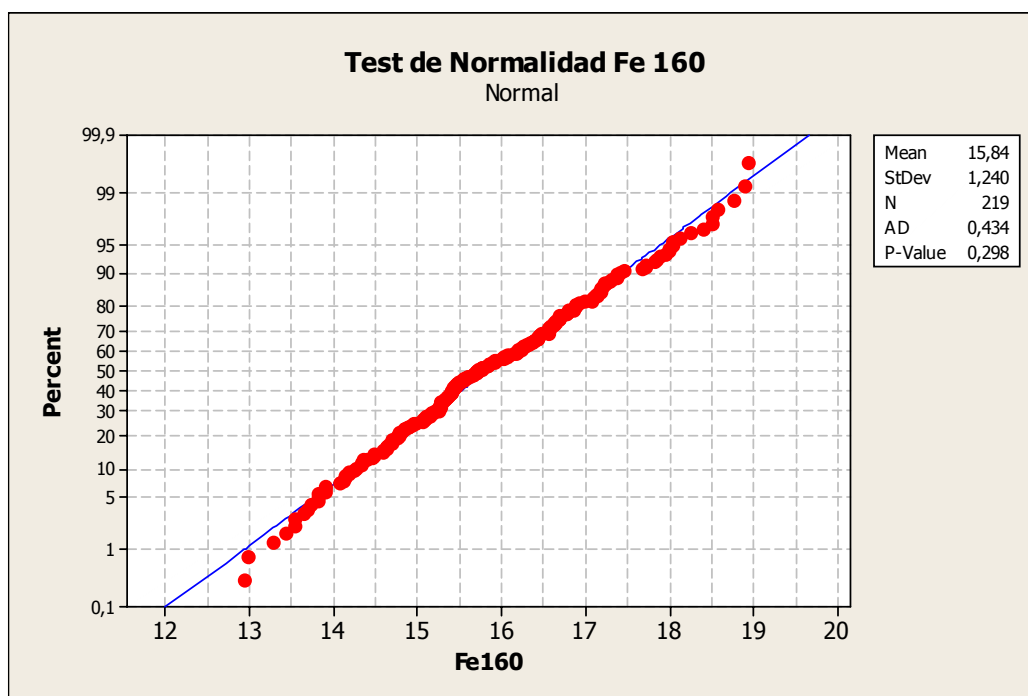
Mean 26,5459
StDev 0,9746
Variance 0,949871
Skewness -2,7E-01
Kurtosis 0,402118
N 120

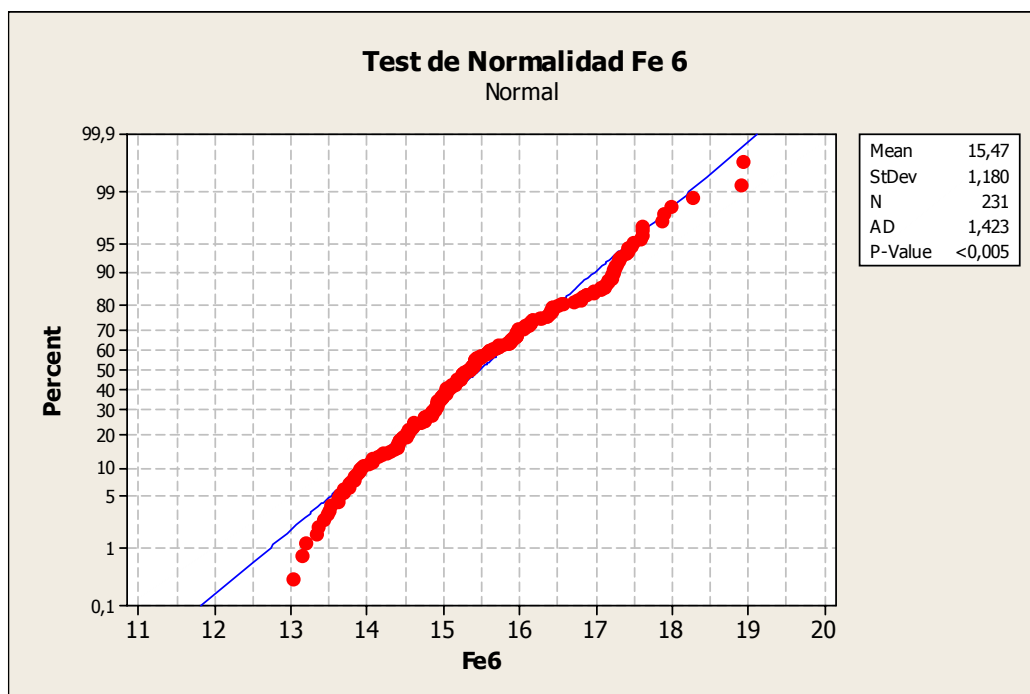
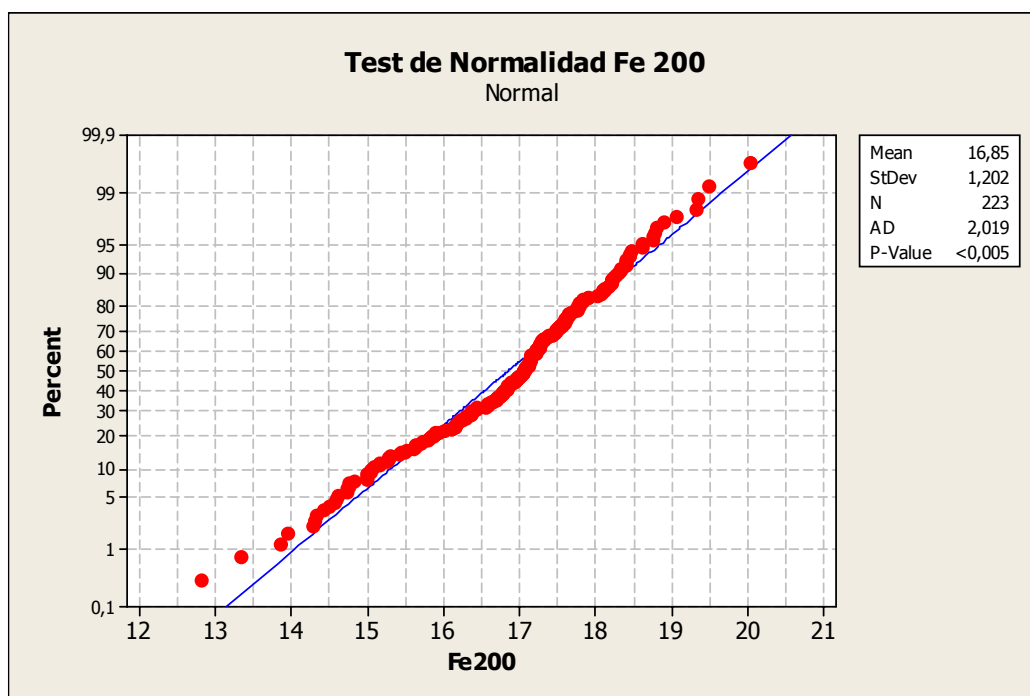
APÉNDICE E. TEST DE NORMALIDAD DE COMBINACIONES

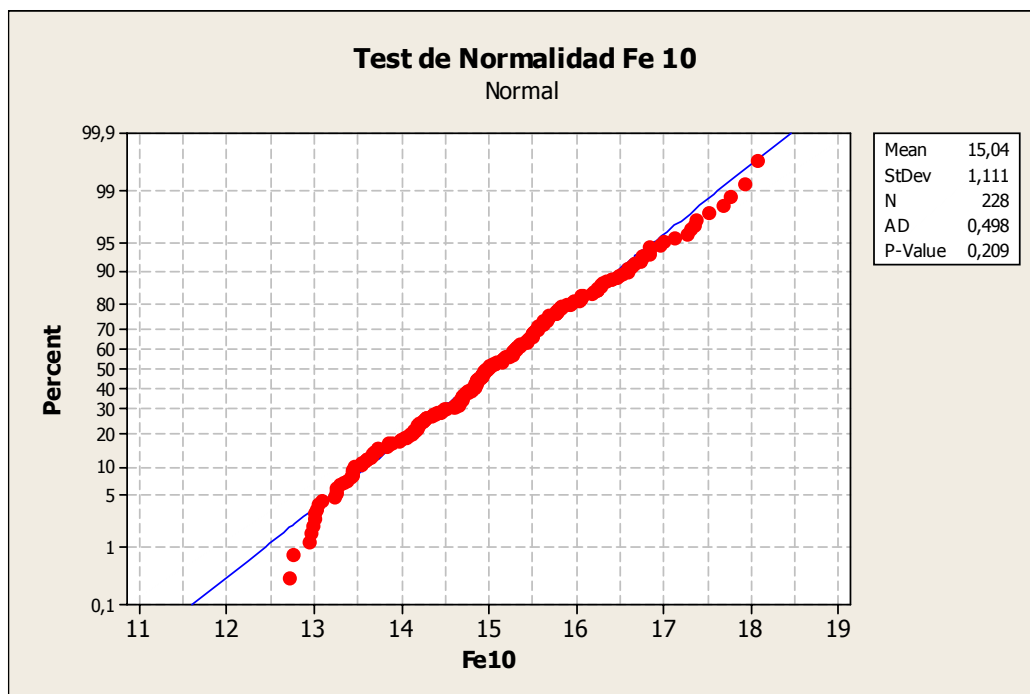
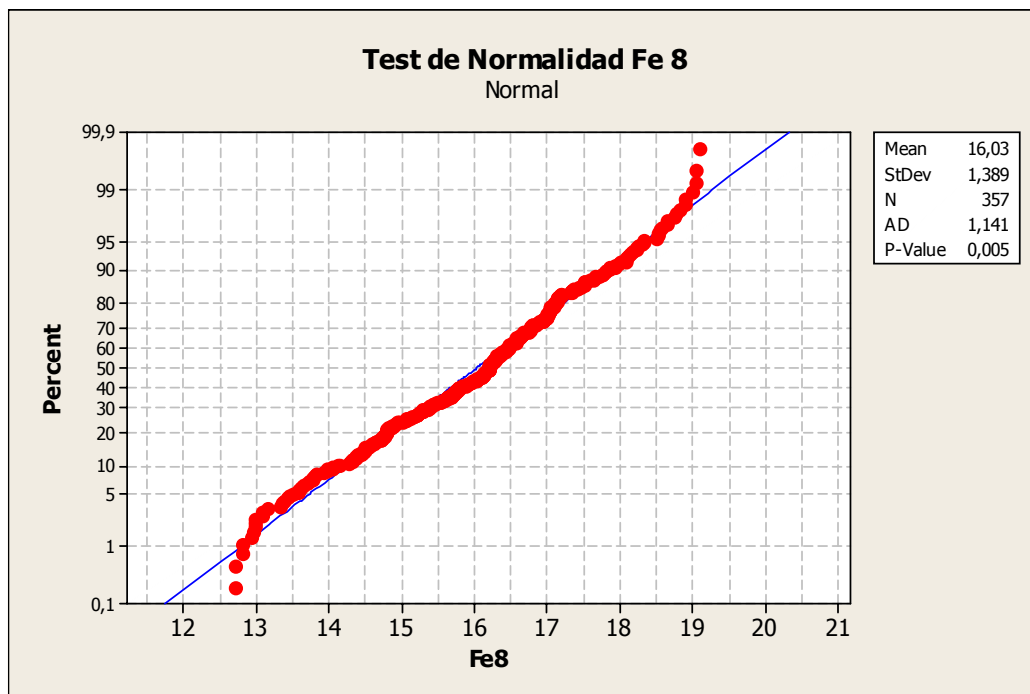


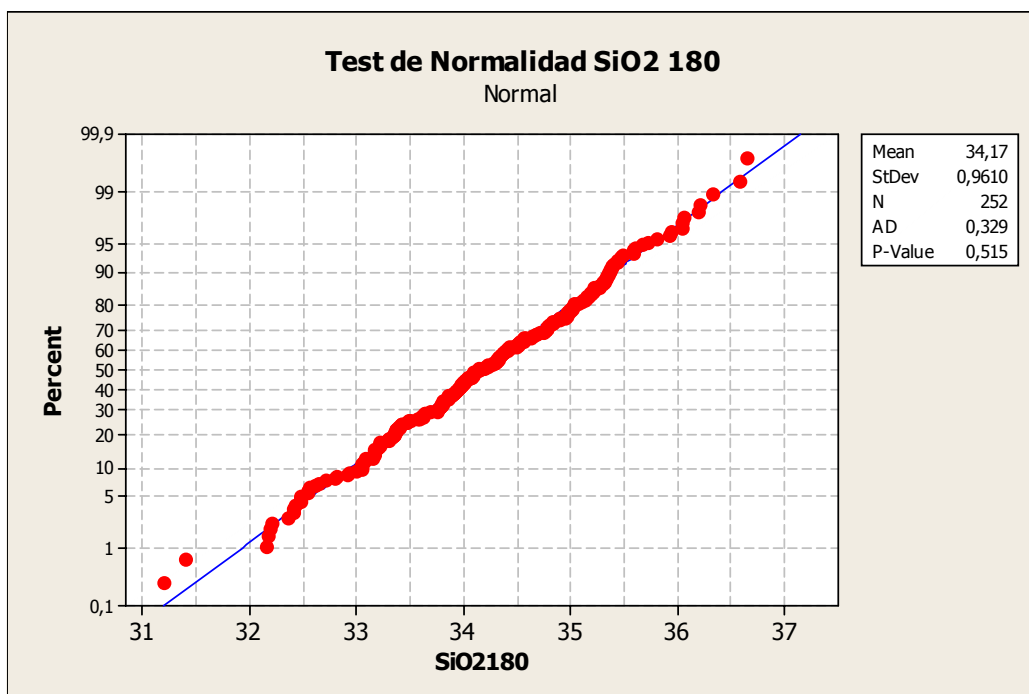
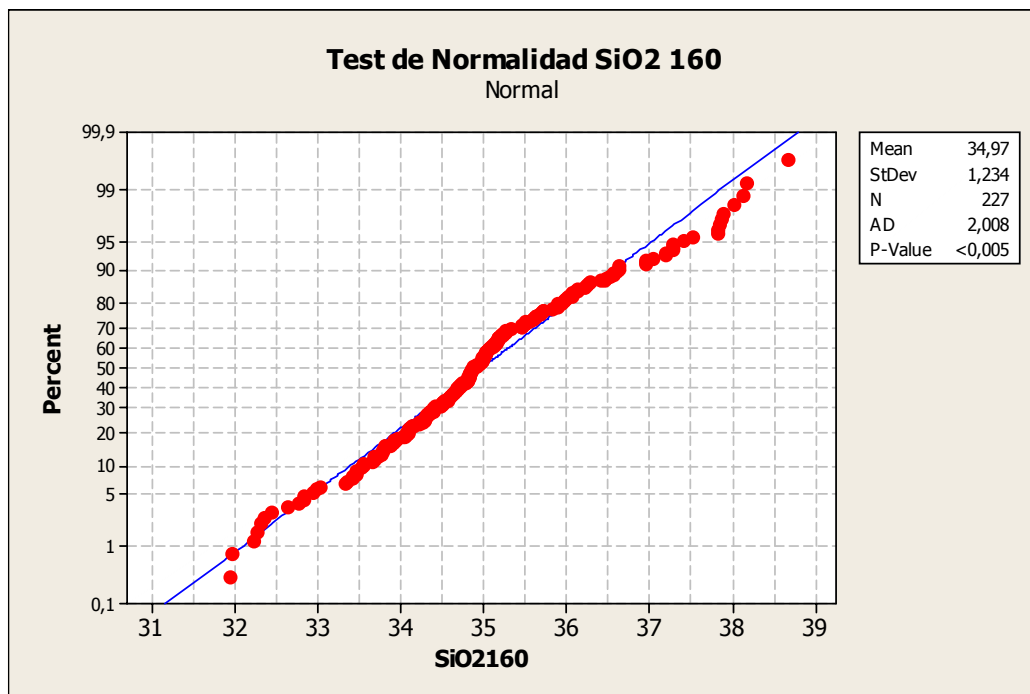


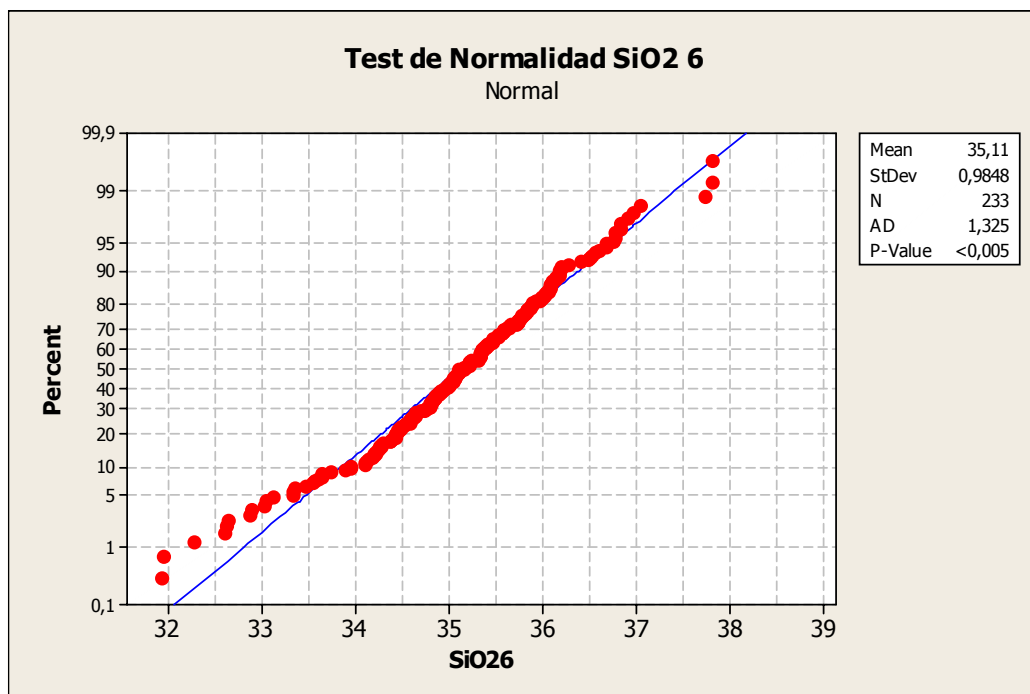
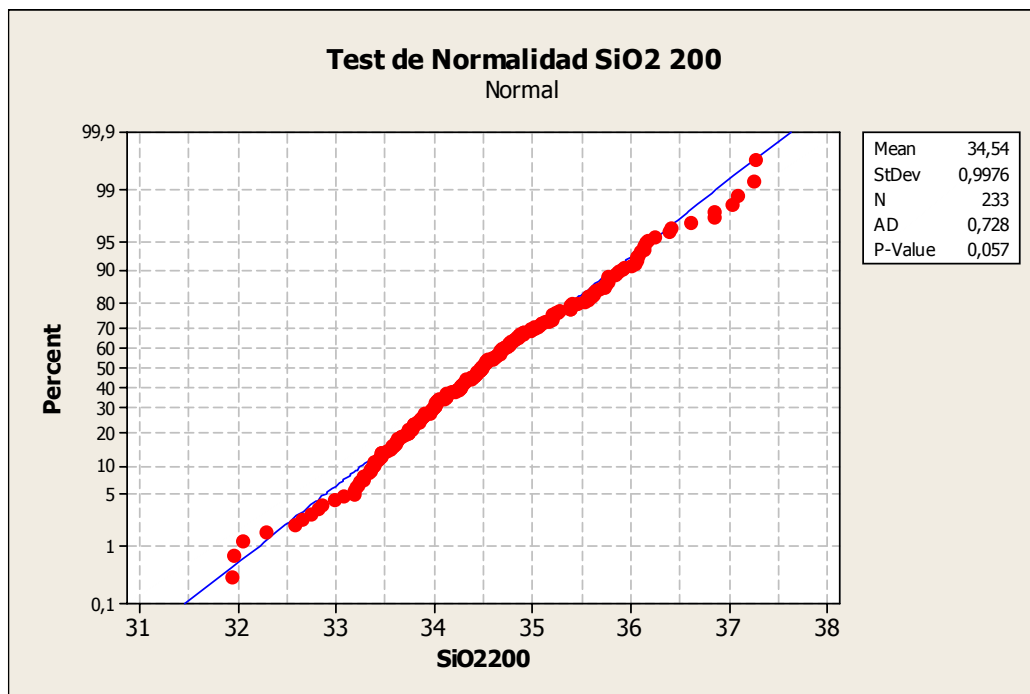


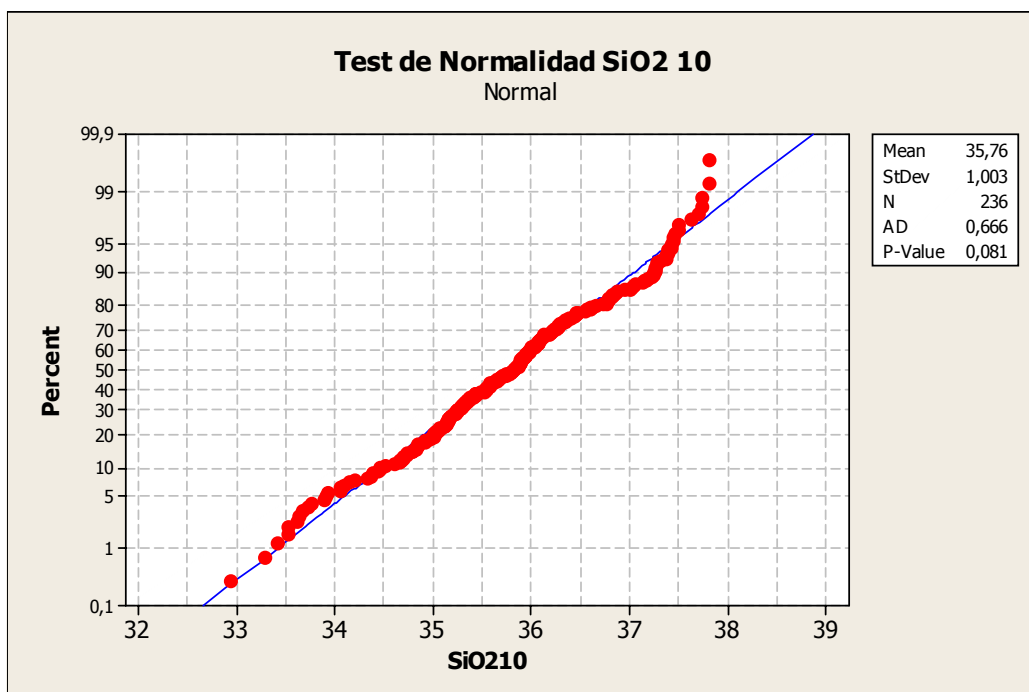
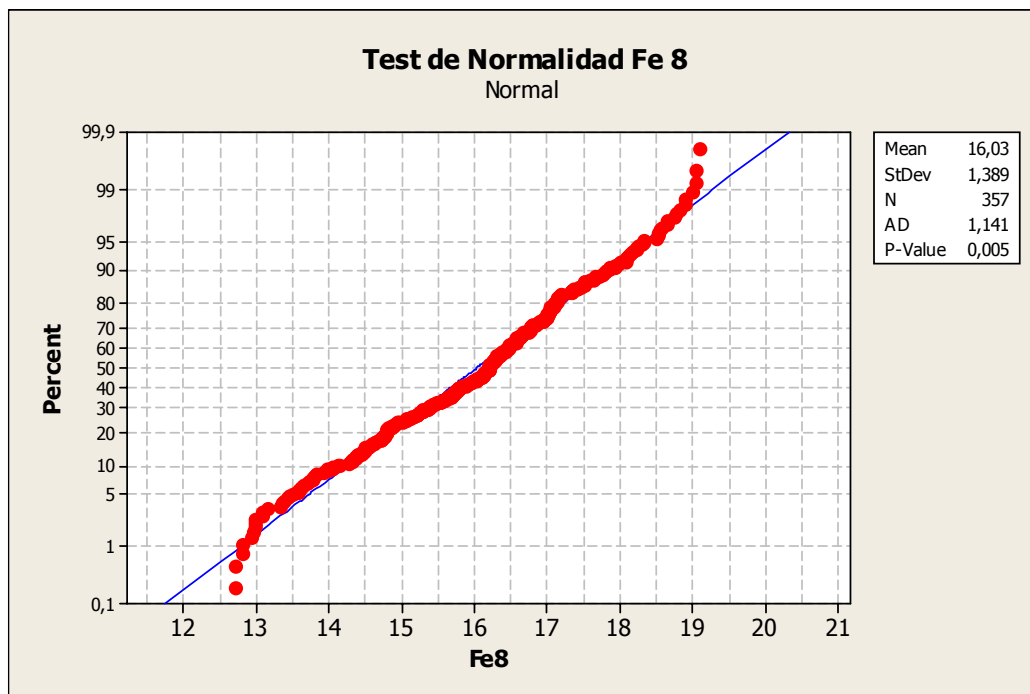


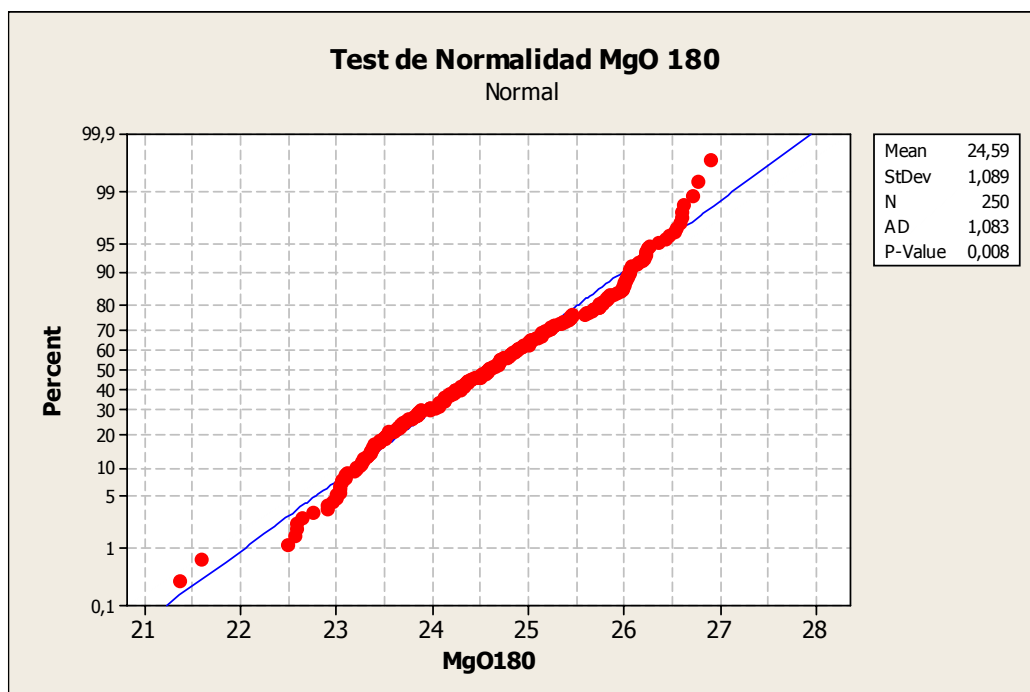
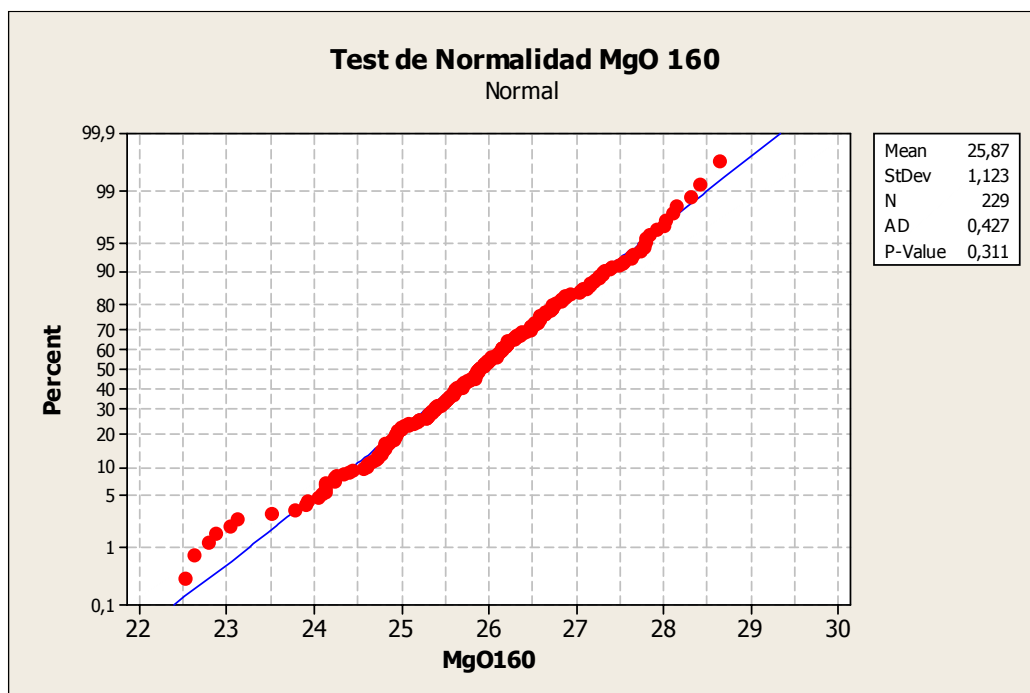


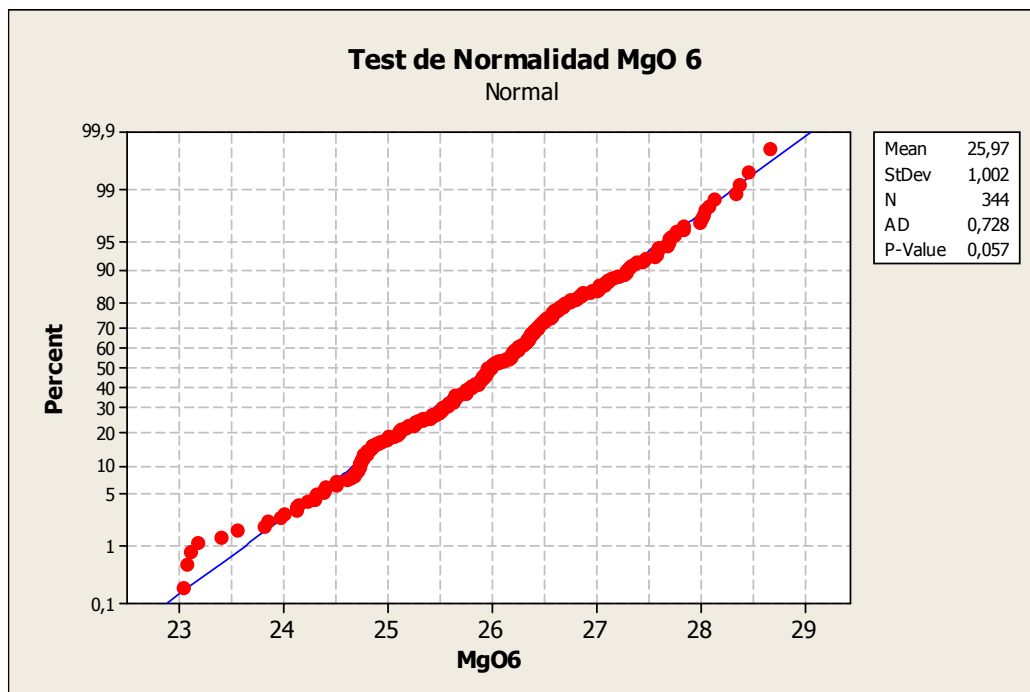
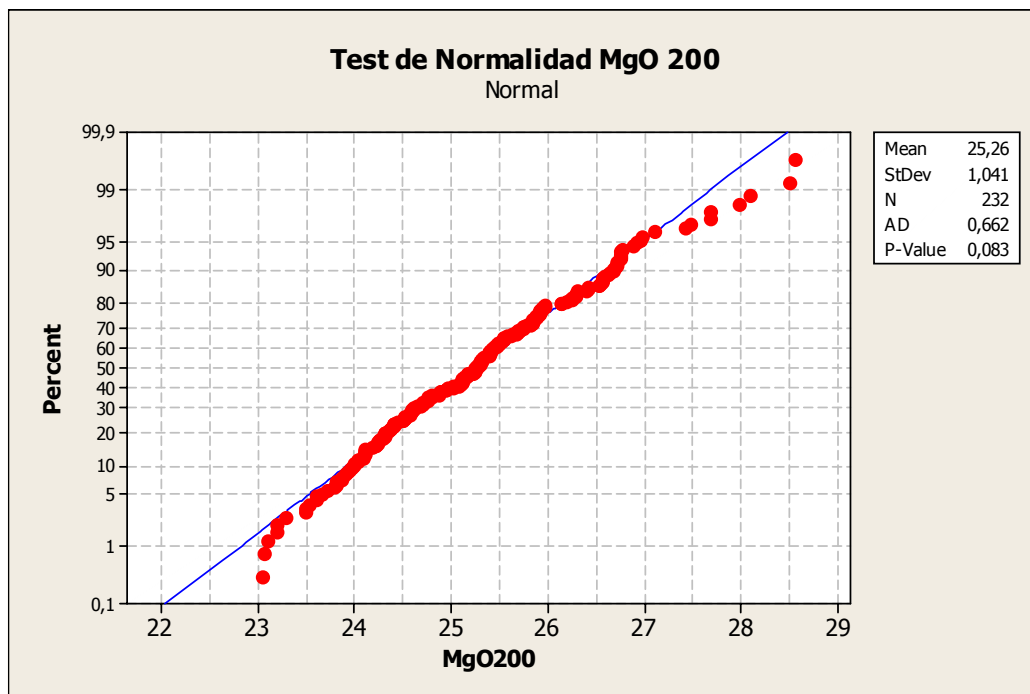


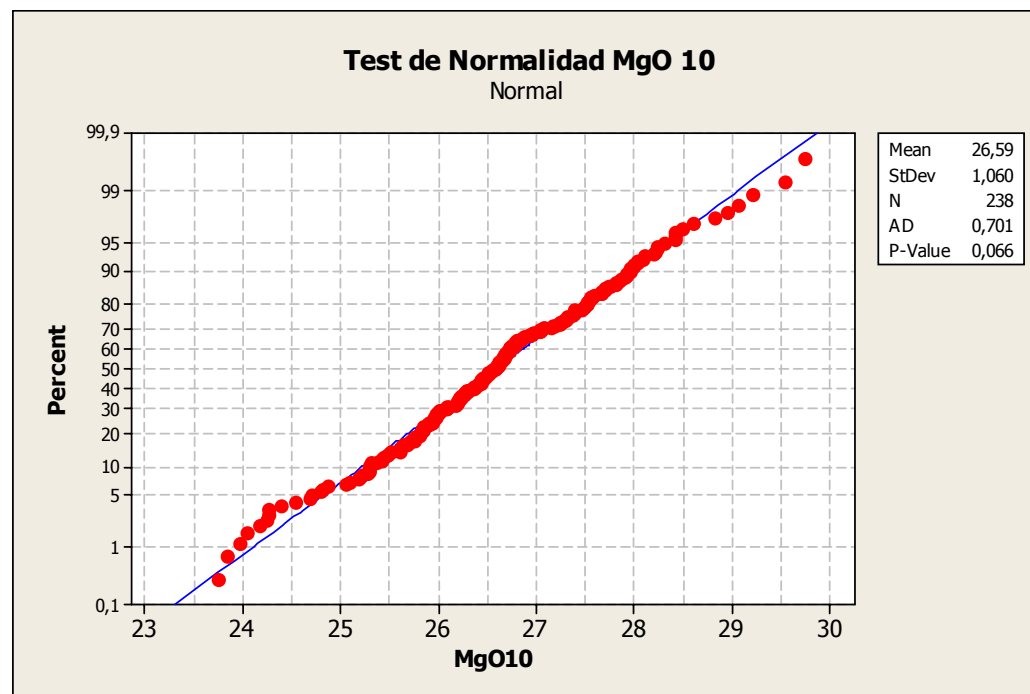
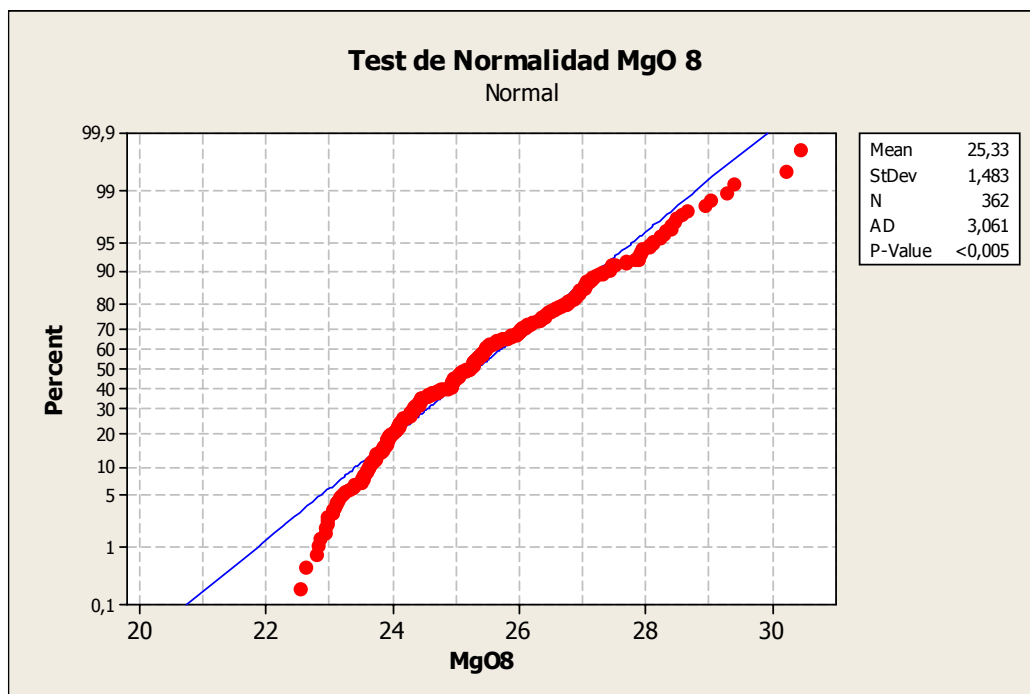


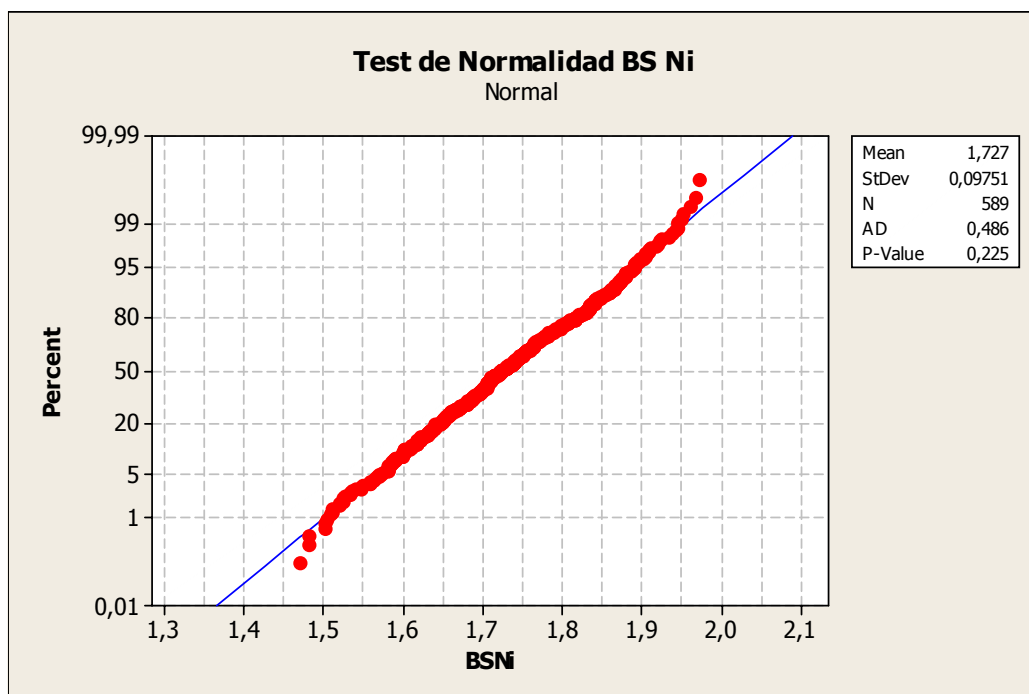
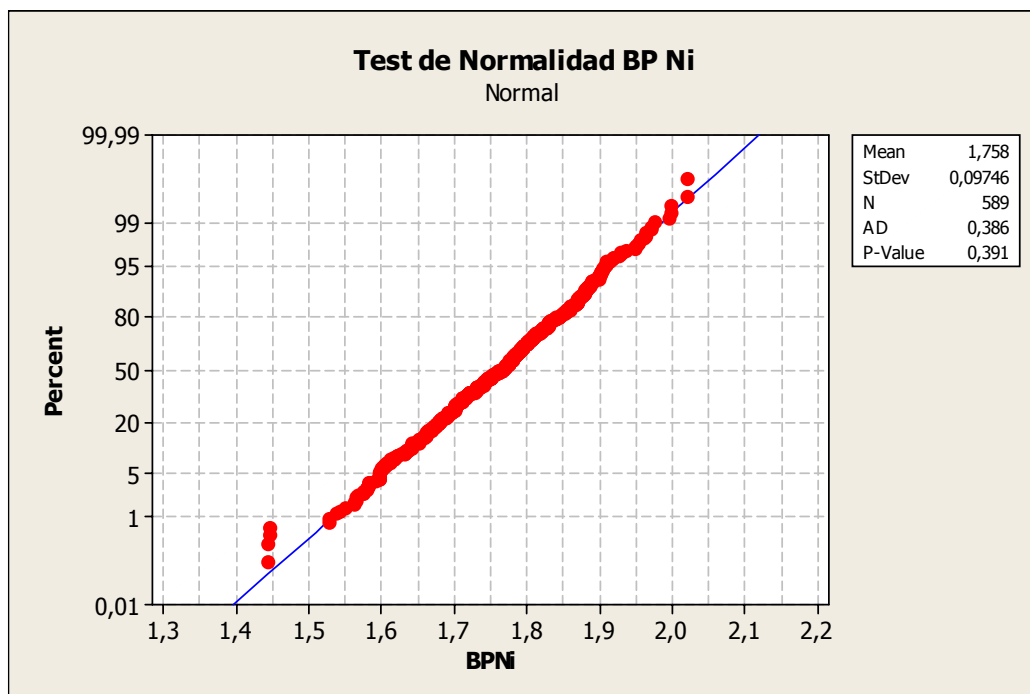


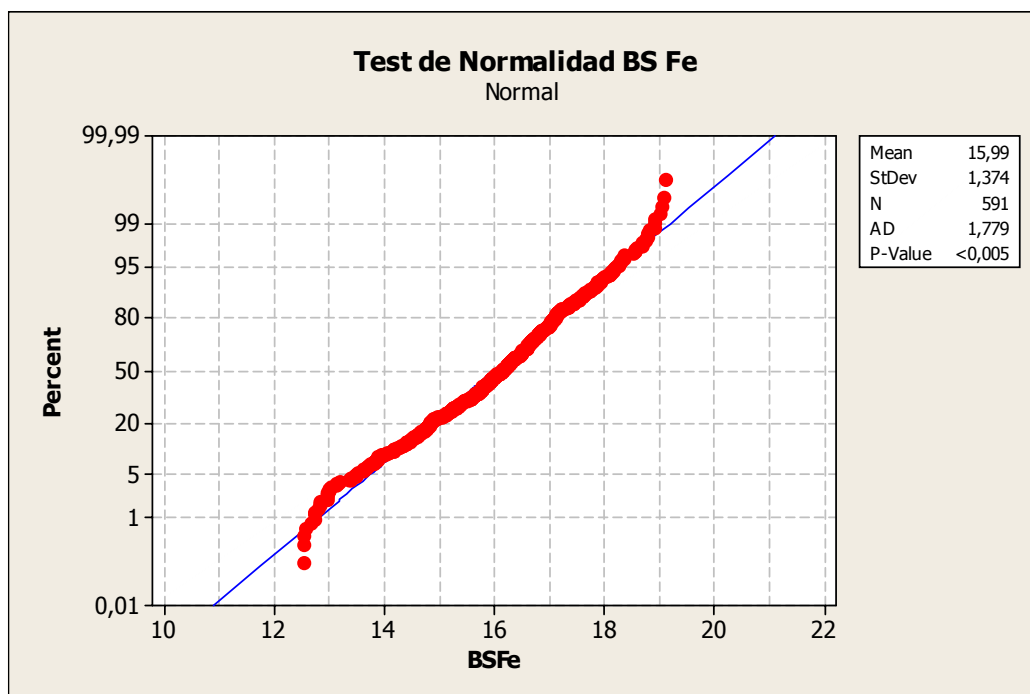
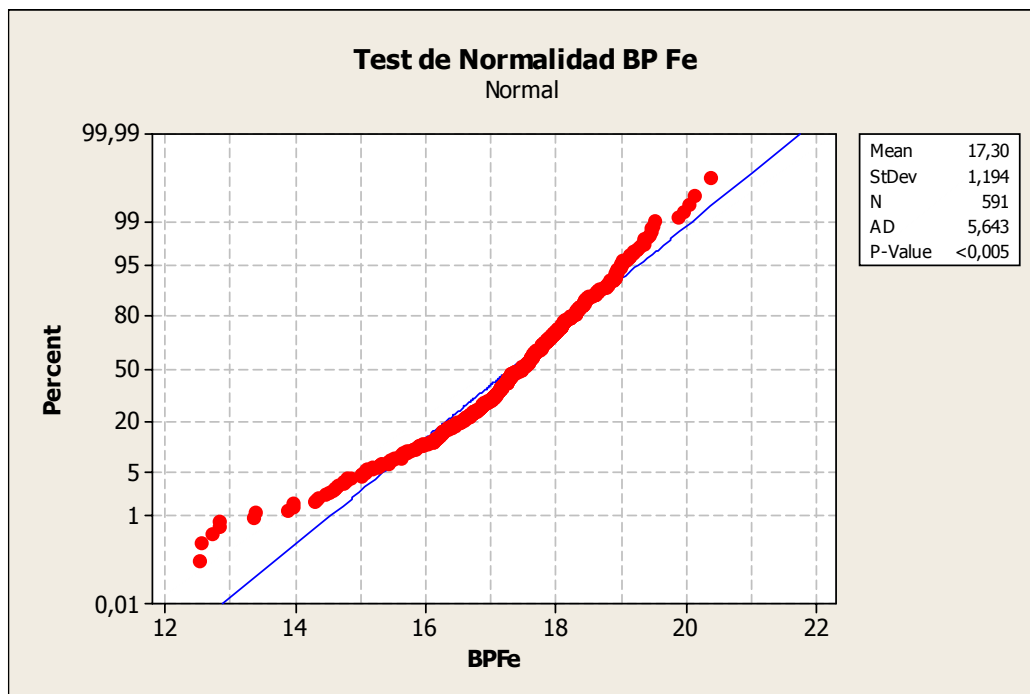


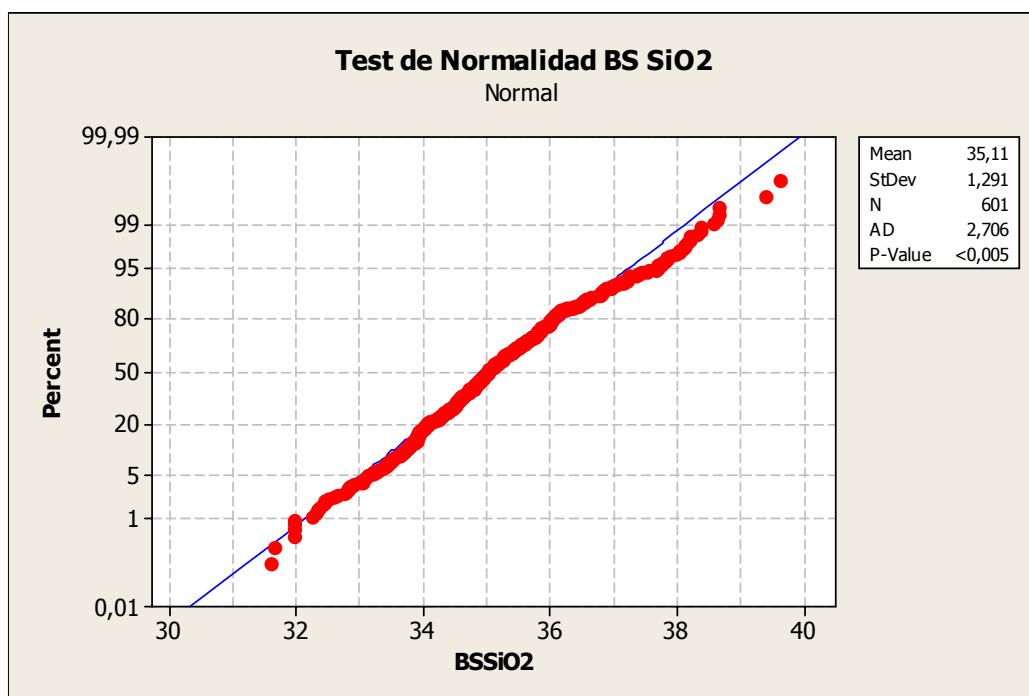
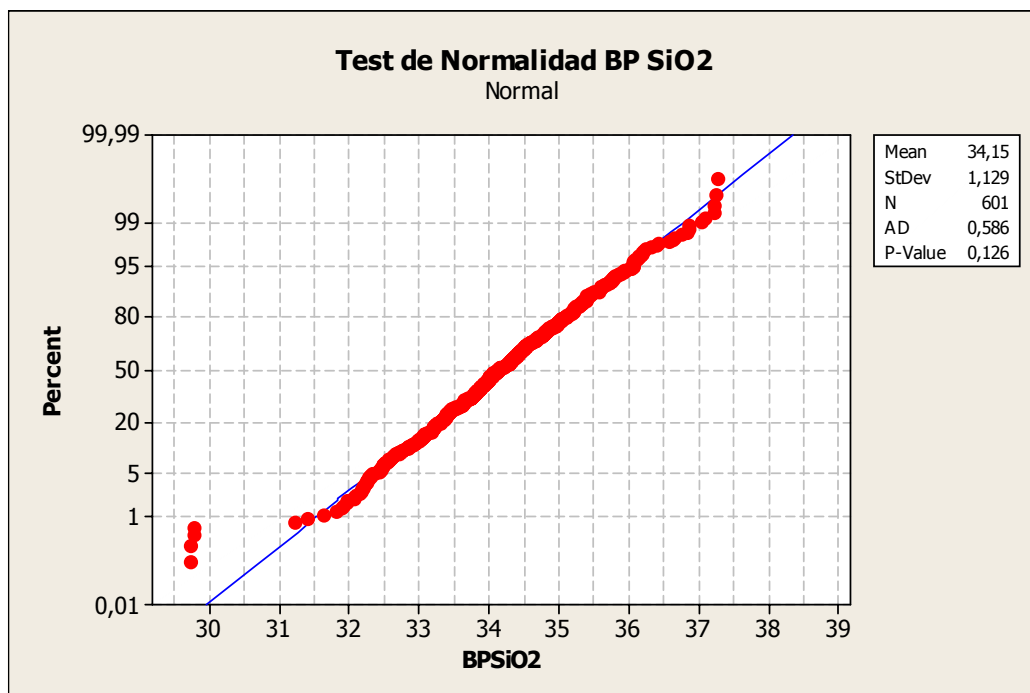


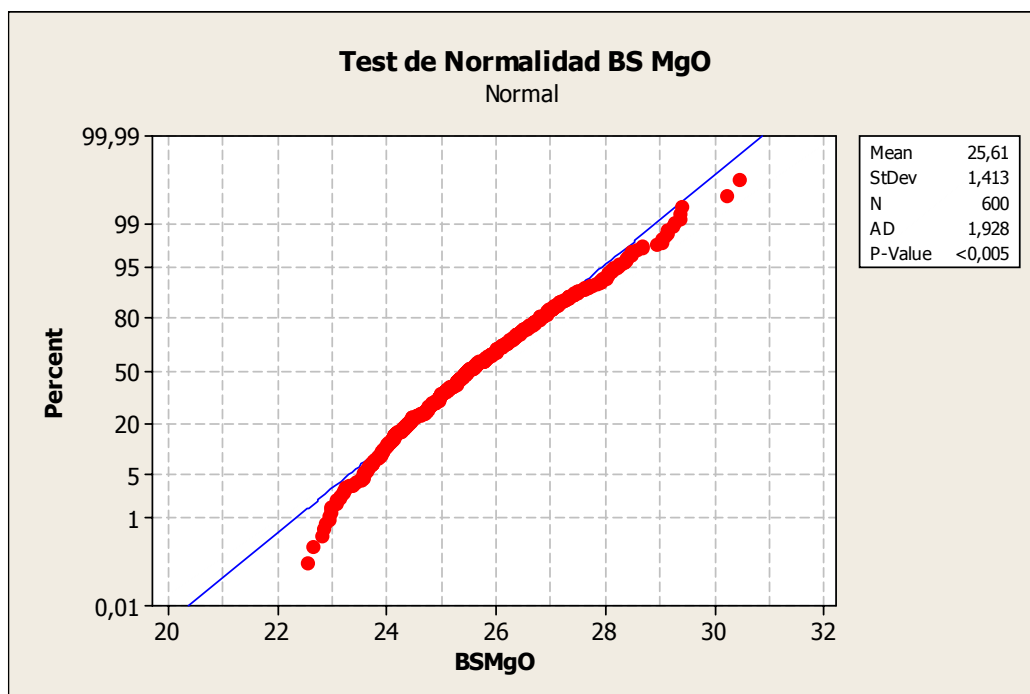
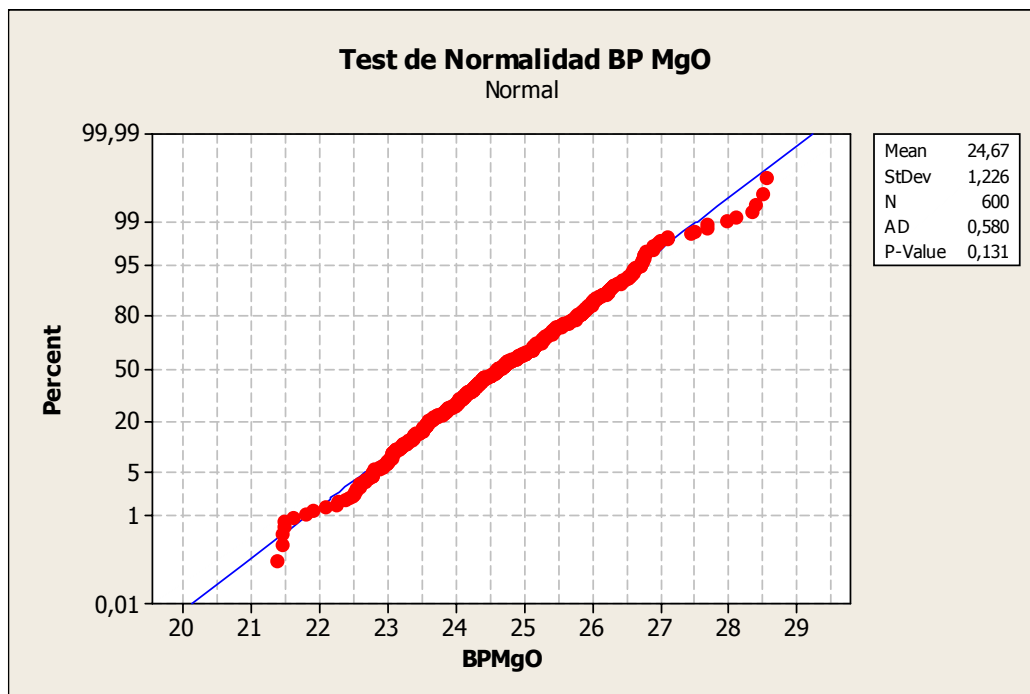












APENDICE F. TABLAS DE RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Combinación 1808

MBP	MgO (%)	SiO2 (%)	Fe (%)	Ni (%)	MBS	MgO (%)	SiO2 (%)	Fe (%)	Ni (%)
01-A	23,20	33,07	18,08	1,70	02-A	25,94	34,85	16,27	1,75
01-B	23,19	32,99	17,83	1,72	02-B	25,85	34,82	15,77	1,74
03-A	24,12	33,36	18,89	1,83	04-A	23,73	33,62	16,20	1,62
03-B	24,18	33,42	18,79	1,83	04-B	23,74	33,63	16,24	1,62
05-A	23,98	32,16	16,62	1,70	06-A	25,02	33,43	16,48	1,64
05-B	24,23	32,55	16,70	1,71	06-B	25,05	33,43	16,57	1,63
07-A	23,80	34,13	17,53	1,73	08-A	25,42	34,61	15,06	1,66
07-B	23,86	34,39	17,68	1,77	08-B	25,41	34,67	15,16	1,67
09-A	24,40	33,59	18,89	1,86	10-A	25,94	34,85	16,27	1,75
09-B	24,35	33,80	19,17	1,81	10-B	25,85	34,82	15,77	1,74
11-A	24,12	33,33	18,89	1,80	12-A	26,09	35,40	16,95	1,79
11-B	24,12	33,35	18,93	1,76	12-B	26,00	35,66	17,17	1,78
13-A	23,87	33,21	18,88	1,84	14-A	25,65	36,24	16,03	1,82
13-B	23,85	33,16	18,91	1,91	14-B	25,68	36,62	16,12	1,84
15-A	24,81	33,92	16,70	1,81	16-A	25,75	35,56	14,48	1,62
15-B	24,79	33,96	16,85	1,79	16-B	25,82	35,72	14,56	1,61
17-A	23,26	33,08	17,97	1,70	18-A	24,98	34,60	17,86	1,88
17-B	23,31	33,16	17,91	1,73	18-B	26,07	34,84	16,47	1,75
19-A	24,07	33,50	18,28	1,82	20-A	25,43	36,05	14,59	1,60
19-B	24,08	33,49	17,96	1,80	20-B	25,46	36,15	14,31	1,60
21-A	24,68	34,08	17,56	1,81	22-A	25,98	34,70	16,49	1,73
21-B	24,71	34,11	17,59	1,79	22-B	25,01	34,52	17,58	1,87
23-A	22,65	32,65	20,12	1,79	24-A	23,72	33,75	18,23	1,75
23-B	22,76	32,91	20,36	1,80	24-B	23,59	33,76	18,11	1,72
25-A	24,68	34,14	17,92	1,78	26-A	24,91	34,50	15,42	1,60
25-B	24,81	34,37	18,07	1,80	26-B	24,93	34,50	15,37	1,60
27-A	25,23	34,53	17,10	1,70	28-A	24,72	34,25	16,63	1,62
27-B	25,24	34,34	17,01	1,69	28-B	24,77	34,31	16,80	1,65
29-A	22,50	32,35	17,90	1,66	30-A	24,53	34,56	16,56	1,64
29-B	22,59	32,48	17,89	1,65	30-B	24,61	34,71	16,69	1,65

31-A	23,40	32,48	18,99	1,71	32-A	23,87	34,44	16,87	1,67
31-B	23,38	32,43	19,09	1,69	32-B	23,81	34,42	16,56	1,67
33-A	23,54	32,80	17,42	1,64	34-A	23,29	32,57	18,01	1,71
33-B	23,59	32,81	17,47	1,65	34-B	23,06	32,29	17,63	1,68
35-A	24,03	34,03	18,33	1,68	36-A	23,53	32,74	18,22	1,74
35-B	24,17	34,26	18,58	1,70	36-B	23,61	32,86	18,33	1,74
37-A	24,83	34,46	16,01	1,75	38-A	25,40	36,15	14,61	1,71
37-B	24,58	34,30	16,10	1,76	38-B	25,20	35,98	14,80	1,72
39-A	24,16	33,80	18,41	1,87	40-A	23,56	33,95	18,66	1,88
39-B	24,21	33,97	18,48	1,90	40-B	23,62	33,91	18,53	1,88
41-A	21,60	31,39	19,41	1,67	42-A	24,94	35,30	15,21	1,70
41-B	21,37	31,20	19,43	1,68	42-B	24,92	35,32	15,06	1,71
43-A	23,53	33,86	17,63	1,66	44-A	24,44	33,92	16,31	1,68
43-B	23,45	33,82	17,78	1,64	44-B	24,30	33,95	16,34	1,71
45-A	24,50	33,92	17,80	1,83	46-A	24,07	34,49	16,23	1,65
45-B	24,56	34,00	17,72	1,83	46-B	24,11	34,63	16,37	1,66
47-A	22,58	33,39	17,94	1,68	48-A	23,88	33,71	16,67	1,63
47-B	22,57	33,37	18,09	1,68	48-B	23,96	33,81	16,64	1,63
49-A	22,96	32,61	18,03	1,64	50-A	22,96	33,66	17,72	1,84
49-B	23,04	32,71	18,06	1,64	50-B	22,83	33,48	17,66	1,80
51-A	23,35	34,90	17,24	1,65	52-A	23,56	33,95	18,66	1,88
51-B	23,34	35,01	17,29	1,63	52-B	23,62	33,91	18,53	1,88
53-A	24,67	34,55	17,76	1,77	54-A	23,63	33,84	16,21	1,65
53-B	24,65	34,50	17,86	1,77	54-B	23,71	33,88	16,29	1,64
55-A	22,99	33,34	17,98	1,66	56-A	23,92	33,46	16,41	1,63
55-B	23,11	33,56	18,21	1,68	56-B	23,91	33,54	16,45	1,63
57-A	24,12	33,33	18,89	1,80	58-A	27,41	36,80	12,97	1,50
57-B	24,12	33,35	18,93	1,76	58-B	27,46	36,94	13,09	1,52
59-A	25,13	34,78	15,26	1,62	60-A	25,12	34,47	16,77	1,81
59-B	25,22	34,82	15,40	1,63	60-B	25,27	34,99	16,74	1,83
61-A	23,87	33,21	18,88	1,84	62-A	23,17	32,40	18,89	1,81
61-B	23,85	33,16	18,91	1,91	62-B	23,14	32,62	19,05	1,84
63-A	23,98	33,15	18,41	1,70	64-A	24,40	35,07	16,09	1,54
63-B	24,07	33,04	18,62	1,70	64-B	24,44	35,17	16,24	1,51

65-A	23,73	33,62	16,20	1,62	66-A	25,56	35,62	14,72	1,68
65-B	23,74	33,63	16,24	1,62	66-B	25,53	35,64	14,88	1,70
67-A	23,39	32,20	18,82	1,88	68-A	24,55	35,00	15,29	1,66
67-B	23,37	32,19	18,67	1,85	68-B	24,54	34,96	15,22	1,68
69-A	24,32	33,80	18,85	1,87	70-A	25,47	35,40	15,33	1,68
69-B	24,50	34,08	18,68	1,90	70-B	25,04	34,78	15,37	1,64
71-A	24,23	33,98	17,30	1,83	72-A	25,40	35,63	15,57	1,71
71-B	24,23	34,22	17,64	1,85	72-B	25,44	35,53	15,52	1,72
73-A	23,51	33,29	19,94	1,86	74-A	25,31	33,97	15,75	1,68
73-B	23,27	33,04	19,86	1,82	74-B	25,36	33,99	15,71	1,66
75-A	24,04	33,79	16,70	1,71	76-A	23,80	33,51	18,13	1,87
75-B	24,06	33,90	16,66	1,70	76-B	23,72	33,05	18,07	1,83
77-A	23,68	33,20	19,01	1,88	78-A	24,45	34,22	16,42	1,73
77-B	23,69	33,16	19,10	1,88	78-B	24,61	34,28	16,52	1,73
79-A	24,15	33,47	17,57	1,83	80-A	24,44	34,47	16,15	1,59
79-B	24,30	33,63	17,70	1,82	80-B	24,40	34,36	16,13	1,60
81-A	22,91	32,41	18,77	1,64	82-A	24,95	34,56	15,68	1,65
81-B	23,03	32,54	18,63	1,65	82-B	25,25	34,87	15,70	1,66
83-A	23,26	33,08	17,97	1,70	84-A	22,96	32,42	18,17	1,74
83-B	23,31	33,16	17,91	1,73	84-B	22,85	32,24	18,25	1,70
85-A	22,91	32,41	18,77	1,64	86-A	24,39	33,05	16,35	1,61
85-B	23,03	32,54	18,63	1,65	86-B	24,60	33,41	16,34	1,64
87-A	24,06	33,76	18,01	1,77	88-A	25,22	34,48	14,46	1,48
87-B	24,16	33,99	18,15	1,78	88-B	25,27	34,60	14,72	1,48
89-A	23,98	33,42	16,33	1,72	90-A	25,38	36,53	15,60	1,75
89-B	24,23	33,89	16,56	1,75	90-B	25,46	36,78	15,83	1,77
91-A	23,36	33,21	17,90	1,72	92-A	24,33	34,03	17,33	1,73
91-B	23,40	33,30	17,62	1,69	92-B	24,29	34,09	17,14	1,72
93-A	23,09	32,17	19,26	1,81	94-A	24,40	35,57	15,29	1,57
93-B	23,28	32,47	19,33	1,82	94-B	24,44	35,70	14,94	1,58
95-A	25,98	34,20	16,70	1,49	96-A	26,84	35,07	14,96	1,61
95-B	26,05	34,34	16,70	1,47	96-B	26,88	35,05	14,81	1,61
97-A	24,30	33,22	18,80	1,83	98-A	24,22	33,19	16,78	1,72
97-B	24,56	33,61	19,22	1,87	98-B	24,25	33,40	16,99	1,71

99-A	23,09	33,75	18,92	1,76	100-A	23,93	35,15	15,94	1,47
99-B	23,10	33,85	18,87	1,74	100-B	24,41	35,97	16,02	1,51
101-A	23,63	33,46	17,22	1,61	102-A	23,93	33,77	16,76	1,71
101-B	23,51	33,39	17,16	1,61	102-B	23,89	33,76	16,61	1,72
103-A	24,33	34,09	16,55	1,68	104-A	22,95	33,55	17,79	1,76
103-B	24,29	34,07	16,80	1,69	104-B	22,93	33,61	18,08	1,76
105-A	23,80	33,38	17,85	1,71	106-A	23,76	33,99	17,01	1,70
105-B	23,71	33,36	18,00	1,72	106-B	23,83	34,32	17,51	1,75
107-A	23,21	33,60	18,01	1,75	108-A	25,09	34,83	17,10	1,72
107-B	23,44	33,83	18,31	1,74	108-B	24,96	34,93	16,83	1,71
109-A	23,05	33,19	17,68	1,66	110-A	23,93	33,77	16,76	1,71
109-B	23,04	33,28	17,63	1,68	110-B	23,89	33,76	16,61	1,72
111-A	24,51	34,43	17,59	1,79	112-A	22,52	32,76	17,81	1,76
111-B	24,29	33,94	17,25	1,76	112-B	22,62	33,01	17,85	1,78
113-A	25,01	34,37	18,58	1,84	114-A	24,30	35,19	16,23	1,73
113-B	24,87	34,35	18,61	1,87	114-B	24,12	35,06	16,35	1,73
115-A	23,25	33,36	18,51	1,76	116-A	24,09	33,89	16,77	1,76
115-B	26,43	35,43	14,77	1,70	116-B	24,16	33,99	16,96	1,76
117-A	25,66	35,03	16,09	1,71	118-A	26,35	35,06	14,50	1,68
117-B	25,46	34,71	15,84	1,70	118-B	23,21	33,47	18,75	1,76
119-A	24,45	34,02	17,34	1,70	120-A	25,45	35,13	14,79	1,62
119-B	24,58	34,07	17,50	1,70	120-B	25,46	35,21	14,78	1,64
121-A	22,99	32,92	18,31	1,69	122-A	27,41	36,80	12,97	1,50
121-B	23,05	33,05	18,31	1,69	122-B	27,46	36,94	13,09	1,52
123-A	23,65	33,90	17,48	1,73	124-A	26,20	35,16	14,39	1,68
123-B	23,54	33,78	17,38	1,74	124-B	26,21	35,25	14,57	1,65
125-A	24,87	33,97	17,06	1,77	126-A	23,63	33,84	16,21	1,65
125-B	24,85	34,32	16,92	1,80	126-B	23,71	33,88	16,29	1,64
127-A	23,45	33,69	17,52	1,70	128-A	25,45	35,13	14,79	1,62
127-B	23,35	33,61	17,66	1,69	128-B	25,46	35,21	14,78	1,64

Combinación 1608

129-A	22,98	32,59	18,11	1,711	130-A	23,9	33,69	17	1,648
129-B	22,87	32,43	18,07	1,716	130-B	24,09	33,75	17,02	1,654
131-A	22,51	33,2	19,38	1,769	132-A	25,29	34,53	17,05	1,715

131-B	22,27	32,94	19,44	1,791	132-B	25,27	34,4	16,79	1,704
133-A	28,37	36,83	12,51	1,562	134-A	25,03	34,39	14,86	1,693
133-B	28,34	36,76	12,52	1,567	134-B	25,07	34,41	14,89	1,697
135-A	24,01	33,77	18,29	1,83	136-A	26,4	37,21	12,7	1,616
135-B	24,1	34,05	18,43	1,812	136-B	26,35	37,22	12,82	1,616
137-A	24,26	33,62	16,84	1,597	138-A	26,4	35,9	15,69	1,76
137-B	24,25	33,52	16,66	1,581	138-B	26,49	35,97	15,75	1,77
139-A	23,54	32,96	17,53	1,703	140-A	23,85	33,72	17,97	1,633
139-B	23,63	33,03	17,85	1,713	140-B	23,68	33,34	17,51	1,607
141-A	22,53	32,94	19,1	1,664	142-A	23,11	31,96	17,14	1,65
141-B	22,57	33,1	18,96	1,711	142-B	23,04	31,94	17,11	1,659
143-A	23,89	33,8	18,72	1,848	144-A	25,29	34,53	17,05	1,715
143-B	23,95	33,98	18,97	1,859	144-B	25,27	34,4	16,79	1,704
145-A	23,17	32,72	17,45	1,678	146-A	26,11	35,09	14,63	1,546
145-B	23,11	32,71	17,57	1,653	146-B	26,28	35,32	14,43	1,524
147-A	23,38	32,12	18,11	1,693	148-A	24,88	35,08	16,39	1,729
147-B	23,33	32,23	18,13	1,695	148-B	24,92	35,21	16,48	1,752
149-A	23,49	32,82	17,81	1,744	150-A	24,14	34,44	16,36	1,704
149-B	23,72	33,2	18,15	1,756	150-B	24,13	34,35	16,28	1,708
151-A	24,59	33,42	16,83	1,659	152-A	27,05	35,95	13,78	1,616
151-B	24,58	33,38	16,87	1,655	152-B	27,06	35,9	13,73	1,621
153-A	21,88	31,8	18,28	1,66	154-A	25,02	34,65	15,79	1,632
153-B	21,79	31,61	18,19	1,674	154-B	25,05	34,73	15,61	1,644
155-A	22,7	32,52	17,34	1,584	156-A	24,36	33,27	17,18	1,658
155-B	22,79	32,63	17,25	1,595	156-B	24,48	33,53	17,09	1,653
157-A	24,01	33,77	18,29	1,83	158-A	24,06	34,88	16,21	1,688
157-B	24,1	34,05	18,43	1,812	158-B	24	34,65	16,02	1,674
159-A	23,22	32,19	18,05	1,711	160-A	24,06	33,49	16,9	1,635
159-B	23,18	32,07	17,87	1,706	160-B	24,04	33,45	16,74	1,644
161-A	23,56	33,66	17,44	1,755	162-A	24,4	33,03	17,03	1,746
161-B	23,56	33,63	17,46	1,741	162-B	24,27	33,11	17,52	1,746
163-A	24,01	33,77	18,29	1,83	164-A	24,33	33,89	16,21	1,58
163-B	24,1	34,05	18,43	1,812	164-B	24,26	33,91	16,12	1,598
165-A	24,04	33,59	18,19	1,744	166-A	23,9	33,69	17	1,648

165-B	24,08	33,74	18,6	1,739	166-B	24,09	33,75	17,02	1,654
167-A	24,12	34,41	17,74	1,776	168-A	24,95	34,06	16,56	1,781
167-B	24,27	34,61	17,75	1,787	168-B	24,93	34,21	16,56	1,809
169-A	23,36	32,38	18,26	1,661	170-A	24,69	34,9	15,7	1,687
169-B	23,47	32,69	18,54	1,679	170-B	24,74	35,05	15,88	1,71
171-A	22,49	32,5	17,68	1,632	172-A	26,66	35,85	15,71	1,763
171-B	22,48	32,47	17,75	1,617	172-B	26,58	35,83	15,82	1,761
173-A	23,54	32,95	17,75	1,735	174-A	25,58	35,29	16,34	1,685
173-B	23,64	33,06	17,67	1,744	174-B	25,52	35,25	16,54	1,692
175-A	23,48	32,76	17,68	1,679	176-A	25,29	34,53	17,05	1,715
175-B	23,57	32,89	17,78	1,679	176-B	25,27	34,4	16,79	1,704
177-A	25,3	34,5	16,23	1,603	178-A	24,69	34,41	17,09	1,707
177-B	25,21	34,38	15,99	1,574	178-B	24,71	34,48	17,13	1,705
179-A	26,89	35,21	13,95	1,55	180-A	26,4	37,21	12,7	1,616

Combinación 18010

247-A	25,13	34,41	18,07	1,861	248-A	25,38	36,5	15,77	1,911
247-B	25,23	34,42	17,71	1,845	248-B	25,33	36,51	15,79	1,91
249-A	25,98	35,58	16,43	1,828	250-A	26,79	35,5	16,51	1,74
249-B	26,15	35,8	16,27	1,846	250-B	26,9	35,8	16,54	1,767
251-A	23,61	33,9	18,4	1,886	252 A	29,02	38,18	13,84	1,582
251-B	26,52	35,71	16,5	1,794	252 B	29,11	38,36	13,85	1,59
253 A	24,75	33,97	19,21	1,779	254-A	24,06	34,06	18,19	1,743
253 B	24,71	33,96	19,17	1,779	254-B	24,07	34,14	18,73	1,751
255-A	26,26	35,1	16,25	1,751	256-A	25,79	36,46	14,86	1,769
255-B	23,48	33,75	18,47	1,899	256-B	25,61	36,06	14,51	1,769
257 A	25,36	34,33	17,18	1,765	258 A	29,35	37,79	12,66	1,58
257 B	25,73	34,78	17	1,783	258 B	29,34	37,69	12,77	1,598
259 A	29,39	37,74	12,81	1,627	260 A	25,98	35,13	17,26	1,745
259 B	29,4	37,91	13,09	1,618	260 B	25,94	34,97	17,34	1,774
261 A	24,46	34,1	18,6	1,803	262-A	25,61	35,23	16,65	1,834
261 B	24,56	34,31	18,91	1,82	262-B	25,77	35,42	16,79	1,834
263-A	24,59	36,04	17,59	1,766	264 A	26,91	36,53	16,51	1,798
263-B	24,71	36,2	17,49	1,783	264 B	26,87	36,53	16,4	1,782
265 A	25,59	34,19	17,94	1,798	266 A	24,96	36,99	16,66	1,702

265 B	25,73	34,22	17,98	1,803	266 B	24,97	37,13	16,9	1,722
267 A	25,67	35,15	17,54	1,792	268-A	25,12	35	15,65	1,689
267 B	25,63	34,95	17,61	1,822	268-B	25,18	35,11	15,69	1,712
269 A	25,81	34,97	17,79	1,783	270-A	24,93	34,15	17,22	1,673
269 B	25,99	35,15	18	1,786	270-B	24,94	34,31	17,4	1,683
271 A	26,06	35,2	16,48	1,747	272 A	31,12	38,08	10,99	1,745
271 B	26,23	35,38	16,65	1,745	272 B	31,15	38,11	11,05	1,742
273 A	24,95	34,3	18,26	1,786	274-A	27,29	36,95	14,63	1,652
273 B	25,01	34,55	18,27	1,784	274-B	27,35	37,12	14,72	1,665
275-A	23,55	35,13	17,74	1,794	276-A	26,13	34,92	15,49	1,657
275-B	23,51	35,11	17,64	1,789	276-B	26,53	35,62	16,03	1,688
277-A	23,67	34,08	17,77	1,79	278 A	25,81	34,58	17,5	1,836
277-B	23,84	34,35	17,85	1,808	278 B	25,85	34,51	17,28	1,817
279 A	26,71	35,6	17,01	1,963	280-A	25,88	34,83	14,82	1,639
279 B	26,62	35,48	16,92	1,948	280-B	25,89	34,95	14,75	1,664
281-A	25,6	35,3	17,62	1,916	282-A	26,1	34,54	15,74	2,044
281-B	25,78	35,17	17,22	1,876	282-B	26,25	34,69	15,75	2,086
283 A	26,54	35,43	16,2	1,767	284-A	25,24	34,68	16,77	1,705
283 B	26,6	35,58	16,37	1,764	284-B	25,37	35,03	17,11	1,693
285-A	25,46	34,95	16,91	1,719	286 A	25,45	35,57	17,43	1,773
285-B	25,74	35,3	17,07	1,739	286 B	25,58	35,75	17,33	1,77
287-A	26,01	35,92	16,82	1,775	288 A	28,07	35,93	14,36	1,772
287-B	26,12	36,32	17,25	1,793	288 B	28,19	36,05	14,44	1,753
289 A	26,24	35,18	16,42	1,77	290-A	26,31	38,03	14,86	1,767
289 B	26,18	35,22	16,65	1,767	290-B	26,34	38,13	14,88	1,758
291-A	24,34	33,78	18,73	1,881	292 A	26,76	36,79	15,92	1,508
291-B	24,37	33,81	18,96	1,892	292 B	26,87	36,86	15,79	1,503
293 A	24,89	34,8	17,56	1,752	294-A	24,81	33,91	16,02	1,574
293 B	24,87	34,65	17,41	1,727	294-B	24,65	34,55	16,42	1,658
295-A	25,03	34,29	17,67	1,886	296-A	25,61	35,23	16,65	1,834
295-B	25,17	34,57	17,65	1,88	296-B	25,77	35,42	16,79	1,834
297-A	25	35,37	16,93	1,803	298-A	29,02	38,18	13,84	1,582
297-B	25,15	35,66	17,16	1,819	298-B	29,11	38,36	13,85	1,59
299-A	24,89	34,4	17,42	1,88	300-A	25,43	34,78	17,72	1,736

299-B	24,97	34,63	17,57	1,885	300-B	25,43	34,99	17,92	1,758
301 A	25,99	35,32	18,07	1,778	302-A	24,44	36,42	16,87	1,647
301 B	26,02	35,27	17,85	1,795	302-B	24,5	36,55	16,94	1,685
303 A	25,67	35,03	16,96	1,808	304 A	27,12	37,33	14,55	1,64
303 B	25,77	35,4	17,22	1,825	304 B	27,31	37,64	14,74	1,659
305-A	25,07	34,82	17,35	1,952	306-A	24,95	34,3	18,26	1,786
305-B	24,92	34,96	17,95	1,953	306-B	25,01	34,55	18,27	1,784
307 A	26,22	36,03	16,45	1,742	308-A	25,19	35,54	16,47	1,834
307 B	26,21	35,94	16,33	1,745	308-B	24,87	34,91	16,04	1,795
309 A	26,89	34,07	15,46	1,634	310-A	24,32	34,71	16,64	1,686
309 B	26,76	33,93	15,4	1,599	310-B	24,44	34,79	16,5	1,71
311-A	24,6	34,01	17,1	1,739	312-A	24,92	35,61	15,15	1,698
311-B	24,49	33,85	17,22	1,732	312-B	24,94	35,78	15,16	1,699
313-A	24,37	33,75	17,96	1,773	314-A	26,14	35,45	15,91	1,939
313-B	24,33	33,8	18,01	1,794	314-B	26,32	35,75	16,22	1,946
315 A	25,27	34,5	17,86	1,807	316 A	26,4	36,1	16,57	1,753
315 B	25,41	34,67	17,83	1,807	316 B	26,32	36,12	16,73	1,746
317 A	24,74	34,29	17,57	1,79	318 A	26,73	36,34	15,82	1,739
317 B	24,78	34,28	17,55	1,812	318 B	26,6	36	15,68	1,738
319 A	24,62	34,76	18,03	1,746	320-A	25,97	34,78	15,93	1,83
319 B	24,61	34,78	18,03	1,755	320-B	26,24	35,01	15,98	1,847
321 A	25,78	34,84	18,31	1,777	322-A	26,19	36,63	15,91	1,721
321 B	25,88	34,87	18,31	1,774	322-B	26,4	36,75	15,87	1,734
323-A	25,33	34,75	17,6	1,927	324-A	24,34	34,63	16,64	1,58
323-B	25,03	34,17	16,98	1,93	324-B	24,1	34,21	16,47	1,571
325 A	25,93	35,01	16,57	1,807	326 A	25,55	34,95	15,57	1,775
325 B	26,22	35,46	16,94	1,826	326 B	25,45	35,02	15,57	1,776
327-A	24,69	34,89	16,53	1,762	328-A	27,23	37,55	14,2	1,699
327-B	24,92	35,33	17,06	1,787	328-B	27,4	37,67	14,14	1,689
329-A	23,65	33,95	17,91	1,689	330-A	24,42	34,04	17,13	1,62
329-B	23,68	33,98	17,61	1,676	330-B	24,36	34,01	16,97	1,614
331-A	24,57	33,76	17,15	1,728	332-A	25,61	35,23	16,65	1,834
331-B	24,69	33,85	17,01	1,731	332-B	25,77	35,42	16,79	1,834
333-A	25,26	34,14	16,13	1,582	334-A	26,66	35,75	15,56	1,686

333-B	25,44	34,51	16,16	1,602	334-B	26,67	35,7	15,63	1,692
335 A	26,04	35,37	17,78	1,751	336-A	26,02	36,07	15,86	1,867
335 B	26,06	35,35	17,66	1,742	336-B	26,08	36,08	15,77	1,855
337 A	26,36	36,05	15,93	1,75	338 A	25,28	34,38	18,3	1,815
337 B	26,46	36,19	16,05	1,752	338 B	25,39	34,45	18,33	1,824
339-A	26	34,49	17,05	1,668	340-A	26,78	35,97	13,45	1,532
339-B	26,08	34,55	17,09	1,69	340-B	26,67	35,85	12,95	1,6
341 A	26,59	34,97	16,23	1,574	342-A	25,75	35,01	15,1	1,718
341 B	26,58	35,03	16,28	1,579	342-B	25,54	34,57	15,15	1,694
343-A	25,74	34,76	17,58	1,806	344-A	25,39	35,1	16,26	1,766
343-B	25,83	34,79	17,59	1,822	344-B	25,43	35,19	16,51	1,781
345 A	25,43	34,78	17,72	1,736	346 A	27,1	36	15,89	1,708
345 B	25,43	34,99	17,92	1,758	346 B	26,92	35,77	15,63	1,705
347-A	25,14	34,32	17,31	1,874	348-A	29,09	37,75	12,52	1,863
347-B	25,01	34,32	17,76	1,884	348-B	29,21	37,96	12,54	1,859
349 A	23,79	33,05	17,73	1,903	350-A	26,27	38,01	15,05	1,71
349 B	23,85	33,14	17,71	1,91	350-B	26,35	38,11	15,08	1,691
351 A	25,14	35,31	17,85	1,788	352 A	28,01	37,41	14,63	1,698
351 B	25,1	35,22	17,97	1,793	352 B	28,31	37,82	14,98	1,687
353 A	25,98	34,65	17,58	1,766	354-A	27,13	35,83	14,69	1,617
353 B	25,85	34,37	17,43	1,774	354-B	27,23	36,01	14,85	1,636
355 A	28,02	36,64	14,64	1,638	356-A	26,32	35,75	16,22	1,946
355 B	27,99	36,57	14,57	1,632	356-B	25,27	34,5	17,86	1,807
357-A	25,12	34,83	18,59	1,91	358-A	26,78	35,97	13,45	1,532
357-B	25,04	34,68	18,39	1,906	358-B	26,67	35,85	12,95	1,6
359 A	26,03	35,26	17,23	1,835	360-A	25,97	34,78	15,93	1,83
359 B	25,96	35,18	17,19	1,827	360-B	26,24	35,01	15,98	1,847
361-A	24,37	35,35	17,33	1,793	362-A	26,66	35,75	15,56	1,686
361-B	24,4	35,33	17,23	1,795	362-B	26,67	35,7	15,63	1,692
363 A	25,34	34,03	17,65	1,728	364-A	27,42	36,84	14,6	1,656
363 B	25,37	34	17,5	1,716	364-B	27,48	36,84	14,73	1,671
365-A	24,71	35,22	16,59	1,776	366 A	28	37,81	13,68	1,525
365-B	24,79	35,38	16,84	1,782	366 B	28,09	37,87	13,65	1,534
367-A	25,19	35,07	17,51	1,781	368-A	25,19	35,54	16,47	1,834

367-B	25,15	34,96	17,43	1,776	368-B	24,87	34,91	16,04	1,795
369 A	25,81	34,99	17,12	1,756	370-A	25,63	35,37	15,8	1,714
369 B	25,83	34,96	17,22	1,751	370-B	25,74	35,77	15,89	1,717
371 A	26	34,49	17,05	1,668	372-A	26,18	35,28	15,85	1,78
371 B	26,08	34,55	17,09	1,69	372-B	26,29	35,46	15,91	1,782

Combinación 2006

375-A	24,8	34,76	18,3	1,929	376 A	27,6	35,25	14,16	1,739
375-B	24,86	35,09	18,61	1,956	376 B	27,6	35,32	14,16	1,742
377 A	25,29	34,26	17,76	1,855	378 A	25,78	33,41	15,61	1,797
377 B	25,24	34,12	17,77	1,871	378 B	25,9	33,64	15,95	1,802
379-A	24,75	34,72	18,1	1,998	380-A	25,84	34,57	16,66	1,873
379-B	24,87	34,98	18,4	2,02	380-B	25,88	34,69	16,8	1,869
381-A	25,26	34,97	16,29	1,597	382-A	24,51	33,99	16,71	1,632
381-B	25,21	35,05	16,58	1,611	382-B	24,83	34,27	17,21	1,664
383-A	26,52	35,2	15,05	1,536	384-A	24,74	34,94	17,1	1,718
383-B	26,56	35,2	15,15	1,527	384-B	24,73	34,98	16,94	1,734
385-A	24,41	33,27	18,21	1,889	386-A	24,76	35,02	16,91	1,764
385-B	24,5	33,18	17,9	1,881	386-B	24,72	34,91	16,98	1,763
387 A	25,4	34,64	18,39	1,879	388-A	25,74	34,92	16,59	1,684
387 B	25,23	34,4	18,33	1,87	388-B	25,62	34,7	16,18	1,634
389-A	24,1	33,78	17,14	1,702	390-A	26,29	35,27	15,32	1,568
389-B	23,99	33,61	17,25	1,711	390-B	26,6	35,43	15,41	1,587
391-A	24,94	34,51	18,89	1,904	392 A	26,16	34,94	15,81	1,821
391-B	24,97	34,5	18,76	1,861	392 B	26,22	35,05	15,76	1,797
393 A	24,22	33,74	17,25	1,795	394-A	24,14	35,66	17,86	1,879
393 B	24,23	33,73	17,56	1,781	394-B	24,01	35,52	17,65	1,866
395 A	25,87	34,75	16,17	1,773	396 A	25,95	34,8	16,16	1,765
395 B	25,95	34,8	16,42	1,774	396 B	26,05	34,91	15,91	1,754
397-A	25,29	34,26	17,76	1,855	398-A	26,58	34,84	15,19	1,695
397-B	25,24	34,12	17,77	1,871	398-B	26,47	34,69	15,11	1,7
399-A	25,29	34,26	17,76	1,855	400 A	24,8	33,77	17,95	1,92
399-B	25,24	34,12	17,77	1,871	400 B	24,77	33,88	17,71	1,907
401-A	24,03	34,24	18,18	1,735	402-A	25,06	35,06	17,44	1,862
401-B	24,11	34,43	18,43	1,753	402-B	25,26	35,49	17,57	1,868

403 A	26,42	35,64	15,09	1,78	404-A	25,58	35,43	15,19	1,705
403 B	26,54	35,75	15,43	1,795	404-B	25,62	35,35	15,32	1,704
405 A	25,17	34,09	16	1,778	406 A	27,84	36,11	14,01	1,637
405 B	25,33	34,49	16,14	1,808	406 B	27,72	35,78	13,67	1,631
407-A	24,22	33,74	17,25	1,795	408 A	26,43	35,96	15,39	1,753
407-B	24,23	33,73	17,56	1,781	408 B	26,51	35,85	15,3	1,743
409-A	24,31	34	17,51	1,758	410-A	25,57	35,35	16,38	1,701
409-B	24,52	34,37	17,62	1,779	410-B	25,8	35,84	16,67	1,731
411-B	26,71	35,6	17,01	1,963	412-B	24,92	35,33	17,06	1,787
413-A	25,68	35,2	15,3	1,8	414-A	24,71	35,22	16,59	1,776
413-B	25,83	35,38	15,69	1,826	414-B	24,79	35,38	16,84	1,782
415-A	26,56	34,78	14,99	1,961	416-A	25,12	34,03	17,59	1,889
415-B	26,68	35,01	15,24	1,972	416-B	25,11	34,28	17,63	1,902
417-A	23,49	32,82	17,81	1,744	418-A	26,2	35,16	14,39	1,678
417-B	23,72	33,2	18,15	1,756	418-B	26,21	35,25	14,57	1,649
419 A	25,39	34,82	17,18	1,78	420-A	25,97	34,78	15,93	1,83
419 B	25,47	34,84	17,24	1,79	420-B	26,24	35,01	15,98	1,847
421-A	24,59	33,42	16,83	1,659	422 A	25,96	34,85	16,63	1,728
421-B	24,58	33,38	16,87	1,655	422 B	25,99	34,82	16,36	1,742
423 A	24,89	33,24	17,13	1,735	424-A	25,65	36,24	16,03	1,816
423 B	24,89	33,34	17,13	1,74	424-B	25,68	36,62	16,12	1,84
425-A	26,25	35,24	16,54	1,87	426-A	26,4	37,21	12,7	1,616
425-B	25,92	35,38	17,46	1,803	426-B	26,35	37,22	12,82	1,616
427-A	23,8	34,13	17,53	1,732	428-A	25,27	34,5	17,86	1,807
427-B	23,86	34,39	17,68	1,769	428-B	25,41	34,67	17,83	1,807
429 A	24,44	33,35	16,37	1,829	430-A	24,68	34,14	17,92	1,781
429 B	24,59	33,59	16,37	1,836	430-B	24,81	34,37	18,07	1,801
431-A	25,88	34,62	15,04	1,736	432 A	25,78	34,88	16,14	1,803
431-B	25,93	34,63	14,99	1,731	432 B	25,75	34,87	16,08	1,788
433-A	24,57	33,76	17,15	1,728	434 A	26,06	35,24	15,47	1,648
433-B	24,69	33,85	17,01	1,731	434 B	25,9	35,09	15,37	1,632
435 A	24,41	33,27	18,21	1,889	436-A	27,57	43,86	10,2	1,386
435 B	24,5	33,18	17,9	1,881	436-B	27,7	43,98	10,43	1,372
437-A	24,75	34,72	18,1	1,998	438 A	26,58	34,84	15,19	1,695

437-B	24,87	34,98	18,4	2,02	438 B	26,47	34,69	15,11	1,7
439-A	25,43	36,05	14,59	1,596	440-A	24,68	34,08	17,56	1,805
439-B	25,46	36,15	14,31	1,596	440-B	24,71	34,11	17,59	1,791
441-A	25,63	35,37	15,8	1,714	442 A	25,09	33,91	16,76	1,795
441-B	25,74	35,77	15,89	1,717	442 B	25,17	33,88	16,76	1,785
443-A	25,29	34,53	17,05	1,715	444-A	28,37	36,83	12,51	1,562
443-B	25,27	34,4	16,79	1,704	444-B	28,34	36,76	12,52	1,567
445-A	27,42	36,84	14,6	1,656	446-A	24,71	35,22	16,59	1,776
445-B	27,48	36,84	14,73	1,671	446-B	24,79	35,38	16,84	1,782
447-A	24,31	34	17,51	1,758	448-A	25,11	34,46	17,31	1,668
447-B	24,52	34,37	17,62	1,779	448-B	25,12	34,39	17,42	1,665
449-A	24,71	35,22	16,59	1,776	450-A	28	37,82	13,02	1,705
449-B	24,79	35,38	16,84	1,782	450-B	28,12	37,8	13,16	1,706
451-A	23,2	33,07	18,08	1,701	452 A	26,56	34,78	14,99	1,961
451-B	23,19	32,99	17,83	1,72	452 B	26,68	35,01	15,24	1,972
453-A	25,5	35,18	14,73	1,526	454 A	26,63	35,58	15,6	1,944
453-B	25,57	35,2	14,5	1,579	454 B	26,75	35,88	15,77	1,967
455-A	23,11	31,96	17,14	1,65	456-A	24,76	35,02	16,91	1,764
455-B	23,04	31,94	17,11	1,659	456-B	24,72	34,91	16,98	1,763
457 A	24,73	33,63	17,11	1,83	458-A	26,18	35,28	15,85	1,78
457 B	24,75	33,66	16,96	1,835	458-B	26,29	35,46	15,91	1,782
459-A	25,12	34,76	17,04	1,73	460-A	24,8	34,5	16,3	1,742
459-B	25,14	34,82	17,04	1,727	460-B	24,85	34,55	16,19	1,738
461 A	25,24	33,88	16,1	1,774	462-A	26,22	34,92	14,84	1,829
461 B	25,39	34,21	16,29	1,805	462-B	26,18	35,03	14,83	1,84
463-A	26,22	34,9	14,83	1,737	464 A	25,74	34,67	15,43	1,789
463-B	26,19	35,02	14,76	1,734	464 B	25,81	34,79	15,39	1,773
465-A	24,75	33,37	17,11	1,66	466 A	25,47	34,72	16,44	1,842
465-B	24,31	33,46	16,98	1,708	466 B	25,27	34,53	16,49	1,846
467 A	25,02	33,85	16,84	1,775	468-A	24,94	34,51	18,89	1,904
467 B	25,07	33,86	16,72	1,776	468-B	24,97	34,5	18,76	1,861
469-A	25,72	34,9	16,92	1,688	470-A	25,09	33,9	18,1	1,836
469-B	25,67	34,87	16,77	1,71	470-B	23,97	33,98	16,9	1,585
471-A	24,36	33,55	16,86	1,716	472 A	25,58	35,43	15,19	1,705

471-B	24,72	33,39	17,11	1,662	472 B	25,62	35,35	15,32	1,704
473-A	24,58	33,97	18,4	1,792	474 A	28,66	37,21	12,64	1,821
473-B	24,6	34,03	18,75	1,782	474 B	28,46	36,78	12,6	1,748
475 A	25,54	34,17	15,79	1,711	476-A	25,99	36	16,24	1,699
475 B	25,75	34,59	16,1	1,74	476-B	25,91	35,98	16,18	1,67
477 A	25,39	34,22	17,28	1,868	478-A	24,64	35,28	17,61	1,861
477 B	25,44	34,31	17,23	1,871	478-B	24,72	35,58	17,8	1,895
479-A	24,1	33,78	17,14	1,702	480-A	24,74	34,79	17,1	1,713
479-B	23,99	33,61	17,25	1,711	480-B	24,68	34,65	16,8	1,678
481-A	24,38	33,87	16,66	1,602	482 A	27,29	35,24	13,92	1,713
481-B	24,41	33,99	16,74	1,598	482 B	27,31	35,26	13,9	1,709
483-A	24,08	34	16,65	1,56	484-A	30,32	37,43	10,3	1,408
483-B	25,29	34,26	18,09	1,849	484-B	30,42	37,69	10,26	1,425
485-A	25,68	35,2	15,3	1,8	486-A	27,01	35,78	15,72	1,908
485-B	25,83	35,38	15,69	1,826	486-B	27,11	35,98	15,9	1,922
487-A	26,77	36,1	15,87	1,857	488A	25,6	34,74	16,75	1,797
487-B	26,71	36,12	15,89	1,856	488-B	25,48	34,44	16,59	1,777
489-A	25,32	34,65	15,66	1,85	490-A	27,99	37,5	14,14	1,89
489-B	25,27	34,74	15,54	1,845	490-B	28,03	37,37	14,24	1,897
491-A	24,25	33,64	16,65	1,815	492-A	27,57	43,86	10,2	1,386
491-B	24,33	33,68	16,73	1,851	492-B	27,7	43,98	10,43	1,372

Combinación 2008

493-A	27,68	37,03	14,56	1,802	494-A	25,29	35	15,38	1,832
493-B	27,68	37,08	14,32	1,773	494-B	25,24	34,96	15,4	1,84
495-A	25,16	34,22	17,59	1,771	496-A	24,32	34,71	16,64	1,686
495-B	24,52	33,28	17,44	1,74	496-B	24,44	34,79	16,5	1,71
497-A	25,88	34,51	15,41	1,697	498-A	25,62	34,93	15,9	1,732
497-B	26,25	35,15	15,61	1,714	498-B	25,64	34,99	16,02	1,751
499-A	25,12	34,03	17,59	1,889	500-A	23,49	32,82	17,81	1,744
499-B	25,11	34,28	17,63	1,902	500-B	23,72	33,2	18,15	1,756
501-A	24,37	33,99	17,3	1,859	502-A	27,93	36,6	13,66	1,801
501-B	24,59	34,29	17,48	1,865	502-B	28,1	36,78	13,7	1,798
503-A	25,53	34,66	16,68	1,785	504-A	26,93	36,5	15,95	1,804
503-B	25,52	34,61	16,38	1,787	504-B	27,13	36,81	16,27	1,843

505-A	24,7	34,48	17,07	1,867	506-A	25,99	36,03	14,48	1,867
505-B	24,7	34,46	17,07	1,865	506-B	26,04	36,15	14,5	1,86
507-A	26,29	35,12	15,86	1,859	508-A	31,9	39,61	8,97	1,832
507-B	26,7	35,77	16,25	1,899	508-B	31,85	39,38	9	1,84
509-A	26,41	35,72	16,14	1,833	510-A	26,48	35,79	14,71	1,866
509-B	26,52	35,93	16,43	1,823	510-B	26,63	36	14,75	1,905
511-A	25,78	35,4	16,77	1,845	512-A	26,44	34,58	16,67	1,891
511-B	25,89	35,45	16,75	1,846	512-B	26,41	34,64	16,74	1,89
513-A	25,48	34,67	15,82	1,578	514-A	25,36	34,65	17,04	1,839
513-B	25,52	34,75	15,71	1,603	514-B	25,48	34,93	17,19	1,849
515-A	25,43	35,68	16,62	1,893	516-A	27,87	36,08	15,41	1,754
515-B	25,49	35,85	16,83	1,902	516-B	27,5	35,74	15,28	1,751
517-A	25,92	33,76	15,94	1,611	518-A	28,22	35,78	14,68	1,925
517-B	25,84	33,79	16,2	1,635	518-B	28,26	36,01	14,77	1,917
519-A	25,81	35,62	17,21	1,782	520-A	26,55	35,48	15,62	1,668
519-B	25,93	35,64	16,82	1,767	520-B	26,57	35,52	15,74	1,67
521-A	26,68	34,32	16,95	1,81	522-A	26,03	35,85	17,33	1,792
521-B	24,34	33,62	18,79	1,995	522-B	26	35,68	17,02	1,799
523-A	24,32	34,12	18,21	1,868	524-A	25,91	34,44	16,08	1,832
523-B	24,26	33,86	18,07	1,832	524-B	26,02	34,68	16,04	1,852
525-A	25,53	33,51	17,22	1,817	526-A	27,31	36,06	12,97	1,636
525-B	25,41	33,33	17,22	1,81	526-B	27,39	36,06	12,94	1,652
527-A	24,64	33,9	18,24	1,751	528-A	26,76	35,94	14,37	1,73
527-B	24,62	33,89	18,27	1,773	528-B	26,73	35,78	14,26	1,707
529-A	24,29	33,62	19,05	1,975	530-A	26,31	35,85	14,33	1,76
529-B	26,64	34,29	16,78	1,834	530-B	26,37	36,02	14,53	1,772
531-A	24,04	33,56	20,02	1,907	532-A	26,69	35,51	15,68	1,821
531-B	23,96	33,43	19,48	1,9	532-B	26,88	35,73	15,76	1,811
533-A	25,09	34,47	17,5	1,759	534-A	27,92	36,54	13,46	1,791
533-B	25,09	34,54	17,45	1,75	534-B	27,88	36,5	13,58	1,807
535-A	25,12	33,97	17,05	1,782	536-A	26,43	35,09	16,66	1,898
535-B	25,13	34,01	16,99	1,795	536-B	26,59	35,22	16,99	1,887
537 A	25,91	36,05	17,35	1,836	538-A	27,17	35,47	14,04	1,685
537 B	25,91	36,13	17,42	1,855	538-B	27,19	35,47	13,96	1,675

539-A	24,95	33,46	18,61	1,859	540-A	26,01	35,64	16,95	1,855
539-B	25,07	33,46	18,46	1,859	540-B	26,09	35,71	16,93	1,866
541 A	23,61	32,05	17,32	1,648	542-A	24,67	33,61	18,09	1,87
541 B	23,94	32,66	17,14	1,669	542-B	24,8	33,84	18,29	1,877
543-A	24,29	34,01	17,65	1,718	544-A	25,06	33,8	16,47	1,623
543-B	24,19	33,83	17,54	1,718	544-B	25,35	34,36	16,66	1,662
545-A	25,32	34,32	17,36	1,799	546-A	26,95	36,3	15,97	1,766
545-B	25,34	34,43	17,13	1,804	546-B	26,89	36,23	15,76	1,767
547-A	24,11	33,69	18,75	1,937	548-A	27	35,63	14,92	1,835
547-B	24,1	33,66	18,43	1,932	548-B	27,13	35,92	14,76	1,858
549-A	27,1	36	15,89	1,708	550-A	25,14	34,32	17,31	1,874
549-B	26,92	35,77	15,63	1,705	550-B	25,01	34,32	17,76	1,884
551 A	25,24	34,5	16,32	1,679	552-A	28,93	36,45	13,98	1,731
551 B	25,26	34,37	16,27	1,698	552-B	29,02	36,47	13,83	1,732
553-A	24,53	34,56	16,56	1,637	554-A	23,4	32,48	18,99	1,707
553-B	24,61	34,71	16,69	1,652	554-B	23,38	32,43	19,09	1,692
555-A	23,87	34,44	16,87	1,669	556-A	23,54	32,8	17,42	1,639
555-B	23,81	34,42	16,56	1,668	556-B	23,59	32,81	17,47	1,648
557-A	23,29	32,57	18,01	1,706	558-A	24,03	34,03	18,33	1,679
557-B	23,06	32,29	17,63	1,684	558-B	24,17	34,26	18,58	1,702
559-A	23,53	32,74	18,22	1,742	560-A	26,95	36,27	15,23	1,712
559-B	23,61	32,86	18,33	1,74	560-B	27,12	36,59	15,35	1,736
561-A	26,88	35,9	15,28	1,743	562-A	26,9	35,5	15,81	1,747
561-B	26,74	35,62	15,26	1,746	562-B	26,98	35,55	15,91	1,744
563-A	27,97	36,41	14,28	1,807	564-A	26,14	34,56	15,09	1,586
563-B	28,08	36,61	14,43	1,819	564-B	26,2	34,88	15,22	1,599
565-A	25,32	34,48	17,07	1,857	566-A	27,05	35,88	14,86	1,709
565-B	25,4	34,46	16,78	1,883	566-B	27,14	36,04	15,12	1,72
567-A	25,02	34,67	16,88	1,819	568-A	26,46	35,11	16,1	1,667
567-B	25,16	34,9	17,29	1,812	568-B	26,5	35,27	16,44	1,684
569-A	25,55	34,69	17,07	1,901	570-A	25,86	35,1	15,64	1,719
569-B	25,39	34,83	16,96	1,881	570-B	26,09	35,41	15,72	1,726
571-A	25,67	34,59	17,04	1,971	572-A	25,16	33,88	16,47	1,761
571-B	25,61	34,47	17,1	1,948	572-B	25,27	33,97	16,25	1,778

573-A	23,91	33,96	19,32	1,898	574-A	29,26	36,18	13,61	1,933
573-B	24,08	34,11	19,33	1,919	574-B	29,39	36,38	13,79	1,952
575-A	26,75	36,17	16,18	1,842	576-A	27,89	36,02	14,04	1,824
575-B	26,75	36,38	16,42	1,84	576-B	27,81	35,99	13,93	1,765
577-A	25,12	34,03	17,59	1,889	578-A	25,6	37,03	13,36	1,815
577-B	25,11	34,28	17,63	1,902	578-B	25,72	37,05	13,15	1,817
579-A	26,57	37,27	13,34	1,662	580-A	27,91	36,63	13,82	1,775
579-B	26,75	37,24	12,82	1,636	580-B	28,04	36,97	13,78	1,766
581-A	28,49	35,73	13,85	1,913	582-A	27,68	38,61	14,12	1,753
581-B	28,55	35,88	13,94	1,919	582-B	27,67	38,57	14,38	1,719
583-A	25,74	34,87	15,48	1,877	584-A	27,88	35,71	14,14	1,875
583-B	25,97	35,25	15,84	1,887	584-B	28,11	36,09	14,29	1,873
585-A	26,31	35,57	15,51	1,867	586-A	25,64	34,74	15,99	1,817
585-B	25,97	35,08	15,63	1,846	586-B	25,81	34,63	16,21	1,794
587-B	26,59	35,06	15,62	1,903	588-B	28,45	36,38	12,95	1,754
589-A	26,28	35,55	16,37	1,825	590-A	28,55	37,75	14,38	1,765
589-B	26,14	35,27	16,22	1,787	590-B	28,46	37,68	14,31	1,765
591-A	23,92	33,22	17,73	1,854	592-A	26,83	35,38	15,29	1,851
591-B	23,98	33,39	17,83	1,875	592-B	26,76	35,28	15,17	1,836
593-A	26,28	35,83	14,74	1,87	594-A	27,03	35,8	13,5	1,484
593-B	26,39	36,06	14,99	1,878	594-B	27,03	35,85	13,43	1,479
595-A	25,71	34,73	17,22	1,77	596-A	28,39	35,02	14,82	1,89
595-B	25,84	34,85	17,46	1,767	596-B	28,31	34,91	14,77	1,891
597-A	26,14	35,76	16,68	1,804	598-A	24,4	33,03	17,03	1,746
597-B	26,3	36,24	17,25	1,794	598-B	24,27	33,11	17,52	1,746
599-A	25,39	34,66	16,98	1,87	600-A	25,27	34,05	17,76	1,875
599-B	25,39	34,69	17,11	1,886	600-B	25,31	34,09	17,67	1,856
601-A	26,98	36,04	15,15	1,793	602-A	26,7	35,47	16,27	1,904
601-B	26,95	36,07	15,04	1,805	602-B	26,74	35,62	16,45	1,95
603-A	26,61	35,52	16,15	1,775	604-A	28,4	38,17	11,17	1,726
603-B	26,71	35,56	16,36	1,787	604-B	28,64	38,65	10,87	1,738
605-A	24,26	33,77	17,37	1,785	606-A	25,96	34,95	15,24	1,61
605-B	24,4	33,9	17,3	1,812	606-B	26,16	35,09	15,14	1,626
608-B	23,49	35,56	18,29	1,816	608-A	30,2	38,3	10,87	1,746

607-B	23,66	35,75	18,5	1,822	608-B	30,42	38,64	11,17	1,789
609-A	23,79	33,46	16,81	1,849	610-A	26,89	36,14	14,92	1,872
609-B	23,88	33,57	17,05	1,852	610-B	26,78	36,08	14,75	1,893
611-A	24,06	33,96	17,46	1,838	612-A	27,01	35,57	14,79	1,683
611-B	24,11	34,05	17,51	1,831	612-B	26,95	35,57	14,82	1,696

Combinación 1606

613-A	25,3	34,34	18,11	1,865	614-A	26,25	35,24	16,54	1,87
613-B	25,58	34,79	18,25	1,881	614-B	25,92	35,38	17,46	1,803
615-A	26,27	38,01	15,05	1,71	616-A	25,14	35,31	17,85	1,788
615-B	26,35	38,11	15,08	1,691	616-B	25,1	35,22	17,97	1,793
617-A	28,01	37,41	14,63	1,698	618-A	26,09	34,91	15,23	1,691
617-B	28,31	37,82	14,98	1,687	618-B	26,01	34,79	15,27	1,687
619-A	25,38	34,67	16,56	1,75	620-A	27,16	36,08	14,61	1,706
619-B	25,46	34,8	16,63	1,746	620-B	23,56	32,28	17,27	1,596
621-A	23,51	32,22	17,28	1,604	622-A	24,85	33,63	16,29	1,584
621-B	24,91	33,71	16,26	1,589	622-B	27,45	36,18	14,38	1,761
623-A	25,84	34,58	15,71	1,807	624-A	25,86	35,47	15,95	1,705
623-B	25,52	34,08	15,28	1,812	624-B	25,53	34,99	15,71	1,809
625-A	26,63	35,58	15,6	1,944	626-A	23,11	31,96	17,14	1,65
625-B	26,75	35,88	15,77	1,967	626-B	23,04	31,94	17,11	1,659
627-A	24,8	34,5	16,3	1,742	628-A	25,51	34,63	17,05	1,754
627-B	24,85	34,55	16,19	1,738	628-B	25,64	34,85	17,19	1,733
629-A	25,4	34,08	18,39	1,837	630-A	24,51	34,43	17,59	1,785
629-B	24,61	32,97	17,18	1,772	630-B	24,29	33,94	17,25	1,756
631-A	25,61	34,93	16,23	1,873	632-A	24,89	33,89	15,96	1,759
631-B	25,62	34,99	16,06	1,865	632-B	25,19	34,29	16,25	1,758
633-A	26,2	34,65	14,46	1,722	634-A	25	33,46	15,36	1,708
633-B	26,34	34,85	14,4	1,736	634-B	25,19	33,55	15,25	1,718
635-A	25,6	35,68	15,41	1,787	636-A	25,95	34,79	15,87	1,77
635-B	25,51	35,47	15,37	1,741	636-B	26,2	35,33	16,4	1,825
637-A	26,77	35,71	15,92	1,807	638-A	35,16	0,759	1,618	1,73
637-B	26,67	35,81	16,2	1,83	638-B	35,42	0,754	1,598	1,702
639-A	25,38	34,38	16,48	1,847	640-A	25,96	35,04	14,96	1,865
639-B	25,7	34,86	16,45	1,873	640-B	26,01	35,05	14,83	1,877

641-A	26,89	36,59	16,78	1,865	642-A	35,91	0,634	1,528	1,86
641-B	26,55	36,12	16,88	1,872	642-B	35,58	0,634	1,567	1,862
643-A	26,19	35,62	16,91	1,875	644-A	24,23	33,6	16,81	1,723
643-B	25,13	34,41	16,07	1,835	644-B	23,07	32,65	18,25	1,674
645-A	26,87	35,62	14,18	1,809	646-A	25	35,26	15,29	1,731
645-B	26,86	35,54	14,18	1,822	646-B	25,48	36,1	15,67	1,769
647-B	24,33	33,92	17,19	1,741	648-A	25,75	35,01	15,15	1,833
647-B	23,77	33,41	17,89	1,689	648-B	25,65	34,82	15,04	1,824
649-A	27,63	36,62	14,58	1,886	650-A	35,6	0,666	1,621	1,782
649-B	27,77	36,95	14,77	1,898	650-B	35,81	0,668	1,622	1,736
651 A	24,81	33,75	17,17	1,832	652-A	25,82	34,25	14,74	1,671
651 B	24,92	34,08	16,99	1,821	652-B	24,61	32,61	14,83	1,689
653 A	25,34	34,12	16,14	1,834	654-A	27,03	35,8	13,5	1,484
653 B	24,8	33,41	16,43	1,819	654-B	27,03	35,85	13,43	1,479
655-A	25,71	34,73	17,22	1,77	656-A	25,79	34,85	14,9	1,768
655-B	25,84	34,85	17,46	1,767	656-B	26,07	35,39	15,02	1,799
657-A	24,43	33,46	17,72	1,783	658-A	33,7	0,669	1,595	1,804
657-B	24,7	34,07	17,41	1,786	658-B	33,3	0,643	1,527	1,866
659-A	26,82	35,89	15,44	1,794	660-A	34,64	0,541	1,522	1,659
659-B	26,82	35,93	15,48	1,779	660-B	34,68	0,533	1,522	1,764
661-A	22,79	32,27	18,5	1,675	662-A	26,45	35,88	15,97	1,883
661-B	22,86	32,43	18,57	1,688	662-B	25,64	35,03	15,59	1,862
663 A	26,09	34,97	16,57	1,904	664-A	25,53	36,52	14,53	1,764
663 B	25,95	34,86	16,37	1,896	664-B	25,55	36,67	14,42	1,755
665-A	25,75	35,01	15,1	1,718	666-A	25,74	34,76	17,58	1,806
665-B	25,54	34,57	15,15	1,694	666-B	25,83	34,79	17,59	1,822
667 A	25,48	33,87	15,28	1,841	668-A	24,32	33,12	17,89	1,813
667 B	25,56	33,9	15,11	1,833	668-B	24,39	33,34	17,4	1,757
669-A	25,88	35,6	16,56	1,797	670-A	26,85	35,35	13,62	1,804
669-B	26,47	36,55	17,07	1,81	670-B	27,08	35,72	13,68	1,805
671-A	26,2	32,83	17,38	1,755	672-A	26,63	35,58	15,6	1,944
671-B	26,15	34,38	16,88	1,786	672-B	26,75	35,88	15,77	1,967
673-A	23,11	31,96	17,14	1,65	674-A	27,38	36,76	14,01	1,764
673-B	23,04	31,94	17,11	1,659	674-B	27,56	36,9	13,91	1,761

675-A	23,93	33,77	16,76	1,711	676-A	24,51	34,43	17,59	1,785
675-B	23,89	33,76	16,61	1,717	676-B	24,29	33,94	17,25	1,756
677-A	22,52	32,76	17,81	1,762	678-A	25,94	35,97	14,88	1,967
677-B	22,62	33,01	17,85	1,784	678-B	24,4	32,62	13,82	1,772
679 A	24,87	33,51	17,22	1,715	680-A	27,47	36,49	15,48	1,74
681-A	25	33,46	15,36	1,708	682-A	26,4	34,46	13,36	1,638
681-B	25,19	33,55	15,25	1,718	682-B	26,66	34,88	13,14	1,643
683 A	26,13	35,2	16,64	1,859	684-A	26,28	35,83	14,74	1,87
683 B	26,02	35,28	16,79	1,823	684-B	26,39	36,06	14,99	1,878
685-A	25,94	34,85	16,27	1,747	686-A	24,12	33,33	18,89	1,795
685-B	25,85	34,82	15,77	1,737	686-B	24,12	33,35	18,93	1,758
687-A	26,28	35,66	16,69	1,871	688-A	26,35	36,08	16,13	1,825
687-B	26,55	36,06	16,65	1,854	688-B	26,24	36,02	16,41	1,851
689-A	26,1	35,21	16,79	1,794	690-A	26,82	35,97	13,79	1,704
689-B	25,7	34,96	16,71	1,782	690-B	26,67	36,06	13,75	1,713
691-A	25,89	34,81	16,55	1,843	692-A	27,15	36,18	14,69	1,693
691-B	25,94	34,79	16,45	1,851	692-B	26,27	37,73	15,55	1,721
693-A	27,3	37,27	14,35	1,801	694-A	25,46	34,43	17,11	1,792
693-B	27,79	37,18	14,32	1,824	694-B	25,62	34,52	17,38	1,784
695 A	24,55	33,93	15,77	1,832	696-A	25,95	34,79	15,87	1,77
695 B	24,05	32,94	15,62	1,768	696-B	26,2	35,33	16,4	1,825
697-A	25,85	34,21	16,23	1,726	698-A	25,87	35,21	15,4	1,86
697-B	26,08	34,63	16,39	1,694	698-B	25,92	35,51	15,35	1,84
699-A	25,84	34,58	15,71	1,807	700-A	26,42	35,4	15,09	1,762
699-B	25,52	34,08	15,28	1,812	700-B	26,13	35,21	14,89	1,757
701-A	26,2	32,83	17,38	1,755	702-A	24,84	33,74	16,97	1,779
701-B	26,15	34,38	16,88	1,786	702-B	26,24	34,93	16,11	1,782
703-A	25,94	35,97	14,88	1,967	704-A	25,94	34,64	15,44	1,87
703-B	24,4	32,62	13,82	1,772	704-B	25,74	34,2	15,5	1,967
705-A	25,54	34,68	16,17	1,857	706-A	26,32	35,38	15,38	1,819
705-B	25,87	35,25	17,18	1,866	706-B	26,7	35,82	15,33	1,749
707-A	26,48	35,67	16	1,899	708-B	26,45	35,88	15,97	1,883
707-B	26,05	34,81	15,25	1,766	708-B	25,64	35,03	15,59	1,862
709-A	25,39	34,96	17,68	1,852	710-A	26,22	35,09	15,22	1,825

709-B	24,95	34,32	17,24	1,823	710-B	26,17	35,06	15,4	1,829
711-A	24,24	34,51	16,43	1,801	712-A	23,82	33,04	17,3	1,677
711-B	24,12	34,3	16,24	1,783	712-B	23,84	33,02	17,16	1,663
713-A	24,13	32,35	17,14	1,558	714-A	26,93	35,77	14,13	1,76
713-B	24,09	32,31	17,08	1,565	714-B	27,1	35,99	14,07	1,74
715-A	26,3	34,71	15,53	1,792	716-A	25,42	34,22	16,42	1,812
715-B	26,48	35,01	15,51	1,772	716-B	25,33	34,12	16,04	1,813
717 A	25,3	34,02	15,47	1,738	718-A	26,26	35,52	16,04	1,904
717 B	25,31	34,05	15,57	1,716	718-B	26,51	35,86	15,86	1,894
719-A	26,57	34,71	15,43	1,74	720-A	25,94	35,48	17,48	1,884
719-B	26,57	35,18	15,94	1,786	720-B	25,46	34,36	16,86	1,815
721-A	26,69	35	15,72	1,87	722-A	26,22	35,09	15,22	1,825
721-B	26,83	35,17	15,92	1,852	722-B	26,17	35,06	15,4	1,829
723-A	26,52	34,81	15,4	1,742	724-A	25,67	35,03	16,96	1,808
723-B	26,14	34,15	15,32	1,688	724-B	25,77	35,4	17,22	1,825
725-A	27,12	37,33	14,55	1,64	726-A	24,99	34,81	16,71	1,789
725-B	27,31	37,64	14,74	1,659	726-B	25,42	35,22	16,8	1,801
727-A	25,6	34,58	16,63	1,764	728-A	26,35	36,08	16,13	1,825
727-B	25,32	34,45	16,61	1,797	728-B	26,24	36,02	16,41	1,851
729-A	25,39	34,96	17,68	1,852	730-A	26,85	35,35	13,62	1,804
729-B	24,95	34,32	17,24	1,823	730-B	27,08	35,72	13,68	1,805
731-A	24,9	34,05	16,26	1,804	732-A	27	35,51	15,91	1,879
731-B	25,36	35,06	16,87	1,866	732-B	26,44	35,16	15,41	1,828
733-A	25,84	34,58	15,71	1,807	734-A	25,86	35,47	15,95	1,705
733-B	25,52	34,08	15,28	1,812	734-B	25,53	34,99	15,71	1,809

Combinación 20010

735-A	24,46	35,02	18,98	1,916	736 A	26,73	35,88	14,86	1,776
735-B	25,41	33,73	16,85	1,854	736 B	26,68	35,94	14,93	1,779
737-A	24,38	33,5	17,1	1,749	738-A	26,42	35,14	15,46	1,835
737-B	24,42	33,62	17,05	1,761	738-B	26,6	35,42	15,61	1,836
739-A	25,7	34,27	16,16	1,758	740-A	25,98	36,95	14,92	1,742
739-B	25,99	34,74	16,32	1,803	740-B	27,84	37,03	14,07	1,729
741 A	26,39	35,34	16,24	1,789	742-A	26,58	35,54	15,34	1,795
741 B	26,59	35,47	16,33	1,794	742-B	28,19	37,28	13,53	1,744

743 A	25,37	35,01	17,34	1,894	744 A	25,61	34,93	16,23	1,873
743 B	25,43	35,29	17,51	1,923	744 B	25,62	34,99	16,06	1,865
745 A	24,89	33,89	15,96	1,759	746-A	27,04	35,96	15,53	1,716
745 B	25,19	34,29	16,25	1,758	746-B	27,05	35,98	15,6	1,713
747 A	24,24	33,61	16,76	1,829	748-A	26,29	33,53	15,62	1,879
747 B	24,32	33,64	16,82	1,825	748-B	26,43	33,67	15,68	1,856
749 A	26,56	35,6	16,06	1,837	750 A	26,3	35,11	16,39	1,854
749 B	26,66	35,59	16,31	1,827	750 B	26,36	35,23	16,39	1,874
751 A	24,97	34,56	17,45	1,873	752 A	26,65	35,74	15,07	1,804
751 B	25,07	34,67	17,59	1,851	752 B	26,66	35,85	15,14	1,816
753-A	25,44	33,81	16,91	1,855	754 A	26,53	35,66	16,05	1,798
753-B	24,49	35,09	19,08	1,918	754 B	26,7	35,7	16,19	1,81
755 A	24,57	33,75	16,54	1,642	756-A	25,06	34,79	14,95	1,763
755 B	24,87	34,53	17,32	1,707	756-B	25,1	34,73	14,84	1,751
757-A	24,19	33,52	16,06	1,693	758-A	26,23	35,88	17	1,954
757-B	24,34	33,52	15,75	1,687	758-B	26,29	35,83	16,64	1,987
759-A	23,93	32,85	17,03	1,79	760 A	26,65	35,98	16,3	1,907
759-B	24,33	33,51	17,23	1,835	760 B	26,59	35,83	16,24	1,917
761 A	26,06	36,44	16,21	1,732	762-A	27,81	37,39	14,85	1,842
761 B	26,12	36,47	16,36	1,725	762-B	27,95	37,74	15	1,863
763 A	24,5	33,61	17,06	1,804	764-A	27,46	36,62	13,98	1,728
763 B	24,58	33,93	17,2	1,802	764-B	26,47	37,69	15,38	1,762
765 A	25,53	34,91	17,51	1,864	766-A	28,1	37,25	13,6	1,716
765 B	24,64	33,62	16,93	1,805	766-B	26,6	36,06	15,27	1,816
767-A	25,76	34,81	16,83	1,906	768-A	25,31	34,05	15,88	1,591
767-B	25,83	34,86	16,85	1,902	768-B	25,3	34,52	16,46	1,633
769-A	24,83	36,31	17,99	1,923	770-A	25,81	36,26	15,94	1,838
769-B	25,04	36,53	17,98	1,94	770-B	25,9	36,36	16,17	1,861
771-A	26,11	34,7	16,2	1,828	772-A	26,73	35,88	14,86	1,776
771-B	26,33	34,95	16,4	1,837	772-B	26,68	35,94	14,93	1,779
773-A	25,08	34,14	17,61	1,922	774-A	26,08	35,28	16,08	1,751
773-B	25,12	34,18	17,68	1,926	774-B	25,98	35,25	16,02	1,732
775 A	26,54	35,24	15,86	1,792	776-A	25,3	36,02	14,84	1,647
775 B	26,65	35,37	15,79	1,8	776-B	27,27	36,29	14,69	1,699

777 A	26,77	36,1	15,87	1,857	778-A	25,6	34,74	16,75	1,797
777 B	26,71	36,12	15,89	1,856	778-B	25,48	34,44	16,59	1,777
779-A	24,41	33,96	18,17	1,842	780-A	26,65	37,06	15,92	1,859
779-B	24,54	34,18	18,28	1,861	780-B	26,5	37,02	16,23	1,858
781-A	25,05	33,76	16,17	1,774	782-A	25,37	35,01	17,34	1,894
782-B	25,01	33,72	16,44	1,783	782-B	25,43	35,29	17,51	1,923
783-A	24,46	35,02	18,98	1,916	784 A	25,23	34,45	15,3	1,653
783-B	25,41	33,73	16,85	1,854	784 B	25,44	34,7	15,36	1,686
785 A	24,4	34,25	16,18	1,705	786-A	27,31	36,56	15,58	1,864
785 B	24,45	34,28	16,2	1,701	786-B	27,25	36,6	15,43	1,876
787-A	25,61	34,59	15,72	1,814	788-A	26,25	36,81	15,43	1,784
787-B	26,09	35,13	15,98	1,842	788-B	28,04	36,84	14,19	1,695
789-A	26,04	35,41	16,38	1,796	790-A	25,52	36,87	15,96	1,829
789-B	25,97	35,34	16,33	1,803	790-B	26,69	35,87	14,8	1,759
791-A	25,89	34,81	16,55	1,843	792-A	27,15	36,18	14,69	1,693
791-B	25,94	34,79	16,45	1,851	792-B	26,27	37,73	15,55	1,721
793-A	25,76	34,81	16,83	1,906	794-A	26,52	34,46	15,27	1,859
793-B	25,83	34,86	16,85	1,902	794-B	26,78	34,84	15,49	1,889
795-A	25,3	36,02	14,84	1,647	796 A	26,46	35,17	15,52	1,755
795-B	27,27	36,29	14,69	1,699	796 B	26,48	35,3	15,29	1,742
797 A	25,76	34,81	16,83	1,906	798 A	27,55	35,51	15,17	1,71
797 B	25,83	34,86	16,85	1,902	798 B	27,74	35,82	15,27	1,732
799 A	26,21	35,02	17,04	1,904	800 A	25,43	35,68	16,62	1,893
799 B	26,34	35,26	17,1	1,909	800 B	25,49	35,85	16,83	1,902
801-A	24,92	36,18	17,66	2,022	802-A	27,91	36,72	14,15	1,688
801-B	26,05	35,24	15,8	1,909	802-B	26,39	37,26	15,49	1,806
803-A	25,44	33,81	16,91	1,855	804-A	26,51	35,75	14,61	1,751
803-B	24,49	35,09	19,08	1,918	804-B	25,85	37,42	16,27	1,854
805-A	25,88	35,05	15,72	1,895	806 A	25,69	35,33	15	1,905
805-B	25,04	36,28	17,64	2,029	806 B	25,68	35,36	15,09	1,901
807-A	25,61	34,59	15,72	1,814	808-A	27,6	37,39	14,68	1,829
807-B	26,09	35,13	15,98	1,842	808-B	27,32	37,16	14,7	1,82
809 A	25,97	35,07	16,34	1,823	810-A	26,81	35,06	15,47	1,742
809 B	25,93	35,16	16,39	1,829	810-B	26,94	35,32	15,56	1,74

811-A	26,18	34,89	16,51	1,799	812-A	27,82	36,23	14,46	1,722
811-B	26,38	35,09	16,71	1,823	812-B	27,99	36,47	14,51	1,755
813 A	25,56	35,06	16,62	1,871	814-A	26,67	37,26	15,78	1,867
813 B	25,61	35,24	16,65	1,891	814-B	27,49	35,9	14,17	1,798
815-A	25,6	34,74	16,75	1,797	816-A	24,17	33,64	16,72	1,695
815-B	25,48	34,44	16,59	1,777	816-B	23,98	33,29	16,96	1,688
817-A	25,62	34,23	16,06	1,794	818-A	26,24	35,16	14,34	1,822
817-B	25,92	34,83	16,42	1,829	818-B	26,62	35,86	14,59	1,844
819-A	25,36	34,53	15,99	1,809	820 A	25,82	35,08	15,44	1,936
819-B	25,63	35,13	16,61	1,831	820 B	25,8	35,12	15,36	1,949
821-A	25,21	33,66	17,32	1,867	822 A	27,67	36,1	13,84	1,729
821-B	25,26	33,84	17,3	1,883	822 B	27,93	36,45	14,13	1,739
823 A	26,12	35,3	16,59	1,897	824-A	27,26	35,58	14,09	1,779
823 B	26,22	35,39	16,97	1,893	824-B	26,74	37,42	15,46	1,885
825-A	26,18	34,89	16,51	1,799	826-A	26,61	35,42	14,89	1,813
825-B	26,38	35,09	16,71	1,823	826-B	26,61	35,56	14,96	1,822
827 A	24,35	33,6	16,92	1,735	828-A	27,39	35,53	14,24	1,692
827 B	24,53	33,88	16,93	1,758	828-B	27,75	36,12	14,67	1,717
829-A	26,4	34,97	16,17	1,769	830 A	25,27	34,05	17,76	1,875
829-B	24,86	34,86	18,53	1,913	830 B	25,31	34,09	17,67	1,856
831-A	24,27	34,93	17,94	1,899	832-A	27,37	35,69	16,05	1,869
831-B	24,65	35,6	18,29	1,937	832-B	27,51	35,82	15,82	1,853
833-A	25,56	36,53	16,08	1,843	834 A	26,96	35,8	14,44	1,843
833-B	25,93	37,14	16,52	1,86	834 B	27,08	36	14,49	1,856
835-A	23,86	32,89	17,23	1,76	836-A	28,82	36,78	13,41	1,579
835-B	23,95	33,02	17,29	1,798	836-B	27,5	37,5	15,18	1,654
837-A	25,03	34,19	16,12	1,707	838-A	25,95	35,31	15,65	1,882
837-B	25,01	34,2	16,06	1,696	838-B	26,1	35,41	15,76	1,877
839 A	24,77	33,81	16,52	1,771	840 B	27,67	36,78	14,91	1,826
839 B	24,8	34,03	16,81	1,819	840 B	27,67	36,78	14,91	1,826
841-A	25,19	34,29	16,63	1,804	842-A	26,19	35,57	15,5	2,068
841-B	25,56	34,89	16,95	1,851	842-B	26,43	35,93	15,68	2,08
843-A	26,42	35,57	16,21	1,826	844-A	27,96	37,31	13,6	1,991
843-B	26,36	35,55	16,2	1,829	844-B	27,86	37,23	13,53	1,976

845-A	26,67	37,26	15,78	1,867	846-A	27,3	37,13	15,02	1,646
845-B	27,49	35,9	14,17	1,798	846-B	28,95	36,82	13,46	1,554
847 A	26,86	36,21	16,74	1,881	848-A	26,03	36	15,16	1,812
847 B	26,69	35,9	16,34	1,858	848-B	26,21	36,25	15,42	1,827
849 A	25,29	34,55	16,59	1,855	850-A	25,98	35,16	15,31	1,753
849 B	25,2	34,52	16,24	1,852	850-B	26	35,14	15,3	1,742
851-A	24,38	34	17,94	1,873	852-A	23,76	33,73	17,11	1,82
851-B	26,64	35,43	16,4	1,781	852-B	23,84	33,89	17,26	1,802
853-A	27,35	35,84	14,73	1,778	854-A	26,51	36,26	13,25	1,891
853-B	27,38	35,94	14,64	1,771	854-B	26,46	36,09	13,34	1,922

Combinación 16010

855-A	25,27	34,28	15,46	1,799	856-A	26,02	34,65	14,73	1,76
855-B	25,18	34,33	15,55	1,791	856-B	26,2	34,97	14,92	1,772
857-A	24,73	33,8	16,86	1,746	858-A	29,2	37,44	10,95	1,751
857-B	24,76	33,68	16,68	1,744	858-B	29,06	37,44	10,99	1,77
859-A	26,57	34,98	14,63	1,735	860-A	25,83	35,94	15,25	1,768
859-B	26,72	35,16	14,69	1,721	860-B	25,89	36,05	15,32	1,774
861-A	25,87	34,62	15,15	1,74	862-A	24,88	35,45	15,49	1,859
861-B	25,89	34,61	15,39	1,736	862-B	25,2	36,06	15,79	1,863
863-A	27,54	36,45	15,26	1,876	864-A	26,45	36,37	15,29	1,86
863-B	27,52	36,41	15,21	1,872	864-B	26,56	36,65	15,15	1,897
865-A	24,96	34,91	18,51	1,81	866-A	26,36	36,03	14,75	1,877
865-B	27,91	36,24	13,27	1,862	866-B	26,39	36,19	14,98	1,885
867-A	25,98	36,95	14,92	1,742	868-A	25,75	35,16	14,39	1,773
867-B	27,84	37,03	14,07	1,729	868-B	25,81	35,28	14,26	1,789
869-B	25,08	35,26	18,76	1,828	870-A	29,54	37,36	10,41	1,645
869-B	28,14	36,47	13,43	1,865	870-B	29,74	37,62	10,49	1,653
871-A	25,74	35,49	17,31	1,887	872 A	28,61	42,52	9,22	1,282
871-B	25,44	34,98	17,09	1,857	872 B	28,42	42,26	9,32	1,276
873-A	25,32	34,65	15,66	1,85	874-A	27,99	37,5	14,14	1,89
873-B	25,27	34,74	15,54	1,845	874-B	28,03	37,37	14,24	1,897
875-A	25,83	34,86	14,84	1,808	876-A	26	35,17	14,81	1,846
875-B	26	35,05	14,76	1,814	876-B	26,18	35,34	14,88	1,839
877-A	25,5	34,28	16,01	1,796	878-A	26,81	35,65	14,27	1,738

877-B	25,59	34,27	16,08	1,8	878-B	26,9	35,79	14,2	1,728
879-A	24,23	33,66	17,98	1,772	880-A	26,09	34,91	15,23	1,691
879-B	24,23	33,68	17,99	1,781	880-B	26,01	34,79	15,27	1,687
881-A	25,38	34,67	16,56	1,75	882-A	27,16	36,08	14,61	1,706
881-B	25,46	34,8	16,63	1,746	882-B	25,6	33,41	13,44	1,654
883-A	26,2	35,02	14,85	1,737	884-A	27,54	36,46	13,43	1,71
883-B	26,38	35,16	14,7	1,748	884-B	27,39	36,13	13,26	1,683
885-A	26,72	35,15	13,91	1,575	886-A	26,2	34,65	14,46	1,722
885-B	27,26	35,44	13,53	1,579	886-B	26,34	34,85	14,4	1,736
887-A	25	33,46	15,36	1,708	888-A	27,31	36,06	12,97	1,636
887-B	25,19	33,55	15,25	1,718	888-B	27,39	36,06	12,94	1,652
889-A	25,7	34,79	16,02	1,886	890-A	25,91	35,65	14,25	1,723
889-B	25,85	35,13	16,39	1,925	890-B	25,93	35,78	14,28	1,73
891-A	26,1	35,04	15,27	1,823	892-A	26,83	35,86	13,89	1,699
891-B	26,15	35,03	15,33	1,814	892-B	25,85	35,25	13,65	1,673
893-A	27,72	37,84	13,9	1,839	894-A	25,75	35,14	13,69	1,67
893-B	27,65	37,85	13,81	1,857	894-B	26,93	35,89	13,72	1,692
895-A	24,88	34,38	16,19	1,924	896-A	27,37	35,49	13,82	1,597
895-B	25,35	34,99	16,59	1,977	896-B	27,48	35,61	13,73	1,595
897-A	24,73	33,8	16,86	1,746	898-A	26,86	36,21	16,74	1,881
897-B	24,76	33,68	16,68	1,744	898-B	26,69	35,9	16,34	1,858
899-A	26,03	36	15,16	1,812	900-A	26,44	35,57	14,03	1,772
899-B	26,21	36,25	15,42	1,827	900-B	26,62	35,74	14,06	1,785
901-A	27,3	37,27	14,35	1,801	902-A	24,55	33,93	15,77	1,832
901-B	27,79	37,18	14,32	1,824	902-B	24,05	32,94	15,62	1,768
903-A	26,42	35,46	15,4	1,844	904-A	28,08	37,14	14,84	1,913
903-B	26,6	35,71	15,47	1,863	904-B	28,23	37,27	14,69	1,914
905-A	28,4	38,17	11,17	1,726	906-A	24,26	33,77	17,37	1,785
905-B	28,64	38,65	10,87	1,738	906-B	24,4	33,9	17,3	1,812
907-A	26,57	34,98	14,63	1,735	908-A	26,22	34,92	14,84	1,829
907-B	26,72	35,16	14,69	1,721	908-B	26,18	35,03	14,83	1,84
909-A	26,22	34,9	14,83	1,737	910-A	27,58	36,03	13,04	1,862
909-B	26,19	35,02	14,76	1,734	910-B	27,52	35,92	13,08	1,867
911-A	27,31	36,06	12,97	1,636	912-A	27,03	36,2	13,43	1,69

911-B	27,39	36,06	12,94	1,652	912-B	27,22	36,55	13,37	1,699
913-A	25,73	35,95	14,13	1,721	914-A	28,42	37	13,29	1,625
913-B	25,79	35,87	14,25	1,714	914-B	28,42	37,23	13,22	1,646
915-A	27,11	36,21	14,13	1,747	916-A	24,71	35,22	16,59	1,776
915-B	27,15	36,27	14,12	1,765	916-B	24,79	35,38	16,84	1,782
917-A	28	37,81	13,68	1,525	918-A	26,74	36,21	14,75	1,947
917-B	28,09	37,87	13,65	1,534	918-B	26,96	36,34	14,91	1,951
919-A	25,7	34,48	15,82	1,821	920-A	27,93	36,31	13,02	1,766
919-B	25,6	34,31	15,83	1,829	920-B	27,92	36,32	12,99	1,768
921-A	25,61	34,67	15,44	1,795	922-A	26,55	35,59	14,17	1,76
921-B	25,59	34,6	15,43	1,789	922-B	26,63	35,43	14,11	1,763
923-A	27,37	35,49	13,82	1,597	924-A	25,18	34,33	16,53	1,861
923-B	27,48	35,61	13,73	1,595	924-B	25,3	34,39	16,48	1,835
925-A	26,93	35,89	14,27	1,799	926-A	26,26	35,24	15,56	1,894
925-B	27,03	35,96	14,47	1,78	926-B	26,49	35,57	15,65	1,898
927-A	25,04	34,25	16,69	1,84	928-A	25,75	35,01	15,15	1,833
927-B	25,07	34,27	16,43	1,839	928-B	25,65	34,82	15,04	1,824
929-A	27,63	36,62	14,58	1,886	930-A	25,76	34,2	15,65	1,888
929-B	27,77	36,95	14,77	1,898	930-B	25,96	34,61	15,81	1,897
931-A	24,8	33,77	17,95	1,92	932-A	26,27	35,07	14,71	1,911
931-B	24,77	33,88	17,71	1,907	932-B	26,09	35,01	14,71	1,906
933-A	24,95	34,06	16,56	1,781	934A	24,26	33,62	16,84	1,597
933-B	24,93	34,21	16,56	1,809	934-B	24,25	33,52	16,66	1,581
935-A	26,46	35,11	14,8	1,794	936-A	25,94	34,85	16,27	1,747
935-B	26,51	35,15	14,64	1,792	936-B	25,85	34,82	15,77	1,737
937-A	24,12	33,33	18,89	1,795	938-A	26,3	35,54	14,74	1,869
937-B	24,12	33,35	18,93	1,758	938-B	26,21	35,22	14,65	1,848
939-A	26,47	35,05	14,48	1,708	940-A	27,55	36,44	12,72	1,771
939-B	26,64	35,31	14,88	1,729	940-B	27,51	36,59	12,75	1,774
941-A	25,78	34,7	16,32	1,783	942-A	26,2	35,02	14,85	1,737
941-B	25,94	34,83	16,34	1,804	942-B	26,38	35,16	14,7	1,748
943-A	26,56	35,13	15,65	1,836	944-A	26,73	36,34	15,82	1,739
943-B	26,64	35,23	15,72	1,827	944-B	26,6	36	15,68	1,738
945-A	24,62	34,76	18,03	1,746	946 B	27,71	36,77	13,01	1,792

945-B	24,61	34,78	18,03	1,755	946 B	27,71	36,77	13,01	1,792
947-A	25,98	34,34	15,05	1,771	948-A	27,19	36,26	13,84	1,893
947-B	26,03	34,49	15,08	1,763	948-B	27,25	36,39	13,99	1,891
949-A	24,67	33,96	15,71	1,801	950-A	26,72	35,37	14,79	1,872
949-B	24,78	34,1	15,84	1,798	950-B	26,78	35,35	14,65	1,865
951-A	26,08	34,57	14,94	1,796	952-A	27,54	36,46	13,43	1,71
951-B	26,12	35,49	15,9	1,826	952-B	27,39	36,13	13,26	1,683
953-A	26,72	35,15	13,91	1,575	954-A	26,43	35,18	13,66	1,767
953-B	27,26	35,44	13,53	1,579	954-B	26,54	35,28	13,73	1,783
955-A	26,3	34,86	15,27	1,756	956-A	25,71	35,04	15,55	1,893
955-B	26,29	34,84	15,37	1,77	956-B	25,98	35,42	15,52	1,925
957-A	25,83	35,01	15,32	1,747	958-A	25,85	34,69	14,99	1,806
957-B	25,88	34,97	15,33	1,748	958-B	25,94	34,68	15,07	1,809
959-A	26,37	37,28	15,84	1,861	960-A	26,87	35,62	14,18	1,809
959-B	26,47	37,52	15,19	1,865	960-B	26,86	35,54	14,18	1,822
961-A	25	35,26	15,29	1,731	962-A	26,78	36,86	14,36	1,897
961-B	25,48	36,1	15,67	1,769	962-B	27,04	37,45	14,64	1,942
963-A	27,04	36,02	14,77	1,803	964-A	24,68	34,14	17,92	1,781
963-B	27,14	36,13	14,7	1,809	964-B	24,81	34,37	18,07	1,801
965-A	24,91	34,5	15,42	1,604	966-A	28,5	37,22	12,11	1,679
965-B	24,93	34,5	15,37	1,597	966-B	28,3	37,18	11,97	1,671
967-A	27,22	35,07	13,69	1,703	968-A	26,71	35,97	13,58	1,709
967-B	27,07	35,11	13,62	1,682	968-B	26,79	36,11	13,67	1,702
969-A	27,19	36,51	13,51	1,772	970-A	28,24	37,81	11,45	1,729
969-B	27,16	36,56	13,6	1,766	970-B	28,21	37,8	11,55	1,718
971-A	25,36	35,81	15,39	1,798	972-B	26,73	35,88	14,86	1,776
971-B	25,72	36,49	15,72	1,833	972-B	26,68	35,94	14,93	1,779

Combinación 1806

973-A	25,08	34,14	17,61	1,922	974-A	26,28	35,62	13,18	1,653
973-B	25,12	34,18	17,68	1,926	974-B	26,3	35,58	13,02	1,665
975-A	25,78	34,26	16,68	1,706	976 A	26,49	36,17	15,94	1,907
975-B	25,82	34,31	16,84	1,719	976 B	26,49	36,17	15,94	1,907
977-A	25,5	35	16,57	1,767	978 A	25,52	34,58	15,3	1,902
977-B	25,42	34,91	16,45	1,752	978 B	25,33	34,36	15,25	1,876

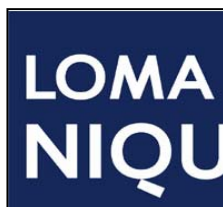
979 A	25,24	34,63	16,19	1,813	980 A	27,68	36,66	14,55	1,865
979 B	25,19	34,58	16,05	1,816	980 B	27,76	36,82	14,61	1,858
981-A	26,52	35,1	13,84	1,738	982 A	26,59	34,87	14,5	1,775
981-B	27	35,97	14,24	1,792	982 B	26,64	35,09	14,85	1,789
983 A	26,1	34,93	16,2	1,797	984-A	24,77	33,63	16,49	1,821
983 B	26,12	34,99	16,08	1,793	984-B	24,74	33,56	16,38	1,821
985-A	24,51	33,47	16,77	1,808	986-A	26,81	35,46	15,18	1,807
985-B	24,61	33,7	16,9	1,819	986-B	26,87	35,56	15	1,819
987-A	25,79	34,76	16,01	1,767	988-A	26,03	35,52	16,06	1,805
987-B	25,84	34,96	16,05	1,781	988-B	25,93	35,34	16,35	1,816
989 A	24,92	33,62	16,68	1,623	990-A	25,73	35,33	14,34	1,831
989 B	25	33,93	16,82	1,635	990-B	25,84	35,31	14,3	1,816
991-A	24,95	34,73	15,48	1,472	992 A	26,87	35,83	14,41	1,771
991-B	24,93	34,67	15,7	1,445	992 B	26,95	36,08	14,41	1,795
993-A	25,92	34,7	15,89	1,727	994 A	26,45	35,46	15,15	1,743
993-B	26,06	34,91	15,95	1,73	994 B	26,47	35,45	15,4	1,742
995 A	24,84	33,93	16,37	1,798	996-A	25,99	35,22	14,9	1,671
995 B	25,04	34,15	16,5	1,793	996-B	25,95	35,08	15,08	1,656
997-A	23,93	33,01	18,16	1,729	998 A	26,57	35,36	14,26	1,716
997-B	24	33,03	17,83	1,743	998 B	26,53	35,19	14,61	1,707
999 A	24,92	33,62	16,68	1,623	1000 A	26,68	35,65	14,57	1,702
999 B	25	33,93	16,82	1,635	1000 B	26,65	35,72	14,89	1,699
1001 A	24,61	33,85	17,18	1,811	1002-A	27,29	36,59	14,54	1,825
1001 B	24,71	33,97	17,42	1,819	1002-B	27,36	36,74	14,44	1,827
1003 A	24,98	33,69	16,19	1,776	1004-A	27,22	35,87	15,02	1,756
1003 B	25,17	34,04	16,36	1,787	1004-B	27,34	36,09	15,02	1,778
1005-A	24,77	34,07	16,58	1,752	1006-A	26,37	34,62	14,87	1,673
1005-B	24,78	34,09	16,5	1,765	1006-B	26,33	34,6	14,96	1,687
1007-A	25,02	34,26	17,72	1,864	1008-A	27,11	35,6	14,75	1,559
1007-B	25,1	34,44	17,82	1,886	1008-B	27,02	35,43	14,47	1,567
1009 A	25,67	34,66	15,62	1,791	1010 A	26,36	34,57	14,9	1,734
1009 B	25,66	34,61	15,52	1,791	1010 B	26,44	34,94	14,98	1,753
1011 A	25,37	34,13	16,42	1,767	1012-A	25,27	34,44	17,13	1,788
1011 B	25,45	34,16	16,42	1,776	1012-B	25,25	34,57	17,23	1,815

1013-A	25,44	34,65	16,42	1,757	1014 A	26,39	35,1	14,38	1,754
1013-B	25,59	35,05	16,4	1,784	1014 B	26,34	34,92	14,6	1,76
1015 A	24,85	34,42	16,72	1,716	1016 A	26,37	35,05	14,9	1,814
1015 B	24,91	34,61	16,41	1,728	1016 B	26,49	35,13	14,9	1,801
1017-A	26,19	35,23	15,88	1,714	1018-A	23,17	34,26	19,2	1,779
1017-B	26,48	35,59	15,86	1,718	1018-B	23,4	34,74	19,72	1,813
1019 A	24,76	33,77	16,75	1,787	1020-A	27,3	36,4	14,07	1,707
1019 B	24,9	33,87	17,1	1,762	1020-B	27,67	36,82	14,38	1,722
1021-A	24,95	34,79	16,53	1,738	1022-A	25,18	34,88	17,29	1,876
1021-B	25,4	35,3	16,54	1,754	1022-B	24,84	34,28	16,87	1,833
1023-A	26,31	35,7	15,5	1,729	1024-A	26,84	35,55	13,85	1,579
1023-B	26,4	35,75	15,71	1,731	1024-B	26,74	35,58	13,82	1,574
1025-A	26,36	35,26	15,58	1,793	1026-A	25,51	34,63	17,05	1,754
1025-B	26,44	35,31	15,49	1,792	1026-B	25,64	34,85	17,19	1,733
1027-A	25,57	34,51	16,17	1,797	1028 A	25,9	35	14,51	1,789
1027-B	25,75	34,85	16,44	1,832	1028 B	26,11	35,33	14,86	1,813
1029 A	26,22	34,56	15,26	1,747	1030 A	26,18	34,49	15,1	1,734
1029 B	26,17	34,52	15,09	1,757	1030 B	26,15	34,57	15,07	1,741
1031-A	26,34	35,5	15,59	1,721	1032-A	27,26	36,14	14,19	1,814
1031-B	26,44	35,7	15,72	1,731	1032-B	27,75	36,77	14,4	1,845
1033 A	25,89	34,65	15,1	1,721	1034-A	26,36	36,03	14,75	1,877
1033 B	26,12	34,85	15,18	1,745	1034-B	26,39	36,19	14,98	1,885
1035-A	26,41	35,89	15,54	1,67	1036-A	26,16	34,22	15,55	1,716
1035-B	26,54	36,17	15,55	1,674	1036-B	26,31	34,48	15,47	1,728
1037 A	26,12	34,99	15,94	1,748	1038-A	26,33	35,75	15,38	1,797
1037 B	25,88	34,75	15,92	1,74	1038-B	25,89	35,34	16,06	1,793
1039-A	25,13	34,18	16,11	1,863	1040 A	27,08	35,76	13,76	1,713
1039-B	24,89	33,9	15,92	1,852	1040 B	27,2	35,96	13,95	1,72
1041-A	25,91	34,6	15,55	1,775	1042-A	25,77	34,09	15,95	1,889
1041-B	25,91	34,63	15,61	1,777	1042-B	25,89	34,24	16,12	1,906
1043 A	24,99	33,63	16,7	1,813	1044 A	27,29	37,81	13,89	1,858
1043 B	24,96	33,58	16,5	1,806	1044 B	27,32	37,8	13,9	1,86
1045 A	26,01	34,24	16,2	1,88	1046 A	26,41	34,46	15,65	1,888
1045 B	25,97	34,22	16,34	1,889	1046 B	26,35	34,54	15,84	1,901

1047 A	25,22	34,4	17,72	1,895	1048-A	26,58	35,07	14,94	1,832
1047 B	25,11	34,19	17,77	1,876	1048-B	26,56	34,9	14,95	1,792
1049 A	25,65	34,89	15,79	1,726	1050-A	26,7	36,27	14,57	1,879
1049 B	25,76	35,14	15,85	1,726	1050-B	26,78	36,48	14,53	1,91
1051-A	26,22	35,89	15,64	1,792	1052-A	26,41	35,31	13,47	1,563
1051-B	26,09	35,63	15,91	1,76	1052-B	26,57	35,64	13,87	1,609
1053 A	24,28	33,22	17,29	1,88	1054 A	26,58	35,71	15,44	1,75
1053 B	24,19	33,23	17,54	1,883	1054 B	26,59	35,8	15,25	1,75
1055-A	26,52	36,05	15,1	1,748	1056-A	25,98	36,95	14,92	1,742
1055-B	26,71	36,45	15,07	1,775	1056-B	27,84	37,03	14,07	1,729
1057-A	25,75	35,16	14,39	1,773	1058-A	25,95	34,79	15,87	1,77
1057-B	25,81	35,28	14,26	1,789	1058-B	26,2	35,33	16,4	1,825
1059 A	25,33	34,54	16,57	1,816	1060 A	25,53	34,7	15,92	1,751
1059 B	25,32	34,69	16,59	1,827	1060 B	25,4	34,42	15,85	1,724
1061-A	26	35,42	16,28	1,755	1062 A	24,39	34,17	17,31	1,807
1061-B	26,05	35,57	16,22	1,757	1062 B	24,4	34,28	17,4	1,821
1063-A	25,33	33,94	15,9	1,774	1064-A	25,9	34,62	14,52	1,749
1063-B	25,28	33,84	15,9	1,761	1064-B	26,31	35,32	14,84	1,768
1065-A	25,92	34,97	15,73	1,712	1066 A	26,33	34,8	15,18	1,803
1065-B	26,04	35,17	15,94	1,731	1066 B	26,35	34,85	15,35	1,809
1067-A	26,13	34,69	15,13	1,771	1068 A	24,9	34,82	15,82	1,698
1067-B	26,37	35,18	15,36	1,747	1068 B	25,01	35,16	16,17	1,709
1069-A	24,98	34,25	16,82	1,734	1070 A	25,59	34,2	14,98	1,709
1069-B	25,39	34,75	16,85	1,75	1070 B	25,63	34,14	15,15	1,718
1071-A	25,52	34,39	15,9	1,784	1072 A	26,43	35,09	15,02	1,763
1071-B	25,49	34,49	15,58	1,764	1072 B	26,37	35	15,03	1,764
1073 A	24,71	33,96	16,36	1,725	1074-A	25,93	35,63	15,71	1,777
1073 B	24,77	34,2	16,6	1,733	1074-B	26	35,75	15,56	1,781
1075 A	26,61	35,08	14,58	1,677	1076 A	25,57	34,45	16,35	1,771
1075 B	26,65	35,13	14,7	1,679	1076 B	25,55	34,4	16,55	1,783
1077-A	26,73	35,33	14,1	1,548	1078 A	25,36	34,1	15,3	1,775
1077-B	26,89	35,44	13,99	1,563	1078 B	25,47	34,39	15,18	1,806
1079-A	25,71	35,47	16,86	1,808	1080-A	27,44	36,14	14,2	1,791
1079-B	25,66	35,35	16,62	1,807	1080-B	27,57	36,19	13,63	1,774

1081 A	25,08	34,06	17,37	2,03	1082-A	25,92	34,95	14,79	1,759
1081 B	25,05	33,83	17,17	2,016	1082-B	26,04	35,18	14,75	1,777
1083-A	26,78	35,93	14,23	1,701	1084 A	26,5	35,92	15,16	1,877
1083-B	27,01	36,1	14,16	1,703	1084 B	26,8	36,55	15,21	1,86
1085-A	26,22	35,65	16,22	1,855	1086 A	28,04	35,78	13,51	1,654
1085-B	26,32	35,74	16,09	1,87	1086 B	28,07	35,73	13,33	1,645
1087 A	26	34,73	15,86	1,714	1088-A	25,87	34,75	16,17	1,773
1087 B	26,12	34,64	15,86	1,665	1088-B	25,95	34,8	16,42	1,774
1089 A	25,95	34,8	16,16	1,765	1090 A	25,11	34,63	16,74	1,873
1089 B	26,05	34,91	15,91	1,754	1090 B	25	34,53	16,79	1,855
1091-A	23,54	33,36	17	1,642	1092-A	22,75	32,87	17,23	1,675
1091-B	24,36	33,73	17,12	1,558	1092-B	22,75	32,89	17,19	1,669
1093 A	27,68	37,03	14,56	1,802	1094 A	25,29	35	15,38	1,832
1093 B	27,68	37,08	14,32	1,773	1094 B	25,24	34,96	15,4	1,84

APENDICE G. CALCULO DE AREA EN REPRESENTACIONES RADIALES



CALCULO DEL ÁREA EN REPRESENTACIONES RADIALES

Fecha

Elaboración:

07/10/2004

Fecha Revisión:

- ACTIVIDAD

Calcular el área de un polígono en una representación radial para el análisis de los resultados de un diseño de experimento multivariado de al menos 3 variables.

2.- LUGAR

Laboratorio

3.- OPERADOR

Ing^a Asistente del laboratorio

4.- MATERIALES, EQUIPOS, CONDICIONES NECESARIAS, TIEMPO DE EJECUCIÓN, TOLERANCIA Y REGISTROS

Materiales: Computadora

Equipos de Seguridad (Código de Ellipse): N/A

Otros Equipos: N/A

Condiciones Necesarias: N/A

Tiempo de Ejecución de la IO: 20 min.

Tolerancia del Tiempo de Ejecución (+/-): 5 min.

Registros

No tiene Referencias a Registros

5.- DESCRIPCIÓN

1. Vaciar la información en una hoja Excel donde se especifique: Los Eventos estudiados, Las variables analizadas (que deben ser al menos 3) y Los resultados de esas variables asociados a los eventos correspondientes.
2. Generar un grafico radial en donde cada polígono represente a cada evento estudiado generado por los resultados de las variables analizadas.
3. Analíticamente cada par de resultados graficado radialmente estará separado por un ángulo definido como:

$$\beta = 360^\circ / k, \text{ siendo } k \text{ el \# de variables}$$

4. Calcular el área definida para cada par de resultados usando el Teorema de Heron y el Teorema del Coseno según anexos
5. El área total del polígono representado en el grafico radial será la sumatoria de las áreas calculadas en el paso 4.
6. Según el criterio de decisión establecido en el diseño experimental, los eventos serán jerarquizados de acuerdo al área generada por los resultados de las variables de estudio.

6.- DESTINO DE LOS DESECHOS O RESIDUOS DE SU OPERACIÓN

N/A

7.- RESULTADOS ESPERADOS

Si se realiza un diseño de experimentos donde los eventos arrojan un conjunto de resultados para las variables y se desea una combinación de todos los resultados en el entorno de un criterio establecido entonces la herramienta puede cuantificar el efecto combinado de las variables estudiadas para jerarquizar los eventos

8.- ANORMALIDADES / ACCIONES A REALIZAR

Número de Anormalidades: 0

9.- REFERENCIA

- Teorema de Heron
 - Modelo de caculo de área
- No tiene Referencias a Documentos

10.- ANEXOS

MODELO PARA EL CALCULO DE ÁREAS EN REPRESENTACIONES RADIALES

Sea el experimento ε compuesto de "n" eventos A,B,C,...N

$$\varepsilon = \{A \cup B \cup C \cup \dots \cup N\}$$

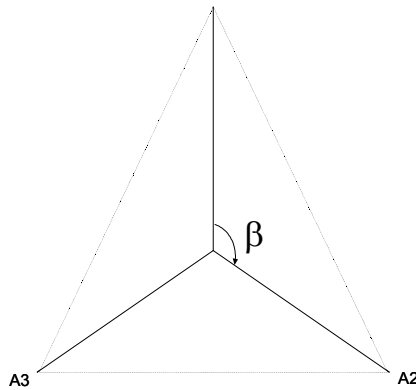
Cada evento se compone de al menos tres variables, de alli:

$$\varepsilon = \{(A1, A2, A3) \cup (B1, B2, B3) \cup (C1, C2, C3) \cup \dots \cup (N1, N2, N3)\}$$

Supongase que se desea comparar los eventos según el criterio de que se acepte como valido el poligono con menor area.

Se elabora un diagrama radial, donde $\beta = 360^\circ / k$, donde $k = \#$ de variables. Para el caso en consideración $\beta = 360^\circ / 3 = 120^\circ$

Para el evento A se tiene que:



La distancia $\overline{A1A2}$ sería:

$$\overline{A1A2} = \sqrt{A1^2 + A2^2 - 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos(\beta)} \quad (1)$$

Donde:

A1 es el valor correspondiente a la primera variable del evento A

A2 es el valor correspondiente a la segunda variable del evento A

$\overline{A1A2}$ es la distancia entre el valor A1 y A2

β es el ángulo entre variables

Cumpliendo el Teorema de Herón, el área del triángulo $\overline{A1OA2}$ es:

$$A_{\overline{A1OA2}} = \sqrt{P \cdot (P - A1) \cdot (P - A2) \cdot (P - \overline{A1A2})} \quad (2)$$

Donde:

$A_{\overline{A1OA2}}$ es el área del triángulo definido por A1, O y A2

P es el perímetro del triángulo

El perímetro de un triángulo esta definido por:

$$P = \frac{A1 + \overline{A1A2} + A2}{2} \quad (3)$$

Sustituyendo (1) y (3) en (2):

$$A_{\overline{A1OA2}} = \sqrt{\left(\sqrt{A1^2 + A2^2 - 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos(\beta)}\right) \cdot \left(\sqrt{A1^2 + A2^2 - 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos(\beta)} - A1\right) \cdot \left(\sqrt{A1^2 + A2^2 - 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos(\beta)} - A2\right) \cdot \left(\sqrt{A1^2 + A2^2 - 2 \cdot A1 \cdot A2 \cdot \cos(\beta)} - \overline{A1A2}\right)}$$

De manera análoga se evalúa el área de los triángulos definidos por $\overline{A3OA1}$ y $\overline{A2OA3}$, luego, el área total del polígono sería:

$$A_{TOTAL} = A_{\overline{A1OA2}} + A_{\overline{A2OA3}} + A_{\overline{A3OA1}}$$

Donde:

$A_{\overline{A1OA2}}$ es el área definida para las variables A1 y A2

$A_{\overline{A2OA3}}$ es el área definida para las variables A2 y A3

$A_{\overline{A3OA1}}$ es el área definida para las variables A1 y A3

A_{TOTAL} es el área definida para las variables A1, A2

y A3

El valor de A_{TOTAL} representa la cuantificación del efecto combinado de las variables A1, A2 y A3 para el evento A y que puede compararse con las áreas de los eventos B, C, ..., N calculadas de manera similar