

BIBLIOTECA FAC. DE QUIMICA



TESIS PROFESIONAL

**Aplicación de la Estadística al Control de Calidad
en una Fábrica de Productos Alimenticios**

MANUEL A Y S A B E R N A T

México, D. F.

1968



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

*Aplicación de la Estadística al Control de Calidad en
una Fábrica de Productos Alimenticios.*



QUIMICA

MANUEL AYSA BERNAT

INGENIERO QUIMICO

1968

JURADO ASIGNADO:

Presidentes: I.Q. Raul Meyer Stoffel
Vocals: I.Q. Miguel A. Vargas Diaz
Secretarios: I.Q. Gerardo Bazan Navarrete
1er. Suplentes: I.Q. Julio F. Lara Hidalgo
2do. Suplentes: I.Q. Roberto Treviño Arizpe

SITIO DONDE SE DESARROLLA EL T.M.A:

Marcas Alimenticias Internacionales, S.A. de C.V.

Poniente 140 No. 493 , México 14, D.F.

Telefono: 17 - 82 - 45.

Sustantante: Manuel Ayse Bernat.
Asesor: Ing. Raul Meyer Stoffel
Supervisor Técnico: Ing. Gerardo Bazan Navarrete

A la memoria de mi Padre, estrella
que ilumina el sendero de mi vida
y como cumplimiento al juramento -
hecho ante su cadáver.

A mi Madre que inspira la esencia
de mi ser, con veneración y ternura
ra y por su dedicación a sus hijos.

A mis Hermanos con infinito amor
y como ejemplo de superación.

A mi Abuelita y Tios con eterna
gratitud por sus sabios consejos
y la nobleza de sus almas.

A mi Mamá Nana por su sacrificio
y abnegación.

A Gloria porque siempre exista
comprensión en su alma, alegría
en sus ojos y valor en su espíritu.

**Al Ing. Raul Meyer Steffel con
admiración y respeto.**

**A Luis Augusto como prueba de la
hermandad que nos une.**

CONTENIDO.

- I .- Introducción.
- II .- Generalidades.
- III.- Descripción del Proceso.
- IV .- Gráficas de Control.
- V .- Cálculos y Discusión de Resultados.
- VI .- Conclusiones.
- VII.- Bibliografía.

INTRODUCCION

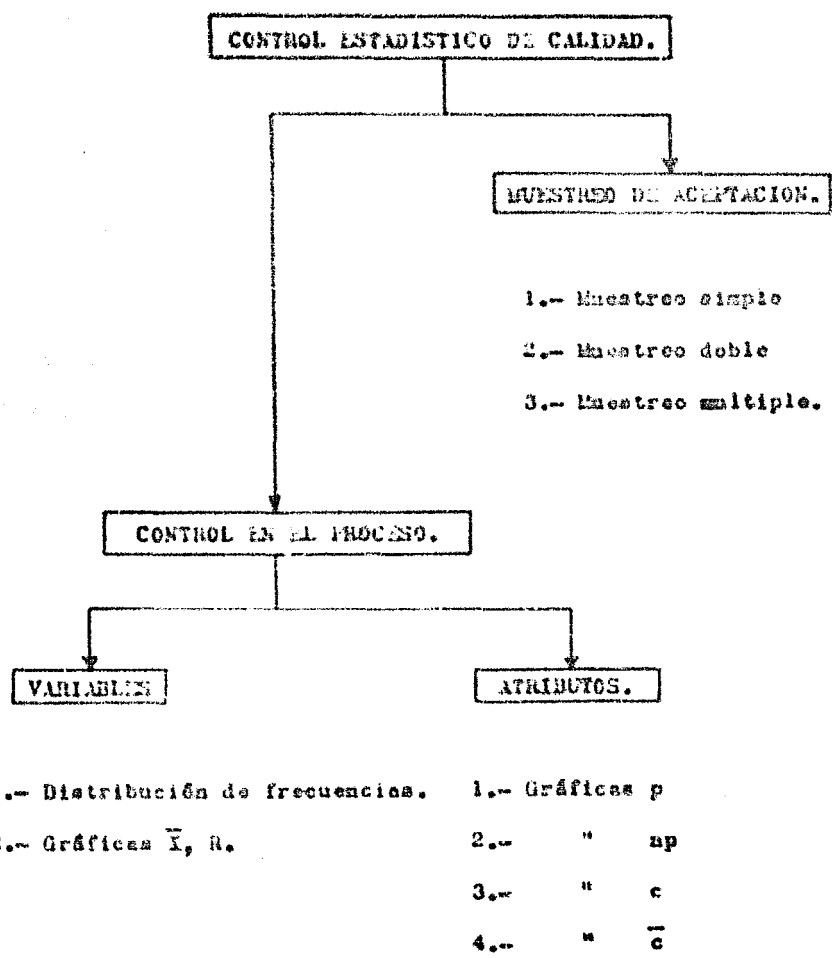
Los métodos estadísticos aplicados al control de calidad consisten en hacer inferencias a partir de datos recopilados para llegar a conclusiones satisfactorias en el estudio de un evento determinado.

Para hacer un concepto más explícito diremos, que es un sistema de muestreo, inspección, análisis y acción aplicado a un proceso de manufactura y de materias primas, de tal manera que analizando adecuadamente los datos concernientes a sus características de calidad se puede determinar la acción a seguir para mantener un nivel deseado de calidad.

La colección, análisis e interpretación de datos deberán ser realizadas por el departamento de Control de Calidad.

El control estadístico de calidad tiene dos objetivos principales: aplicar sus técnicas al proceso, previniendo o eliminando las causas que lo estén perturbando y además introducir planes de muestreo bien sea en el producto terminado, en alguna fase del proceso, o en la recepción de los materiales.

Para el control en el proceso se utilizan las llamadas gráficas de control las cuales son de dos tipos: por variables y por atributos y las distribuciones de frecuencias.



FACTORES DE CALIDAD.

A.- Mano de obra.

B.- Materias primas.

C.- Maquinaria equipo y herramientas.

A.- Mano de obra.- Para obtener un producto que tenga la calidad que se exige de él, la mente debe estar dispuesta a lograr esa calidad, por lo tanto, esta depende en mucho de la mano de obra directa.

B.- Materias primas.- La calidad de las materias primas debe ir aparejada con la calidad deseada en el producto.

C.- Maquinaria equipo y herramientas.- La maquinaria, - equipo y herramientas se desajustan y se desgastan con el uso siendo esta una barrera para obtener productos de buena calidad.

Con el objeto de poder lograr las especificaciones de calidad de un producto será indispensable que la maquinaria, equipo o herramientas que intervienen en su elaboración se encuentren en condiciones óptimas. Esto solo se puede lograr programando anticipadamente por medio de su sistema de mantenimiento, ajustes, renovaciones etc. que sean necesarias.

DEFINICIONES DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD. La calidad en los productos alimenticios puede definirse como el conjunto de características que diferencian las unidades individuales de un producto y que son de importancia para determinar el grado de aceptabilidad que dicha unidad tiene para el comprador.

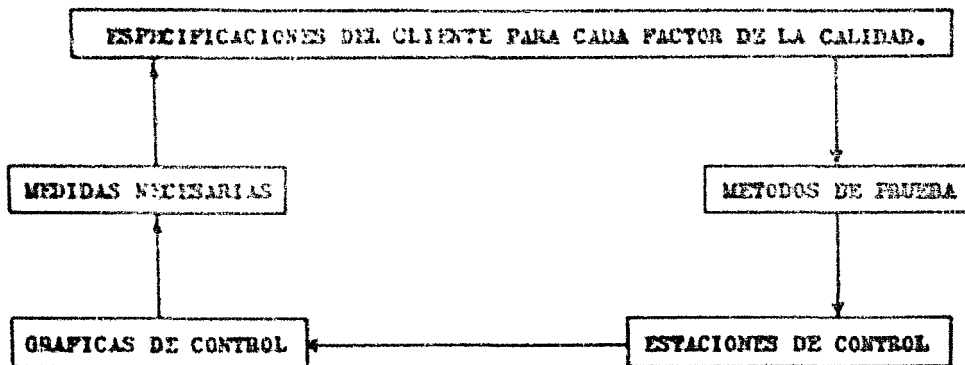
El nivel e excelencia del producto puede considerarse como el nivel de calidad promedio exigido por el mercado, y no como la mayor calidad que se puede obtener sin considerar el costo.

Podemos definir el control de calidad como el mantenimiento de dicha calidad a niveles y tolerancias que sean aceptables al comprador y que al mismo tiempo reduzcan al mínimo los costos del vendedor.

DEFINICIONES DE VARIABLES Y ATRIBUTOS. Una distinción importante en el lenguaje técnico de la estadística es la que existe entre variables y atributos.

Cuando se lleva un registro sobre una medida real de una característica de calidad, tal como una dimensión expresada en gramos, se dice que la calidad se expresa por variables. Cuando un registro muestra solamente el número de artículos que se conforman y el número de artículos que dejan de conformarse con cualquier requerimiento especificado, se dice que es un registro por atributos.

ESPECIFICACIONES D. CALIDAD PARA EL COMPRADOR. El sistema de control de calidad y el de producción están en realidad orientados hacia las especificaciones del comprador.



El siguiente paso es establecer los instrumentos y procedimientos para medir las características que interesan al cliente. Dichos métodos deben ser precisos y exactos en tanto sea posible y - al mismo tiempo rápidos, sencillos y baratos. Debiendo emplearse los métodos objetivos siempre que el caso lo permita.

Una vez que se han seleccionado los métodos, se elabora - una tabla de muestreo que proporcione el máximo de información a un costo mínimo y se establecen las estaciones de control, de preferencia en la planta, y no en el laboratorio central.

El último paso es establecer gráficas de control y aplicar

las medidas necesarias indicadas por el análisis de gráficas para el canzar las especificaciones del cliente.

NORMAS O ESPECIFICACIONES DE CALIDAD. La finalidad de la especificación es la definición. Un producto, un servicio e una sim ple característica de calidad deben ser definidas en un vocabulario que no admita interpretación dudosa.

La información ofrecida por la especificación puede contener la definición de:

- 1.- Lo que es una unidad del producto.
- 2.- Detalles sobre las características del producto.
- 3.- Métodos de fabricación.
- 4.- Métodos de ensayo.
- 5.- Criterios para la aceptación o rechazo.
- 6.- Método de empleo.

Norma.- Es cualquier cosa que utilizamos para medir o com prar, establecida por una autoridad, costumbre o por el concentimien to general y que generalmente sirve como modelo, criterio, prueba o patrón.

EL CONCEPTO ESTADISTICO DE UN UNIVERSO O DISTRIBUCION ORI-

GINAL. Algunas veces, la fuente de la cual proviene una muestra se considera como un lote finito y la única acción que puede basarse en la interpretación de la muestra es una acción sobre la parte no medi da remanente en el lote. Más comúnmente la acción posible no se li mita en esta forma. En manufactura, muchas de las acciones útiles se relacionan con la producción futura. El conocimiento necesario acerca de las características de calidad de la fuente de la muestra, es un conocimiento del patrón de variación del proceso de producción del cual proviene dicha muestra. Este patrón de variación, si fuese conocido, podría ser descrito mediante una curva de frecuencias que indudablemente uniformaría las irregularidades inevitables en las - distribuciones de frecuencias de un tamaño moderado.

Es conveniente contar con una palabra o una frase para des cribir un patrón desconocido de variación, del cual se ha extraído una muestra conocida. Los estadísticos utilizan varios nombres para esto, llamándolo el universo, del cual proviene la muestra, la dis tribución original, la población, o la masa.

LOS SIGNIFICADOS DE LAS PALABRAS ESTADISTICAS Y PARAMETRO.

Al discutir las relaciones entre las muestras y los universos de las cuales son extraídas, una media aritmética, mediana, desviación es tándar, variación, o cualquier medida sumaria de una muestra, se con sidera como una estadística de la muestra. Hacemos uso del nombre - de parámetro a la medida correspondiente de un universo.

MUESTREO DE ACEPTACION. La inspección de aceptación es una parte necesaria de la manufactura y puede ser aplicada a los materiales que se reciben, a los productos parcialmente acabados en diferentes etapas intermedias del proceso de manufactura y al producto final.

La inspección de aceptación puede ser también llevada a cabo exteriormente por el comprador de un producto manufacturado.

Mucha de esta inspección de aceptación se lleva a cabo mediante muestreo. A menudo, la inspección 100% resulta impracticable o claramente antieconómica. Además, la calidad del producto aceptado puede, en realidad, ser mejor con los procedimientos modernos estadísticos de muestreo de aceptación que la que sería en el caso en que el mismo producto fuese sometido a una inspección 100%. El muestreo de inspección tiene cierto número de ventajas psicológicas sobre la inspección 100%. La fatiga de los inspectores originada por operaciones repetitivas puede ser un obstáculo serio para una buena inspección 100%.

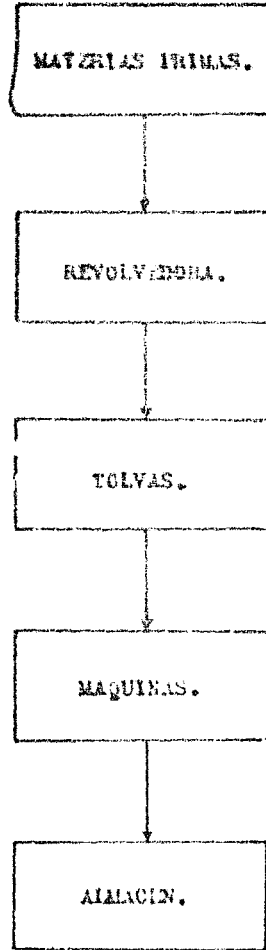
Es un hecho conocido que en muchos tipos de inspección, inclusive con varias inspecciones del 100%, no se eliminará todo el producto defectivo de una cantidad de productos, una parte de los cuales es defectiva. La mejor protección contra la aceptación de un producto defectivo es, por supuesto, que el producto se haga correctamente desde un principio. Los buenos procedimientos de muestreo

de aceptación pueden contribuir, a menudo, a este objetivo a través de una presión más efectiva hacia la mejora de calidad, que la que pudiera ejercerse con la inspección 100%. Algunos modelos de muestreo proporcionan también una mejor base para el diagnóstico de los problemas de calidad, que las bases comunes a la inspección 100%.

Deberá conocerse que, a pesar de que los procedimientos modernos de muestreo de aceptación son generalmente superiores a los métodos de muestreo tradicionales establecidos con referencia a las leyes de las probabilidades, cualquiera que utilice el muestreo de aceptación deberá enfrentarse con el hecho de que, mientras una parte del grupo de productos sometidos a aceptación sea defectiva, es posible que algunos elementos defectivos sean pasados por alto cualquiera que sea el esquema del muestreo de aceptación. El enfoque estadístico del muestreo de aceptación se enfrenta frecuentemente a este hecho. Intenta valorar el riesgo asumido con procedimientos de muestreo alternos y tomar una decisión acerca del grado de protección necesario en cualquier caso. Es entonces posible seleccionar un modelo de muestreo de aceptación que proporcione un grado deseado de protección, con la debida consideración a los diferentes costos involucrados.

DESCRIPCION DEL PROCESO,

La descripción del proceso que se muestra en el diagrama - de bloque es la siguiente, las materias primas bien seleccionadas se pesan en la cantidad apropiada y se alimentan a la revolvedora en la cual permanecen durante un determinado periodo de tiempo, hasta que la mezcla sea completamente homogénea, una vez que esto ha sucedido se descarga la revolvedora a las tolvas desde la carga es muestreada y calificada por el laboratorio de Control de Calidad, ya que se ha dado la aprobación, estas tolvas se alimentan a las máquinas espacedoras y una vez que el producto ha sido bien espacado se manda al - almacén de productos terminados para su distribución.

DIAGRAMA DE BLOQUES.

GRAFICAS DE CONTROL.

Los datos de planta no se deben tomar con el propósito de archivarlos; se deben tomar como base para hacer algo.

Si nada se va a hacer con los datos, entonces no tiene caso recopilárlas. El propósito final de tomar los datos, es proporcionar una base de acción, o una recomendación para la acción. El paso intermedio entre la recopilación y la acción es la predicción.

GRAFICAS DE CONTROL POR VARIABLES DE SHEWART. Los problemas son un punto común en cuestiones de manufactura. En los casos en que el problema consiste en la dificultad de llevar las especificaciones de calidad que se expresan en términos de variables, las gráficas de control \bar{X} y R son herramientas indispensables en las manos de quienes tienen estos problemas. Proporcionan información sobre tres asuntos, cada uno de los cuales necesitan ser conocidos como base para la acción. Estos son:

- 1.- La variabilidad básica de la característica de calidad.
- 2.- La consistencia del rendimiento.
- 3.- El nivel general de la característica de calidad.

Ningún proceso de producción es lo suficientemente bueno para fabricar todas las unidades del producto exactamente iguales.

Cierta variabilidad es inevitable; la cantidad de esta variabilidad básica dependerá de diferentes características del proceso de producción tales como máquinas, materiales, operadores. Cuando se ha especificado tanto un valor superior como uno inferior para una característica de calidad, como es el caso en las tolerancias dimensionales, un problema importante que se presenta es si la variabilidad básica de proceso es tan grande, que sea imposible fabricar todo el producto dentro de los límites especificados. Cuando la gráfica de control muestra que esto es así, y cuando las especificaciones no pueden ser cambiadas, las alternativas son, o bien hacer un cambio fundamental en el proceso de producción que reducirá su variabilidad básica, o enfrentarse al hecho de que siempre será necesario separar el producto bueno del malo. Algunas veces, sin embargo, cuando las gráficas de control muestran tanta variabilidad básica que algún producto seguramente se va a fabricar fuera de tolerancias, una revisión de la situación mostrará que las tolerancias son más estrechas de lo necesario para el funcionamiento del producto. Aquí, la acción apropiada es cambiar las especificaciones para ampliar las tolerancias.

La variabilidad de la característica de calidad puede seguir un patrón casual, o puede comportarse erráticamente debido a la presencia ocasional de causas asignables, que pueden ser descubiertas y eliminadas. Los límites de control en la gráfica se colocan para descubrir la presencia o la ausencia de esas causas asignables. A pesar de que su eliminación real es generalmente un trabajo de ingeniería, la gráfica de control indica cuándo, y en algunos casos sugiere dónde, buscar, como se mencionará posteriormente, la acción de

los operadores al tratar de corregir un proceso, puede realmente ser una causa asignable de variación de calidad. Un mérito de la gráfica de control es que indica cuándo dejar solo a un proceso, y también, cuándo tomar acciones para corregir las dificultades. La eliminación de las causas asignables de fluctuaciones erráticas, se describe como llevar un proceso bajo control y es responsable de muchos de los ahorros de costos que resultan de control de calidad estadístico.

Aún cuando la variabilidad básica de un proceso, sea tal que la gama natural de tolerancia sea más estrecha que la gama de tolerancia especificada, y aún cuando el proceso se encuentre bajo control, mostrando un patrón consistente de variabilidad, el producto puede ser insatisfactorio debido a que el nivel promedio de la característica de calidad es demasiado bajo o demasiado alto. Esto también será descubierto por la gráfica de control. En algunos casos, la corrección del nivel promedio puede ser un asunto sencillo, tal como un cambio de ajuste en una máquina. Otros casos, pueden exigir un programa de trabajo de investigación y desarrollo.

Una vez que la gráfica de control muestra que un proceso se ha llevado bajo control a un nivel satisfactorio y con límites satisfactorios de variabilidad, podemos sentir confianza en que el producto llena las especificaciones. Esto sugiere la posibilidad de procedimientos de aceptación basados en la gráfica de control, basándonos en ella para determinar si continúa este feliz estado de cosas. Bajo estas circunstancias favorables, a menudo son posibles ahorros -

considerables en los costos relacionados con la inspección. Cuando la inspección consiste en pruebas destructivas, puede ser posible reducir el número de unidades probadas, ahorrando así tanto en los costos de las pruebas como en el costo del producto destruido.

GRÁFICAS DE CONTROL DE SHEWHART POR FRACCIÓN DEFECTIVA.

La mayoría de las inspecciones de rutina de productos manufacturados, son inspecciones por atributos, clasificando cada elemento inspeccionado como aceptado o rechazado (siendo posible una división adicional en los rechazos en desperdicio y reprocesado). Esta declaración se aplica tanto a la inspección del 100% como al muestreo de inspección. En tales inspecciones es una práctica común llevar un registro del número de elementos rechazados.

La práctica de registrar al mismo tiempo el número de artículos inspeccionados, no es tan universal. Sin embargo, si el rendimiento de calidad en un tiempo debe ser comparado con el otro tiempo, el registro del número total inspeccionado es precisamente tan necesario como el registro del número de rechazos. La relación del número de elementos rechazados con el número de elementos inspeccionados es la fracción defectiva.

Así pues, la gráfica de control de Shewhart por fracción defectiva generalmente hace uso de datos que, o bien ya se encuentran disponibles para otros propósitos, o que puedan obtenerse fácilmente. Mediante cálculos estadísticos sencillos, se obtienen límites de control que indican si parecen estar presentes causas de variación asign

nables o si las variaciones de un día a otro (o de un lote a otro, de un proveedor a otro, o cualquiera que sea la base de clasificación) son explicables con base en el azar.

La gráfica de control por atributos (la gráfica p) es poco menos sensible que las gráficas por variables (gráficas \bar{X} y R) y no tiene tanto valor de diagnóstico. No obstante, es una ayuda extremadamente útil para la supervisión de producción, proporcionar información acerca de cuándo y dónde ejercer presión para mejorar la calidad. Es una experiencia común que la introducción de una gráfica P, será responsable de reducciones considerables en la frecuencia defectiva media. En algunos casos la gráfica p descubrirá fluctuaciones erráticas en la calidad de inspección y su uso puede originar una mejora en las prácticas de inspección y en los estándares de inspección. Además, la gráfica p sirve, a menudo, para hacer notar aquellas situaciones que necesitan diagnóstico de dificultades mediante la gráfica de control por variables.

En adición a su uso en el control del proceso, la gráfica p puede ser de gran valor al tratar con proveedores externos. Los proveedores pueden diferir, tanto en el nivel de calidad presentado, como en la variabilidad del nivel de calidad. Es particularmente favorable conocer si la calidad de un producto sometido por un proveedor actualmente, es una indicación confiable de lo que puede esperarse para lo que presentará el mes siguiente. La gráfica p proporciona una guía útil sobre este punto.

GRAFICA DE CONTROL DE SHEWHART POR DEFECTOS POR UNIDAD. Es

Este tipo de gráfica de control se aplica a dos situaciones más bien especializadas. Una, es el caso en que se hace un conteo de un número de defectos de un tipo, tal como rasguños en una superficie pintada o metálica con área dada, puntos débiles en el aislamiento de un alambre recubierto de hule de una longitud dada, o imperfecciones en una pieza de tela. El otro es el caso de la inspección de unidades ensambladas bastante complejas, en las cuales existen muchas oportunidades de ocurrencia de defectos de diferentes tipos y en número total de defectos de todos los tipos encontrados por los inspectores, se registra para cada unidad.

Como en otros tipos de gráficas de control los límites de control se establecen en forma de detectar la presencia o ausencia de causas de variación asignable, y, por consiguiente, indican cuándo tomar acción en el proceso y cuándo no hacerlo. La experiencia indica que la variación errática en los estándares y las prácticas de inspección tienen más probabilidades de existir en este tipo de inspección y que la gráfica de control por defectos por unidad probablemente sea generalmente ser útil para estandarizar los métodos de inspección.

A pesar que este tipo de gráfica de control se aplica solamente a un número limitado de situaciones de manufactura que implican calidad, tienen una amplia aplicación en muchas otras tipos de situaciones con las que comúnmente nos encontramos en la vida diaria.

DECISIONES PRELIMINARIAS PARA LAS GRÁFICAS DE CONTROL.

Algunos objetivos posibles de las gráficas. En general cuando se consideran las gráficas de control por variables, ya sean \bar{X} y R, ó \bar{X} y σ , se presentan algunas de los siguientes propósitos:

- 1.- Analizar un proceso bajo el punto de vista de uno o mas de los siguientes objetivos.
 - a.- Obtener información a ser usada para establecer o cambiar especificaciones, o bien para determinar si un proceso dado puede llenar las especificaciones.
 - b.- Para obtener información a ser usada en el establecimiento o el cambio de los procedimientos de producción. Tales cambios pueden ser bien, la eliminación de las causas asignables de variación o cambios fundamentales en los métodos de producción que pudieran ser necesarios, siempre que las gráficas de control aclaren que las especificaciones no pueden ser llenadas con los métodos presentes.
 - c.- Para obtener información a ser usada para establecer o cambiar procedimientos de inspección en procedimientos de aceptación, o ambas cosas.

- 2.- Para proporcionar una base para tomar decisiones reales durante la producción acerca de cuándo investigar causas de variación y tomar acción intentada para corregirlas y cuándo dejar solo al

proceso. Este casi siempre es uno de los propósitos de cualquier gráfica de control por variables.

- 3.- Para proporcionar una base de decisiones rutinarias sobre aceptación o rechazo de un producto manufacturado o comprado. A menudo, cuando se llevan para otros propósitos, existe una esperanza de que con el tiempo y los otros propósitos se obtengan, finalmente será posible reducir los costos de inspección usando la gráfica de control por variables, para la aceptación.
- 4.- Para familiarizar al personal con el uso de las gráficas de control. A pesar de que este podría parecer un propósito legítimo, solamente en determinadas etapas del uso de las técnicas de control de calidad estadístico en cualquier organización, las gráficas de control llevadas para este propósito descubren a menudo oportunidades de ahorro de costo.

SELECCION DE LA VARIABLE. La variable seleccionada para las gráficas de control \bar{X} y R debe ser algo que pueda ser medido y expresado en números, tal como una dimensión, peso, como en este caso. La base real de selección es siempre el prospecto de reducir o prevenir los costos. Bajo el punto de vista de la posibilidad de reducir los costos de producción, un candidato para una gráfica de control es cualquier característica de calidad que esté causando rechazos ó reprocesados que estén causando costos considerables. Bajo el punto de vista de inspección y aceptación, las pruebas destructivas siempre sugieren la oportunidad para usar la gráfica de control, con ob-

jato de reducir costos. Los procedimientos analíticos caros, tambien sugieren la posibilidad de reducir los costos de inspección con las gráficas de control.

Frecuentemente, las mejores oportunidades para ahorrar costos se encuentran en los lugares que no serian sugeridos por un examen de costos de desperdicio y reprocesado ó de costos de inspección. Estas oportunidades dependen del uso de la gráfica de control para analizar un proceso. A menudo existen costos escondidos que no son evidentes en ninguna declaración de costos.

DECISION SOBRE LA BASE DE SUBGRUPACION. La idea clave es el método de Shewhart en la división de observaciones en lo que Shewhart llama Subgrupos Racionales. El éxito de la técnica de Shewhart depende en gran parte de la discriminación usada en la selección de estos subgrupos.

Generalmente hablando, los subgrupos deberian ser seleccionados en una forma que haga a cada subgrupo tan homogéneo como sea posible y se proporcione la máxima oportunidad de variación de un subgrupo a otro. Aplicado a las gráficas de control en producción, esto significa que es de vital importancia no perder el rastro del orden de la producción.

Particularmente, si el propósito primario para mantener las gráficas es detectar cambios en el promedio del proceso, un subgrupo deberá consistir en artículos producidos tan cercanamente como sea posible en un solo tiempo; el siguiente subgrupo deberá consistir en

artículos producidos todos en un tiempo sencillo posterior; y así sucesivamente.

DECISION SOBRE EL TAMAÑO Y LA FRECUENCIA DE LOS GRUPOS.

Shewhart sugirió cuatro como tamaño ideal del subgrupo. En el uso industrial cinco parece ser un tamaño más común en la gráfica de control. Debido a que la idea esencial de la gráfica de control es seleccionar subgrupos en una forma que proporcione una oportunidad mínima de variación dentro de un subgrupo, es favorable que los subgrupos sean tan pequeños como sea posible. Por otra parte, un tamaño de cuatro es mejor que tres o dos sobre bases estadísticas; la distribución de \bar{X} es aproximadamente normal para subgrupos de cuatro o más, aún cuando las muestras se tomen de un universo no normal; este hecho es útil en interpretación de los límites de las gráficas de control.

Los subgrupos más grandes, tales como de 10 o 20, algunas veces resultan ventajosos cuando se desea llevar una gráfica de control sensible a pequeñas variaciones en el promedio del proceso.

CALCULO DEL PROMEDIO \bar{X} PARA CADA SUBGRUPO. Como ya se ha explicado, las mediciones de cada subgrupo se suman y la suma se divide por el número de artículos en el subgrupo.

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

CALCULO DE LA AMPLITUD R PARA CADA SUBGRUPO. El número más alto y el más bajo en el subgrupo deben identificarse en primer lugar. En grandes subgrupos es útil marcar el valor más alto con la letra A y el valor más bajo con la letra B; la amplitud se calcula restrayendo de el valor más bajo del valor más alto.

$$R = X \text{ m\u00e1x.} - X \text{ m\u00edn.}$$

CALCULO DE LOS LIMITES TENTATIVOS. Primero es necesario - calcular la amplitud promedio \bar{R} . Esto es la suma de las amplitudes de los subgrupos dividida por el número de éstos. Los factores D_3 y D_4 de la tabla C, deberán entonces usarse para calcular los límites de control para R.

$$LSC (R) = D_4 \bar{R}$$

$$LIC (R) = D_3 \bar{R}$$

Entonces deberá calcularse $\bar{\bar{X}}$, el promedio de los valores de \bar{X} . Esta es la suma de los valores \bar{X} dividida por el número de subgrupos. El factor A_2 de la tabla C deberá usarse para calcular los límites de control para \bar{X} .

$$LSC (\bar{X}) = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

$$LIC (\bar{X}) = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Los límites tentativos así obtenidos son apropiados para analizar los datos pasados que fueron usados en su cálculo. Pueden requerir modificaciones antes de extenderlos para aplicarse a la producción futura.

Las fórmulas precedentes para los límites de \bar{X} y R suponen un tamaño constante del subgrupo.

CALCULO DE LIMITES. Fórmulas:

Límite superior de control para \bar{X}

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$$

Límite inferior de control para \bar{X} :

$$LIC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Límite superior de control para R :

$$LSC_R = D_4 \bar{R}$$

Límite inferior de control para R :

$$LIC_R = D_3 \bar{R}$$

TABLA DE FACTORES PARA DETERMINAR LOS LÍMITOS DE CONTROL
 DE 3 SIGMA A PARTIR DE \bar{X} PARA GRÁFICAS \bar{X} Y R.

Número de observaciones en el subgrupo	Factor para gráfica \bar{X}	Factores para la gráfica R	
		LIC.	LSC.
n	A_2	D_3	D_4
2	1.88	0	3.27
3	1.02	0	2.57
4	0.73	0	2.28
5	0.58	0	2.11
6	0.48	0	2.00
7	0.42	0.08	1.92
8	0.37	0.14	1.86
9	0.34	0.18	1.82
10	0.31	0.22	1.78
11	0.29	0.26	1.74
12	0.27	0.28	1.72
13	0.25	0.31	1.69
14	0.24	0.33	1.67
15	0.22	0.35	1.65
16	0.21	0.36	1.64
17	0.20	0.38	1.62
18	0.19	0.39	1.61
19	0.19	0.40	1.60
20	0.18	0.41	1.59

CALCULO DEL PROMEDIO Y LA DESVIACION ESTANDAR DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS.

Fórmulas:

$$\bar{X} \text{ (en las celdas con un origen supuesto)} = \frac{\sum fd}{n}$$

$$X \text{ (en unidades con un origen verdadero)} = \text{Origen supuesto} +$$

$$+ \frac{\sum fd}{n} \text{ (intervalo de las celdas) .}$$

$$\sigma \text{ (en unidades de las celdas)} = \sqrt{\frac{\sum fd^2}{n} - \left(\frac{\sum fd}{n}\right)^2}$$

$$\sigma \text{ (en unidades originales)} = \sigma \text{ (en unidades de las celdas)}$$

(intervalos de las celdas) .

CALCULOS Y DISCUSION DE RESULTADOS.

En las siguientes tablas y gráficas se da la historia de datos recopilados del proceso antes de control y después de control, que corresponden a la Gelatina Doble como producto "A", Gelatina Regular como producto "B", Film Regular como producto "C" y Pudín como producto "D", se hizo esta clasificación para hacer más versátil el desarrollo.

Claramente se puede apreciar la diferencia de los datos antes de control y de los datos que fueron tomados un mes más tarde cuando el proceso está bajo control. En el análisis de las gráficas \bar{X} y R antes de control se observa que al existir causas instantáneas de variación, ya que cualquier punto que caiga fuera de los límites de control significa que el subgrupo representado por dicho punto es significativamente diferente del promedio y hubo que buscar las causas que provocaron esto y corregirlas para volver a la normalidad del proceso bajo control, en este se puede ver que aunque existen algunos puntos fuera de los límites de control calculados estos son aceptables ya que la gerencia da el 1% arriba y abajo del peso neto del producto como límites de control, por lo tanto la reducción de la variable peso en el proceso bajo control fue bastante significativa con respecto al proceso fuera de control.

En el análisis del histograma y del polígono de frecuencias así como de la ojiva que nos da la distribuciones acumulativas de frecuencias, es significativa la desviación que presentan los productos dentro y fuera de control respecto al valor real del producto.

En los resultados del cálculo del promedio y la desviación estándar de la distribución de frecuencias se puede apreciar que la tendencia de los valores del promedio y desviación estándar disminuyen significativamente cuando el proceso esta dentro de control.

Tabla de datos del producto "A" antes de control.

SIMIL No.	HORA	A	B	C	\bar{X}	n
1	6.15	173.00	173.50	174.50	173.66	1.5
2	6.40	173.00	174.00	173.00	173.00	2.0
3	7.10	179.00	171.50	170.50	170.50	1.5
4	7.35	169.50	169.00	169.50	169.33	0.5
5	7.55	171.00	172.50	171.50	171.50	1.5
6	8.15	166.00	167.50	166.50	166.33	2.0
7	8.50	171.00	170.50	169.00	170.16	2.0
8	9.15	163.00	163.50	163.00	163.03	1.5
9	9.45	160.50	160.00	161.00	160.53	2.0
10	10.10	170.00	171.50	171.00	170.83	1.5
11	10.30	172.00	173.50	172.50	172.66	1.5
12	10.55	174.00	172.50	172.00	172.83	2.0
13	11.23	170.00	171.50	170.00	170.50	1.5
14	11.50	168.00	167.50	168.00	168.16	2.5
15	13.20	169.00	170.00	170.50	169.83	1.5
16	13.45	163.00	163.00	164.00	163.00	2.0
17	14.15	171.00	173.00	172.50	172.16	2.0
18	14.50	174.00	175.00	173.50	174.16	1.5
19	15.10	169.00	167.50	166.50	167.33	2.5
20	15.35	165.50	163.00	162.50	163.50	3.0
21	16.05	162.00	161.50	160.00	161.16	2.0
22	16.30	167.00	168.50	168.50	167.83	2.0
23	16.55	170.00	170.00	170.50	170.16	0.5
24	17.15	173.00	174.00	173.50	173.50	1.0
25	17.40	175.00	174.50	174.50	174.66	0.5
26	18.00	170.00	169.50	169.50	169.66	0.5
27	19.20	164.00	165.50	165.50	165.50	1.0
28	19.55	161.00	163.00	163.50	162.50	2.5
29	20.25	170.00	171.00	170.50	170.50	1.0
30	20.50	172.00	172.00	172.50	172.16	0.5
31	21.15	168.00	168.50	167.00	167.83	1.5
32	21.50	164.00	164.50	163.00	164.83	2.0

TOTALES:

5,402.54

51.0

CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "A" ANTES

DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{x} = 5,402.71 \quad R = 51.0 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{5,402.71}{32} = 168.83$$

$$\bar{R} = \frac{51.0}{32} = 1.59$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (1.59) = 1.621$$

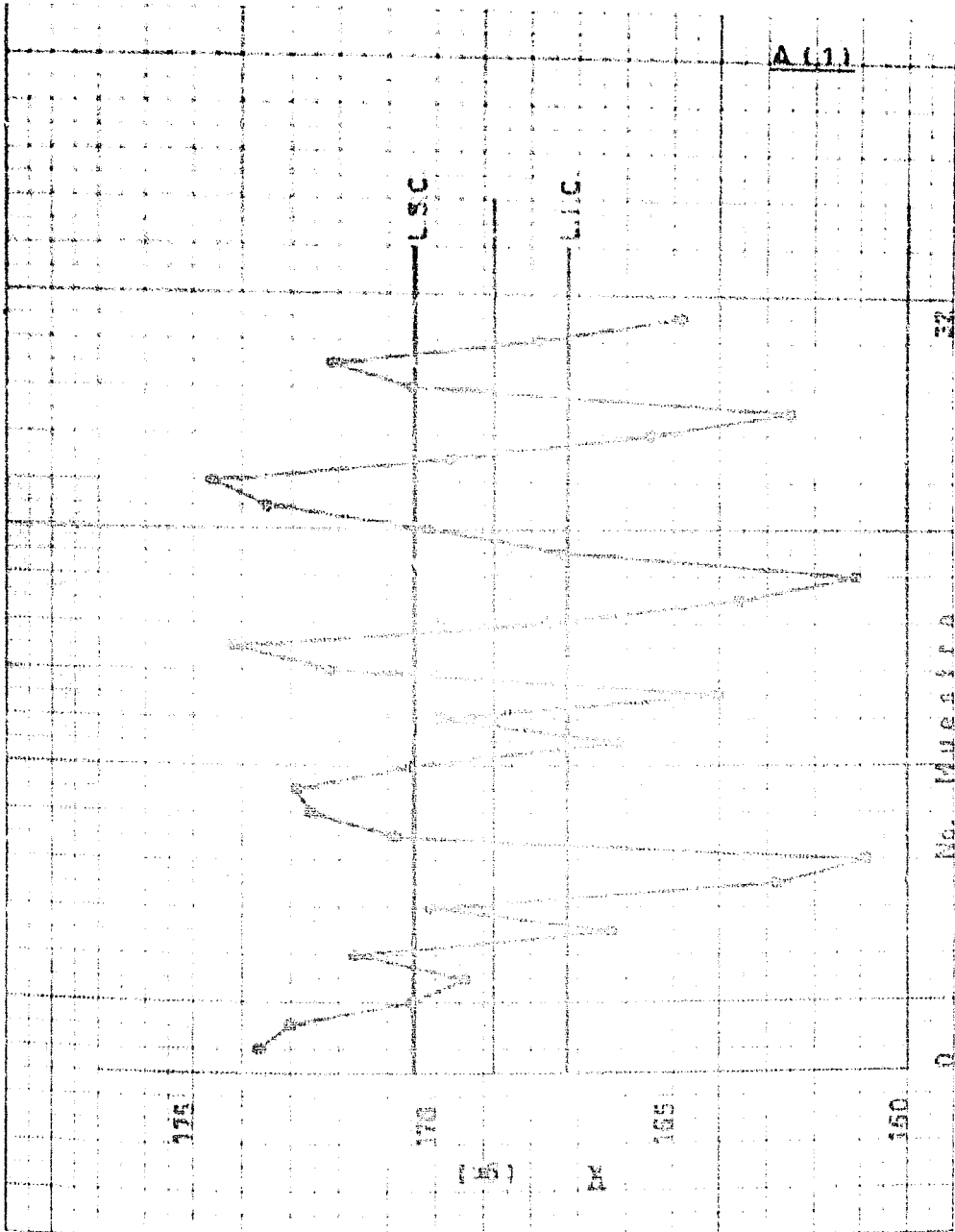
$$D_4 \bar{R} = 2.57 (1.59) = 4.088$$

$$LSC_{\bar{X}} = 168.83 + 1.621 = \underline{170.451}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 168.83 - 1.621 = \underline{167.209}$$

$$LSC_R = \underline{4.088}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$



A (2)

Frecuencia

10

5

0

5

0

150

155

160

7 8 9 10

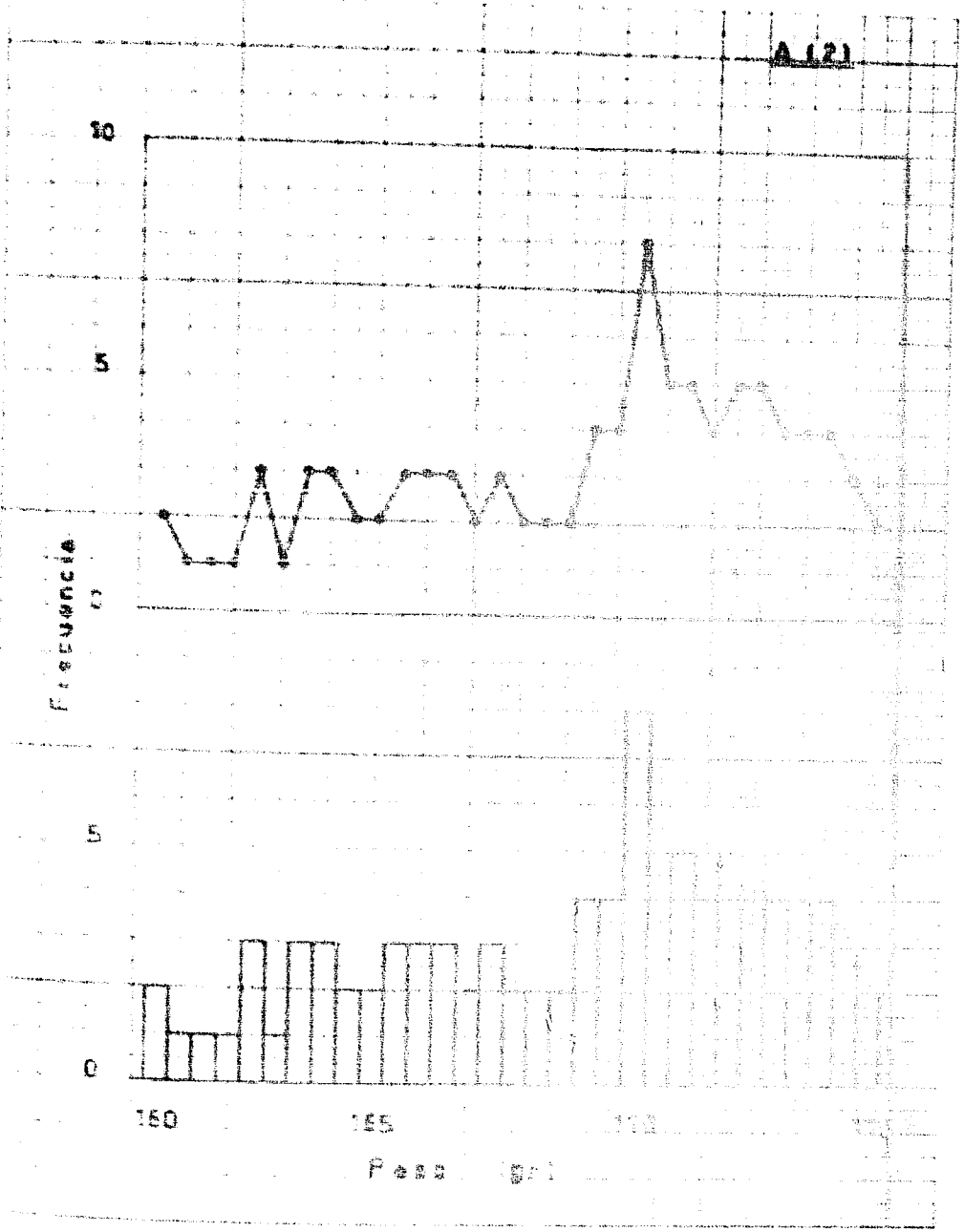


Tabla de datos del producto "A" después de control.

SERIE No.	HORA	A	B	C	\bar{X}	R
1	6.20	169.50	169.50	170.50	169.83	1.0
2	6.45	169.50	169.50	170.00	169.66	0.5
3	7.15	170.00	170.00	170.00	170.00	0.0
4	7.50	171.50	171.00	171.00	171.16	0.5
5	8.10	170.50	170.50	171.00	170.66	0.5
6	8.35	170.00	171.00	171.50	170.83	1.5
7	8.60	169.00	169.50	169.00	168.83	0.5
8	9.35	169.50	169.00	169.00	168.66	1.0
9	9.55	168.50	169.50	169.50	168.16	1.0
10	10.20	169.50	169.50	169.50	169.50	0.0
11	10.40	169.50	170.00	170.00	169.83	0.5
12	11.05	170.00	170.00	170.50	170.16	0.5
13	11.30	170.00	171.50	171.00	170.83	1.5
14	12.00	171.50	171.00	171.00	171.16	0.5
15	13.20	170.50	170.50	170.50	170.50	0.0
16	13.55	170.00	170.50	170.00	170.16	0.5
17	14.20	170.00	171.50	171.00	171.50	1.0
18	14.45	170.00	170.00	170.00	170.00	0.0
19	16.05	168.50	169.00	169.00	168.83	0.5
20	15.25	169.50	169.00	169.00	169.16	0.5
21	15.50	168.00	168.50	168.50	168.33	0.5
22	16.15	168.50	168.50	169.00	168.66	0.5
23	16.40	169.50	170.00	170.00	169.83	0.5
24	17.10	170.00	170.00	170.00	170.00	0.0
25	17.45	170.00	169.50	169.50	169.66	0.5
26	18.20	170.00	170.00	170.00	170.00	0.0
27	19.40	169.50	170.00	170.50	170.00	1.0
28	20.00	169.00	170.00	170.50	169.83	1.5
29	20.35	172.00	171.50	171.00	171.50	1.0
30	20.50	170.00	170.00	170.00	170.00	0.0
31	21.15	169.50	169.50	169.50	169.50	0.0
32	21.55	168.00	168.50	169.00	168.50	1.0

TOTALS:

5,438.23

18.5

CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "A" DEL

TUBO DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{X} = 5,436.23 \quad R = 18.50 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{5,436.23}{32} = 169.88$$

$$\bar{R} = \frac{18.50}{32} = 0.57$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (0.57) = 0.5814$$

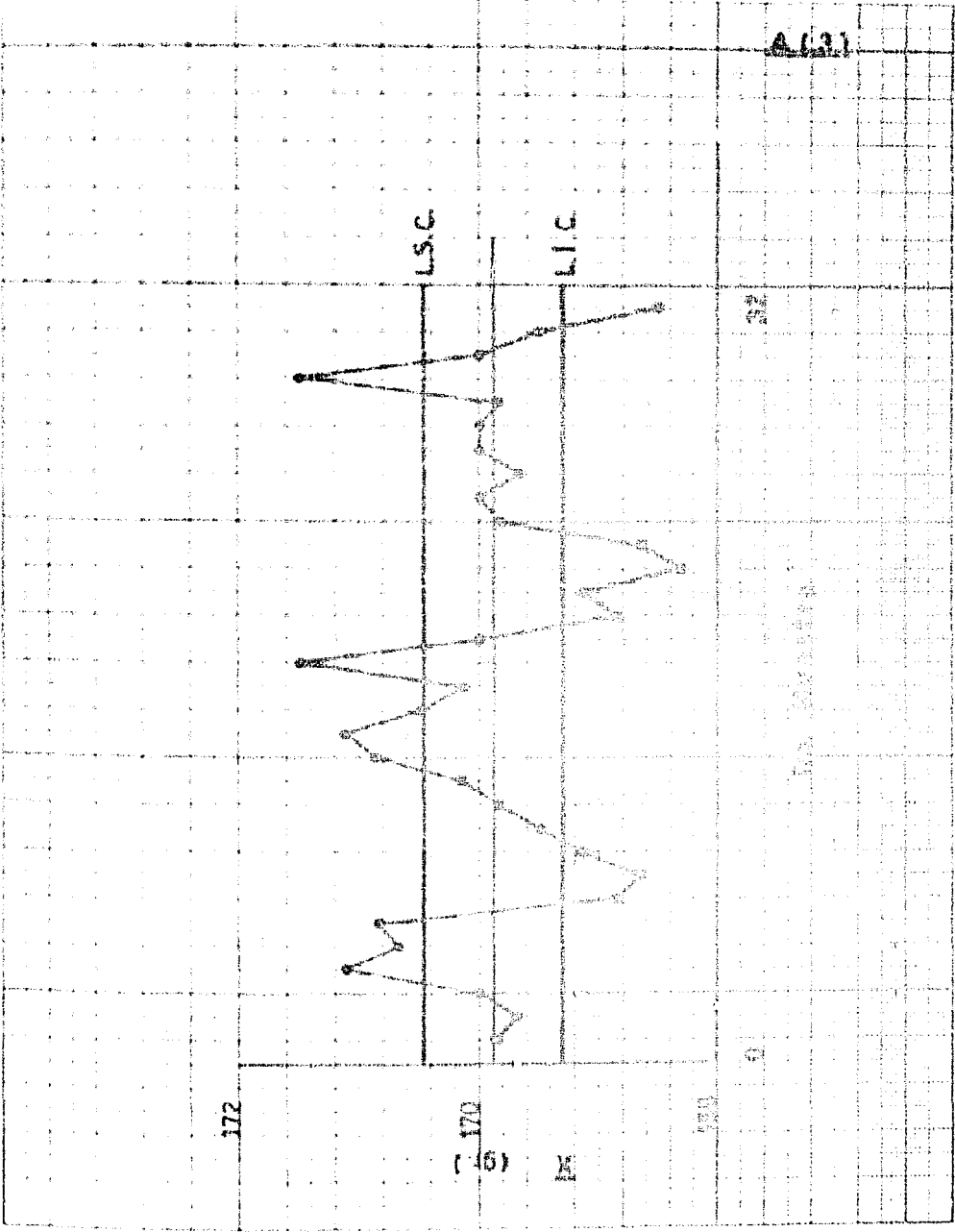
$$D_4 \bar{R} = 2.57 (0.57) = 1.4649$$

$$LSC_{\bar{X}} = 169.88 + 0.5814 = \underline{170.4614}$$

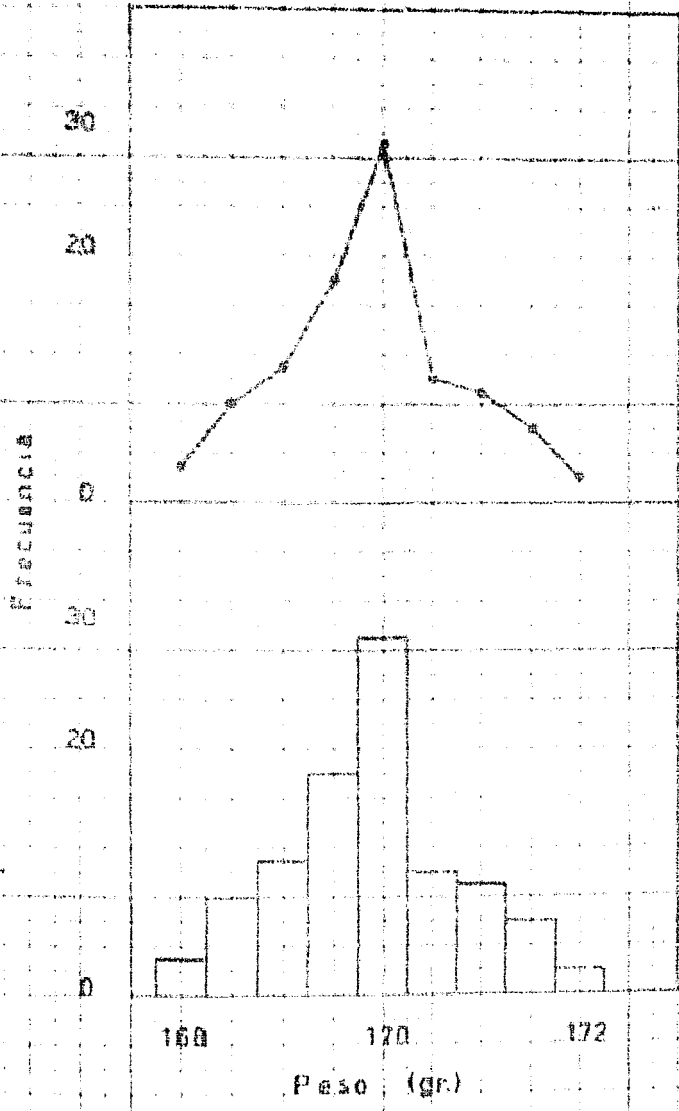
$$LIC_{\bar{X}} = 169.88 - 0.5814 = \underline{169.2986}$$

$$LSC_R = \underline{1.4649}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$



A (4)



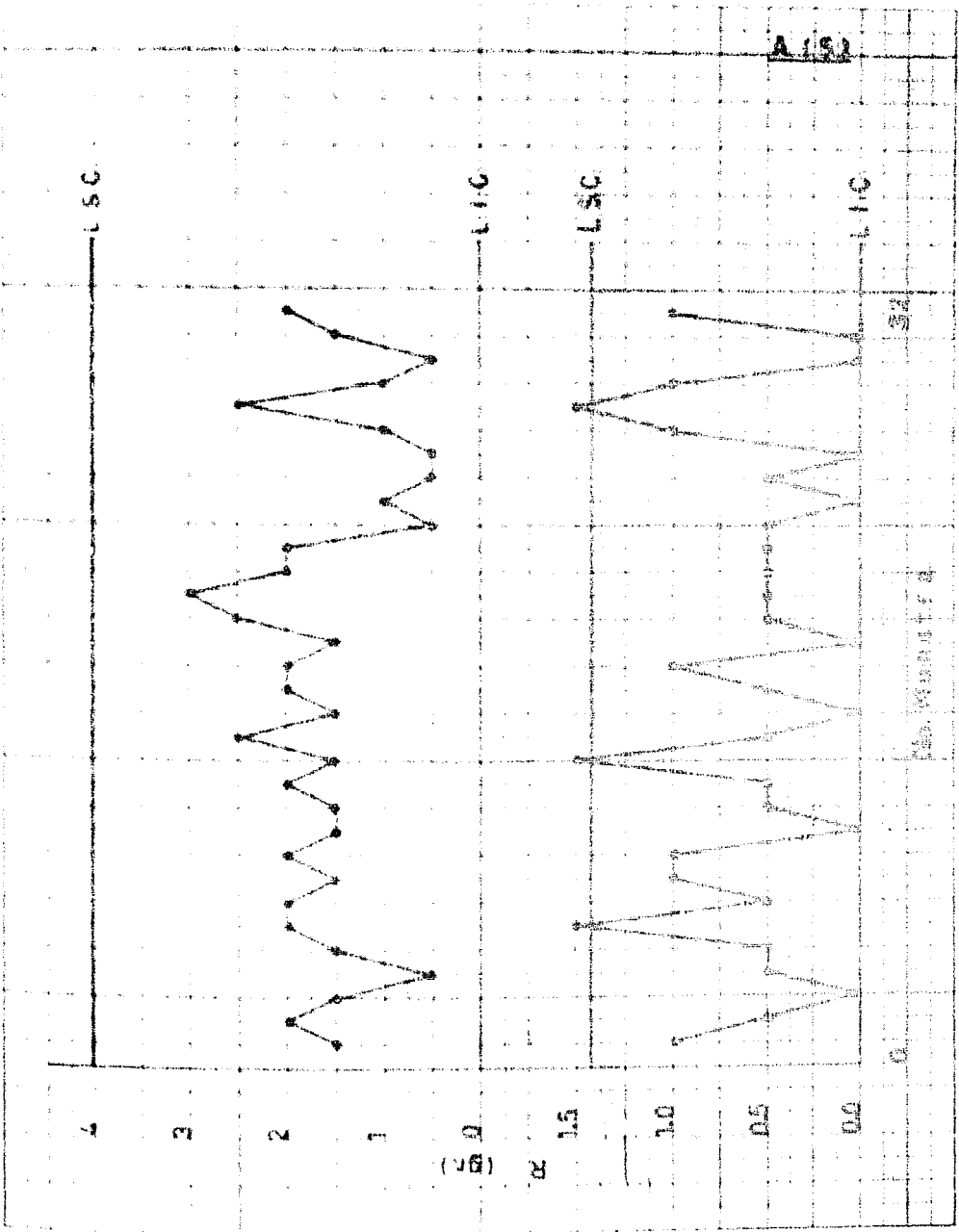


TABLE DE DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS DEL PRODUCTO "A" ANTES DE COCINAR.

Peso en gramos.	Número de paguetas con un peso menor a un peso dado.	Porcentaje abajo de un peso dado.
173.25	95.0	100.00
174.75	94.0	97.91
176.25	91.0	94.79
178.75	87.0	90.62
179.25	83.0	86.45
179.75	79.0	82.29
179.25	74.0	77.08
177.25	69.0	71.87
177.25	65.0	67.70
176.75	60.0	62.50
176.25	55.0	57.29
169.75	47.0	48.95
169.25	43.0	44.79
168.75	39.0	40.62
166.25	37.0	38.54
167.75	35.0	35.45
167.25	33.0	34.37
166.75	30.0	31.25
166.25	28.0	29.16
165.75	25.0	26.04
165.25	23.0	23.91
164.75	19.0	19.79
164.25	17.0	17.70
163.75	15.0	15.62
163.25	12.0	12.50
162.75	9.0	9.37
162.25	8.0	8.33
161.75	5.0	5.20
161.25	4.0	4.16
160.75	3.0	3.12
160.25	2.0	2.08
159.75	0.0	0.00

A (6.)

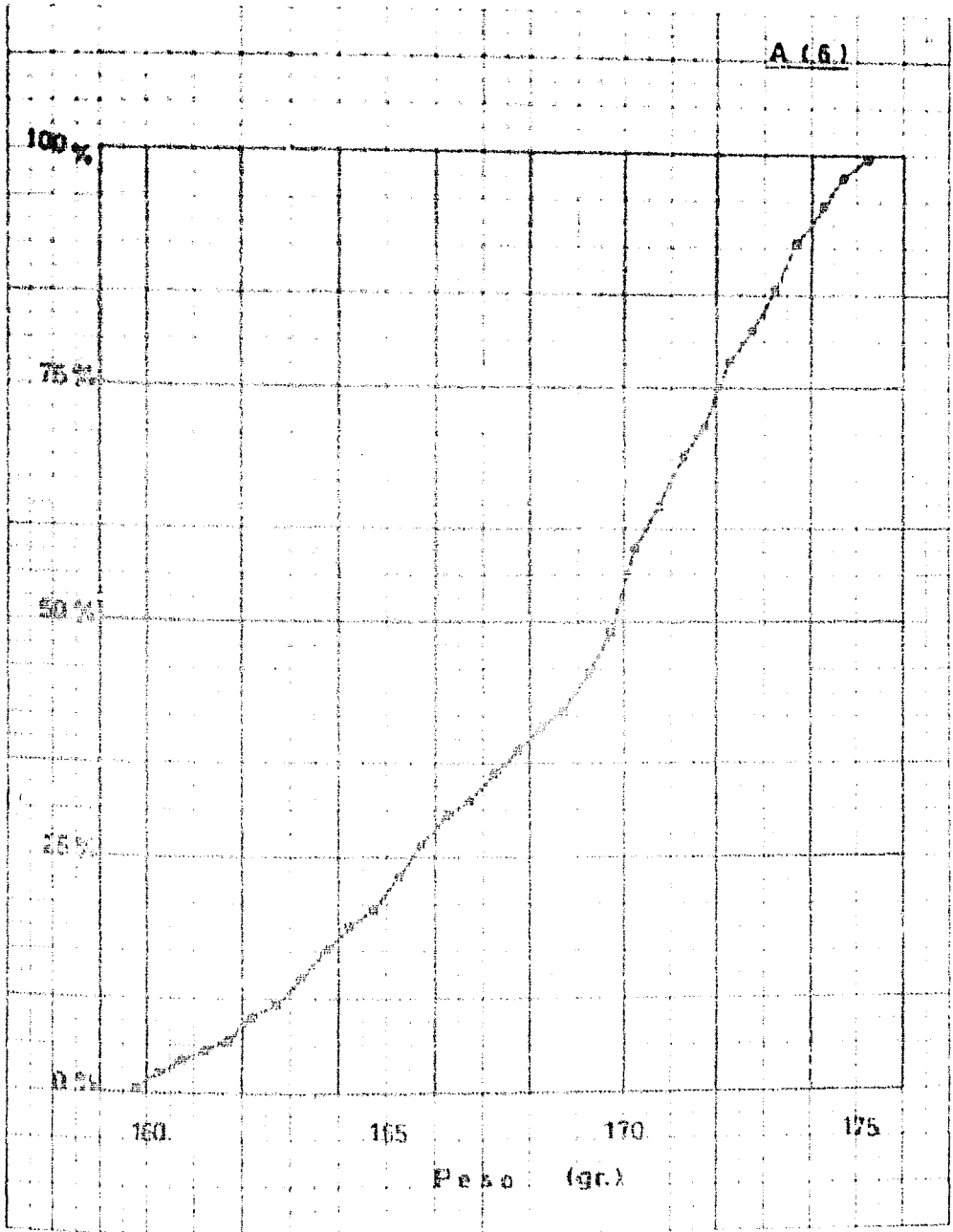
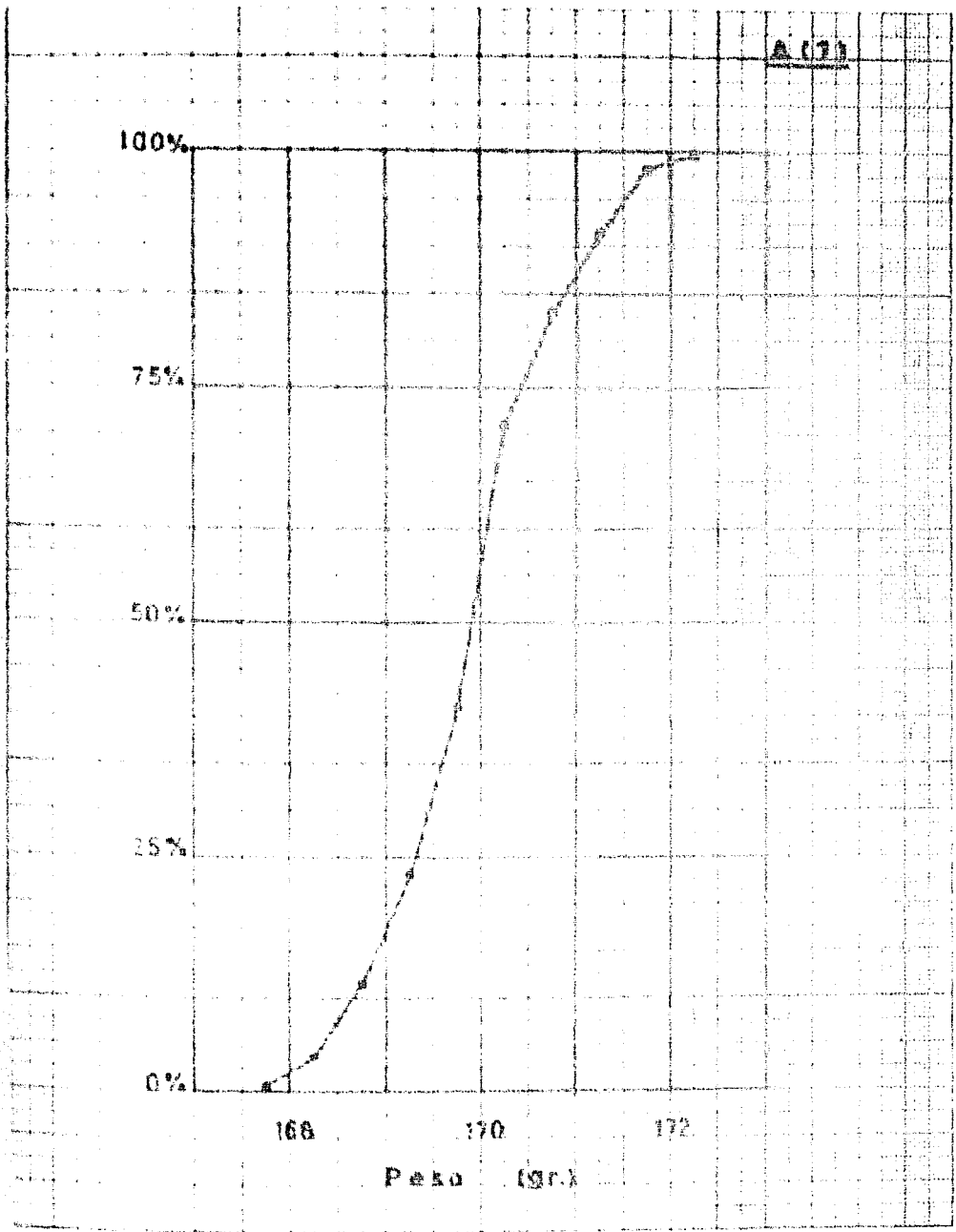


TABLA DE DISTRIBUCION Y DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS DEL PRODUCTO "A" DESIVIS DE CONTROL.

Peso en gramos.	Número de paquetes con un peso menor e un peso dado.	Porcentaje abajo de un peso dado.
172.25	96.0	100.00
171.75	94.0	97.91
171.25	88.0	91.66
170.75	78.0	82.29
170.25	69.0	71.87
169.75	46.0	41.66
169.25	22.0	22.91
168.75	11.0	11.45
168.25	3.0	3.12
167.75	0.0	0.00

A (17)



CUENTO DEL INCREMENTO Y LA DESVIACION ESTANDAR DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRODUCTO "A" ANTES DEL CONTROL.

Peso en gramos para medio de la celda.	Frecuencias	Desviación con respecto al - origen.		
x	f	d	fd	fd ²
175.0	2	10	20	400
174.5	3	9	27	729
174.0	4	8	32	1024
173.5	4	7	28	784
173.0	4	6	24	576
172.5	5	5	25	625
172.0	5	4	20	400
171.5	4	3	12	144
171.0	5	2	10	100
170.5	5	1	5	25
170.0	6	0	0	0
169.5	4	- 1	- 4	16
169.0	4	- 2	- 8	64
168.5	2	- 3	- 6	36
168.0	2	- 4	- 8	64
167.5	2	- 5	-10	100
167.0	3	- 6	-18	324
166.5	2	- 7	-14	196
166.0	3	- 8	-24	576
165.5	3	- 9	-27	729
165.0	3	-10	-30	900
164.5	2	-11	-22	484
164.0	2	-12	-24	576
163.5	3	-13	-39	1,521
163.0	3	-14	-42	1,764
162.5	1	-15	-15	225
162.0	3	-16	-48	2,304
161.5	1	-17	-17	289
161.0	1	-18	-18	324
160.5	1	-19	-19	361
160.0	2	-20	-40	1,600
TOTAL:	90		-250	17,250

CALCULO DEL PROMEDIO Y LA DESVIACION ESTANDAR DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRODUCTO "A" DESPUES DEL CONTROL.

Peso en gramos punto medio de la celda.	Frecuencias	Desviación con respecto al - origen.		
X	f	d	fd	fd ²
172.0	2	4	8	64
171.5	6	3	18	324
171.0	9	2	18	324
170.5	10	1	10	100
170.0	20	0	0	0
169.5	18	- 1	-18	324
169.0	11	- 2	-22	484
168.5	8	- 3	-24	576
168.0	<u>3</u>	- 4	<u>-12</u>	<u>144</u>
	96		-22	2340

Datos del producto "A" antes de control:

$$n = 96 \quad \Sigma f d = - 230 \quad \Sigma f d^2 = 17,700$$

$$\bar{X} = \frac{- 230}{96} = \underline{- 2.396}$$

$$\bar{Y} = 170.0 + (- 2.396) (0.5) = \underline{168.8}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{17,700.0}{96} - (- 2.396)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{174.00} = \underline{13.19}$$

$$\sigma = 13.19 (0.7) = \underline{9.233}$$

Datos del producto "A" después de control.

$$n = 96 \quad \Sigma f d = - 22 \quad \Sigma f d^2 = 2,349.0$$

$$\bar{X} = \frac{- 22}{96} = \underline{- 0.229}$$

$$\bar{Y} = 170.0 + (- 0.229) (0.5) = \underline{169.86}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{2,349.0}{96} - (0.229)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{24.30} = \underline{4.931}$$

$$\sigma = 4.931 (0.5) = \underline{2.4655}$$

TABLE D. DATA D.C. PRODUCTO "B" ANTES DE CONTROL.

NÚMERO No.	SEGL.	A	B	C	\bar{X}	n
1	6.15	83.50	83.00	83.00	83.00	0.5
2	6.40	80.50	81.00	80.50	80.83	0.5
3	7.10	84.50	84.70	84.00	84.16	0.5
4	7.35	87.00	86.50	86.00	86.50	1.0
5	7.55	89.00	89.50	89.50	89.33	0.5
6	8.15	87.00	87.50	87.50	87.33	0.5
7	8.50	88.50	88.00	88.00	88.10	0.5
8	9.15	86.50	86.50	86.50	86.50	0.0
9	9.45	89.00	87.50	88.00	88.16	1.5
10	10.10	87.00	87.00	86.50	86.83	0.5
11	10.30	88.00	88.50	88.00	88.50	1.0
12	10.55	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
13	11.25	89.00	89.00	88.00	88.66	1.0
14	11.50	91.00	89.50	89.00	89.50	1.0
15	13.20	84.50	84.50	84.50	84.50	0.0
16	13.45	86.50	87.00	87.00	86.83	0.5
17	14.15	87.50	87.00	87.50	87.33	0.5
18	14.50	85.50	86.50	86.50	86.00	1.0
19	15.10	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
20	15.45	89.00	81.50	82.50	82.00	1.0
21	16.05	83.50	83.50	83.50	83.50	0.0
22	16.30	85.50	85.50	85.50	85.50	0.0
23	16.55	85.00	85.00	84.50	84.83	0.5
24	17.15	89.00	88.50	88.00	88.50	1.0
25	17.40	87.00	88.00	87.50	87.50	1.0
26	18.00	89.00	89.00	89.00	89.00	0.0
27	19.20	85.50	85.50	85.00	85.33	0.5
28	19.55	85.00	85.50	86.00	85.83	0.5
29	20.25	83.00	82.00	82.50	82.50	1.0
30	20.80	81.00	81.00	81.50	81.16	0.5
31	21.15	82.50	83.00	82.50	82.66	0.5
32	21.50	84.00	84.00	84.00	84.00	0.0
TOTALS:					2,726.25	17.50

CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "B" ANTES
DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{X} = 2,728.88 \quad R = 17.50 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{2,728.88}{32} = 85.19$$

$$\bar{R} = \frac{17.50}{32} = 0.54$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (0.54) = 0.5508$$

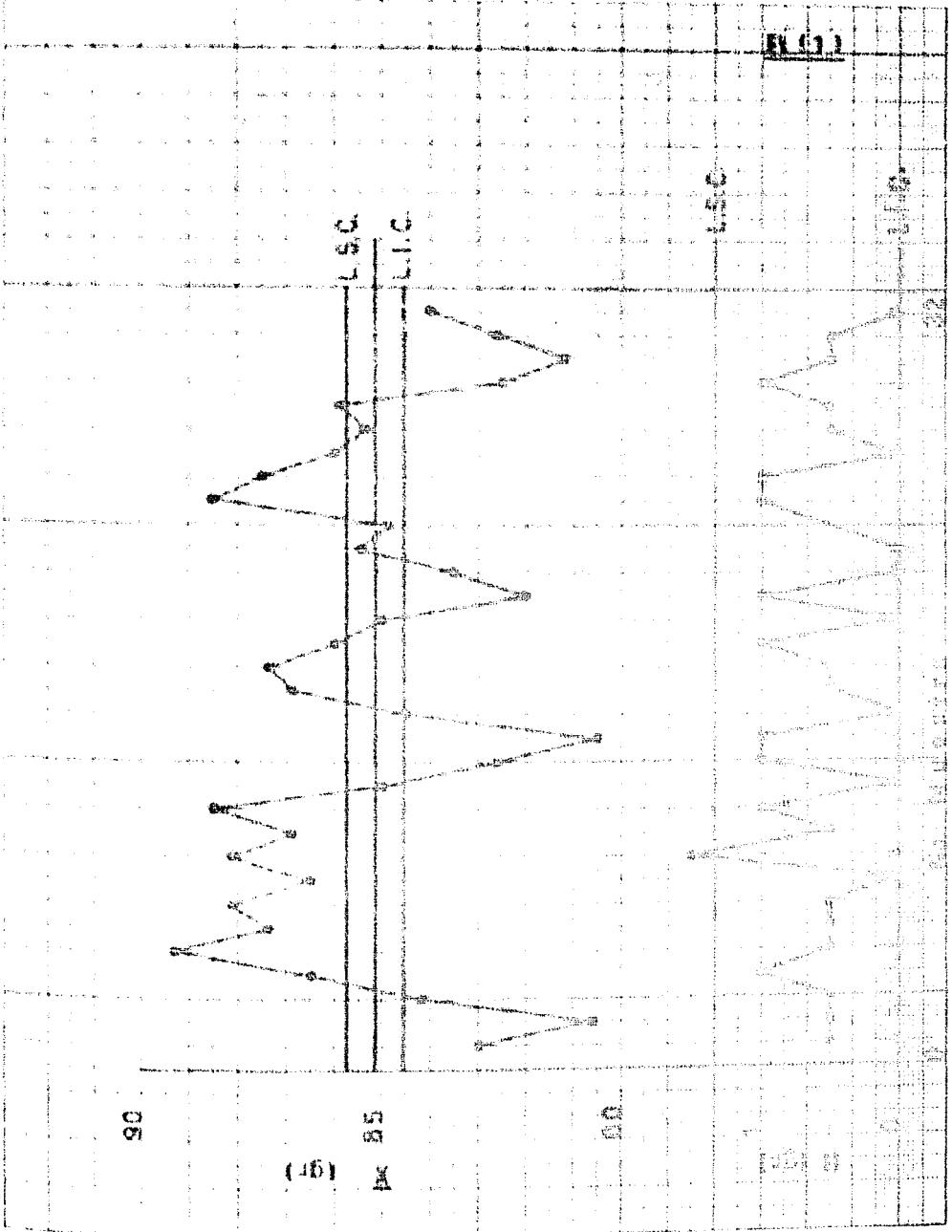
$$D_4 \bar{R} = 2.57 (0.54) = 1.3878$$

$$LSC_{\bar{X}} = 85.19 + 0.5508 = \underline{85.7408}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 85.19 - 0.5508 = \underline{84.6392}$$

$$LSC_R = \underline{1.3878}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$



B (2)

Frequency

10
5
0
5
10
15
20

20

25

30

Percentage (%)

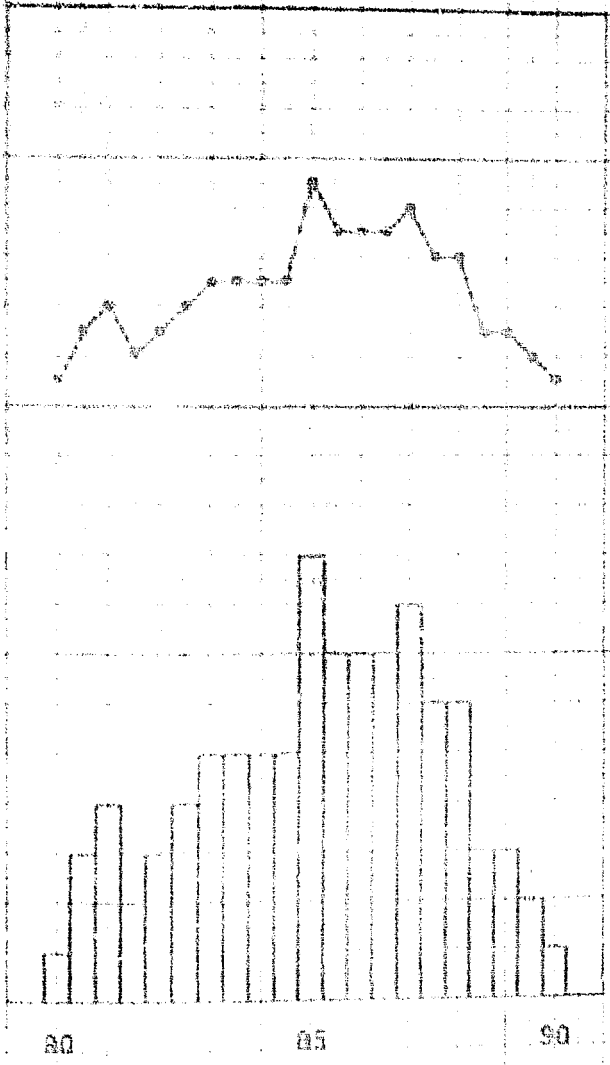


TABLA DE DATOS DEL PROYECTO "B" DESPUES DE CONTROL.

SERIE No.	HORA.	A	B	C	\bar{X}	R
1	6.20	63.50	63.50	63.50	63.50	0.0
2	6.45	63.50	63.50	63.00	63.33	0.3
3	7.15	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
4	7.50	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
5	8.10	64.50	63.00	64.50	64.33	0.5
6	8.35	64.50	64.50	64.50	64.50	0.0
7	9.00	67.00	63.00	63.00	63.00	0.0
8	9.35	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
9	9.55	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
10	10.20	63.50	63.50	63.50	63.50	0.0
11	10.40	63.00	63.00	64.50	64.33	0.3
12	11.05	64.50	64.50	64.50	64.50	0.0
13	11.30	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
14	12.00	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
15	13.20	63.50	63.50	63.50	63.50	0.0
16	13.55	64.50	64.50	63.00	64.33	0.3
17	14.00	64.50	63.00	63.00	64.33	0.5
18	14.45	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
19	15.05	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
20	15.25	63.00	63.50	63.00	63.17	0.5
21	15.50	63.50	63.50	63.50	63.50	0.0
22	16.15	63.50	63.00	63.00	63.17	0.5
23	16.40	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
24	17.10	63.00	64.50	63.00	64.33	0.5
25	17.45	63.00	64.50	63.00	64.33	0.5
26	19.10	64.50	64.50	64.50	64.50	0.0
27	19.40	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
28	20.00	63.50	63.00	63.00	63.17	0.5
29	20.25	63.50	63.50	63.00	63.33	0.5
30	20.50	63.50	63.50	63.50	63.50	0.0
31	21.15	63.00	63.00	63.50	63.17	0.5
32	21.55	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0

TOTALS:

2,720.77 0.5

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "B" DES-

LIMITE DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{X} = 2,727.77 \quad R = 6.60 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\frac{\bar{X}}{n} = \frac{2,727.77}{32} = 85.02$$

$$\frac{R}{n} = \frac{6.60}{32} = 0.20$$

$$A_2 \frac{R}{n} = 1.02 (0.2) = 0.204$$

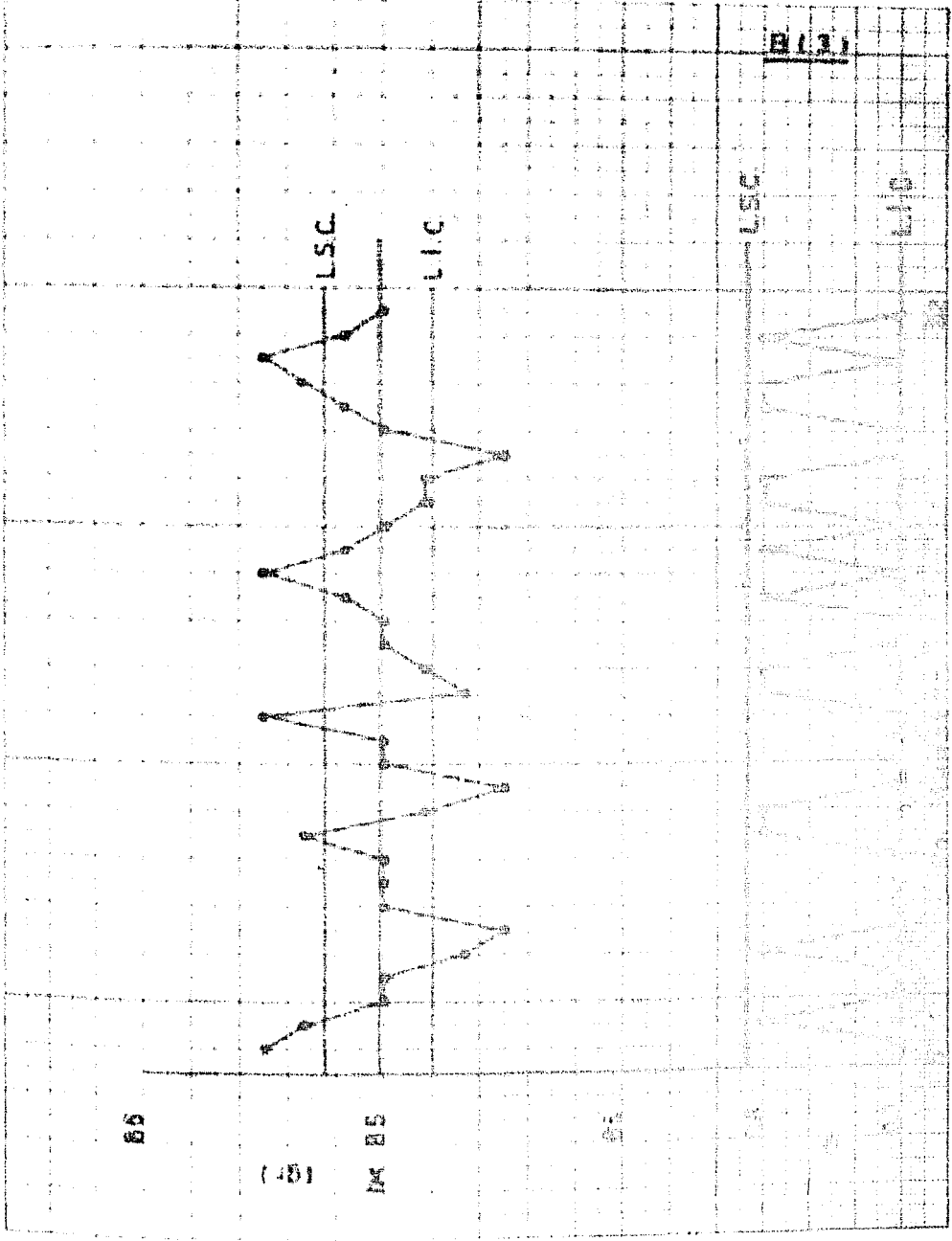
$$D_4 \frac{R}{n} = 2.57 (0.2) = 0.514$$

$$LSC_{\bar{X}} = 85.02 + 0.204 = \underline{85.224}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 85.02 - 0.204 = \underline{84.816}$$

$$LSC_R = \underline{0.514}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$



B (A)

Frequency

0
20
40
60

84 85 86 84 85 86

Period (Gr)

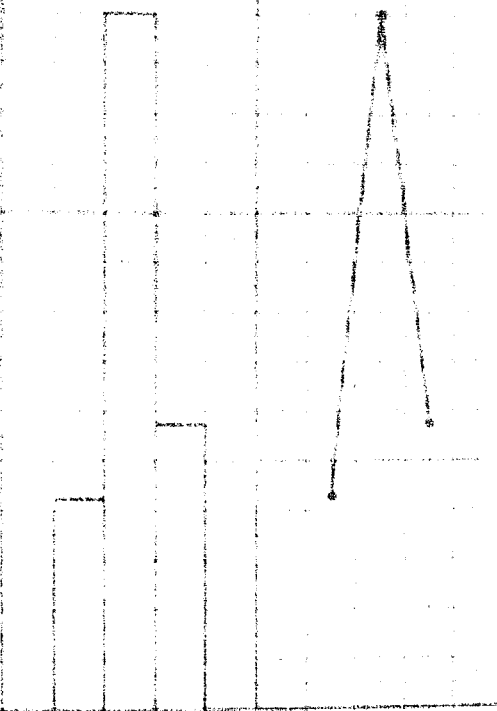


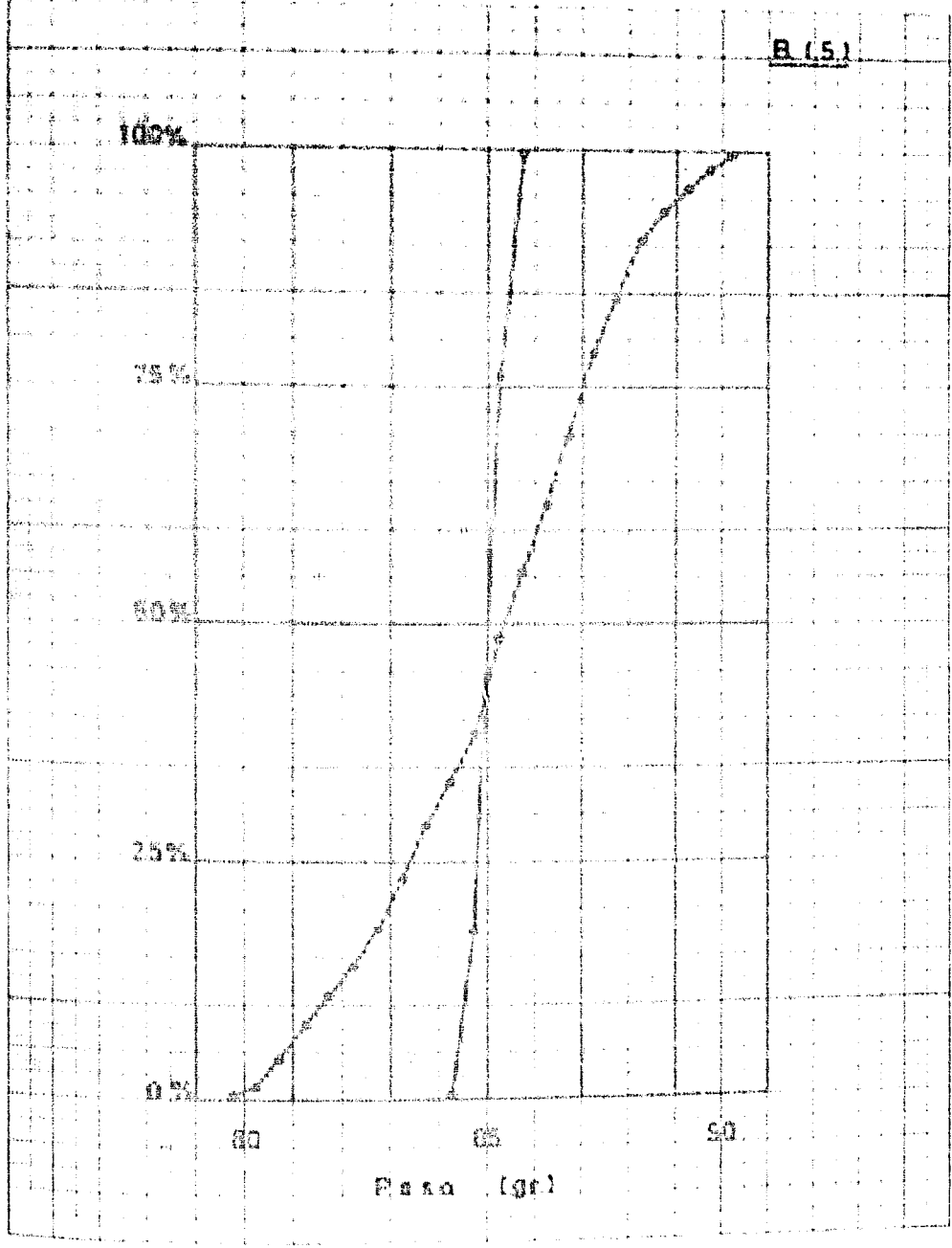
TABLE DE DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS DEL
PRODUCTO "B" ANTES DE CONTROL.

Peso en gramos.	Numero de paquetes con un peso menor o un peso dado	Porcentaje abajo de un peso dado.
96.25	96.0	100.00
95.75	95.0	98.95
95.25	93.0	96.87
94.75	90.0	93.75
94.25	87.0	90.62
93.75	81.0	84.37
93.25	76.0	78.12
92.75	67.0	69.79
92.25	60.0	62.50
91.75	53.0	55.20
91.25	48.0	49.91
90.75	37.0	38.34
90.25	32.0	33.33
89.75	27.0	28.12
89.25	22.0	22.91
88.75	17.0	17.70
88.25	13.0	13.54
87.75	10.0	10.41
87.25	8.0	8.33
86.75	4.0	4.16
86.25	1.0	1.04
79.75	0.0	0.00

DESPUES DE CONTROL.

85.75	96.0	100.00
85.25	73.0	76.04
84.75	17.0	17.70
84.25	0.0	0.00

B (5)



CALCULO DEL PROMEDIO Y LA DESVIACION ESTANDAR DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRODUCTO "B" ANTES DE CONTROL.

Peso en gramos punto medio de la celda.	Frecuencias	Desviación con respecto al - origen.	fd	fd^2
90.0	1	10	10	100
89.5	2	9	18	324
89.0	3	8	24	576
88.5	3	7	21	441
88.0	6	6	36	1296
87.5	6	5	30	900
87.0	8	4	32	1024
86.5	7	3	21	441
86.0	7	2	14	196
85.5	7	1	7	49
85.0	9	0	0	0
84.5	6	- 1	- 6	36
84.0	8	- 2	-16	128
83.5	6	- 3	-18	225
83.0	8	- 4	-32	400
82.5	4	- 5	-20	400
82.0	3	- 6	-18	324
81.5	2	- 7	-14	196
81.0	4	- 8	-32	1024
80.5	3	- 9	-27	729
80.0	<u>1</u>	-10	<u>-10</u>	<u>100</u>
	96		42	6870

DESPUES DE CONTROL.

85.5	23	1	23	529
85.0	58	0	0	0
84.5	<u>17</u>	-1	<u>-17</u>	<u>289</u>
	98		6	818

Datos del producto "H" antes de control.

$$n = 98 \quad \Sigma f d = 42 \quad \Sigma f d^2 = 8,870.0$$

$$\bar{I} = \frac{42}{98} = \underline{0.437}$$

$$\bar{I} = 85.0 + 0.437 (0.5) = \underline{85.21}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{8,870.0}{98} - (0.437)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{90.47} = \underline{9.51}$$

$$\sigma = 9.51 (0.5) = \underline{4.75}$$

Datos del producto "H" después de control.

$$n = 98 \quad \Sigma f d = 6 \quad \Sigma f d^2 = 818.0$$

$$\bar{I} = \frac{6}{98} = \underline{0.062}$$

$$\bar{I} = 85.0 + 0.062 (0.5) = \underline{84.96}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{818.0}{98} - (0.062)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{8.32} = \underline{2.92}$$

$$\sigma = 2.92 (0.5) = \underline{1.46}$$

TABLA DE DATOS DEL PROYECTO "C" ANTES DE CONTROL.

SERIA No.	HORA	A	B	C	\bar{X}	R
1	6.10	59.50	59.00	59.00	59.16	0.5
2	6.30	60.00	60.50	60.50	60.33	0.5
3	7.00	58.00	58.50	58.50	57.90	1.5
4	7.30	57.00	57.50	57.50	57.50	1.5
5	7.50	58.50	59.50	59.50	59.50	2.5
6	8.10	58.00	58.00	58.00	58.00	0.0
7	8.30	61.00	62.50	62.00	61.83	1.5
8	8.55	60.00	60.50	60.50	60.33	0.5
9	9.20	63.50	64.50	64.50	63.50	2.0
10	9.45	64.50	64.50	65.00	64.50	1.0
11	10.05	62.50	62.50	63.00	62.66	0.5
12	10.30	62.00	63.50	63.50	62.66	1.5
13	10.55	60.00	59.50	60.00	59.83	0.5
14	11.35	61.00	61.50	62.50	61.66	1.5
15	13.15	58.00	59.00	59.50	58.66	1.5
16	13.50	57.50	58.00	57.00	57.83	1.5
17	14.20	58.50	58.50	58.50	58.50	0.0
18	14.45	57.00	57.50	57.50	57.33	0.5
19	15.00	59.50	60.50	60.00	60.00	1.0
20	15.30	61.50	61.50	62.50	61.83	0.0
21	15.55	65.00	64.50	64.00	64.50	1.0
22	16.15	62.00	62.00	62.50	62.16	0.5
23	16.40	59.50	60.00	60.50	60.00	1.0
24	17.00	57.50	57.50	58.50	57.66	0.0
25	17.25	58.50	58.00	57.00	58.50	1.0
26	17.55	59.50	59.50	59.00	59.50	1.5
27	19.20	62.50	63.50	63.50	63.50	2.0
28	19.45	63.00	63.00	63.00	63.00	0.0
29	20.00	61.00	61.00	63.00	61.66	2.0
30	20.30	59.00	59.50	58.50	59.00	1.0
31	21.05	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
32	21.45	61.50	60.50	61.00	<u>61.00</u>	<u>1.0</u>
TOTALS:					1,923.77	28.50

CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "C" ANTES

DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{X} = 1,929.77 \quad R = 28.00 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1,929.77}{32} = 60.21$$

$$\bar{R} = \frac{28.00}{32} = 0.89$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (0.89) = 0.9078$$

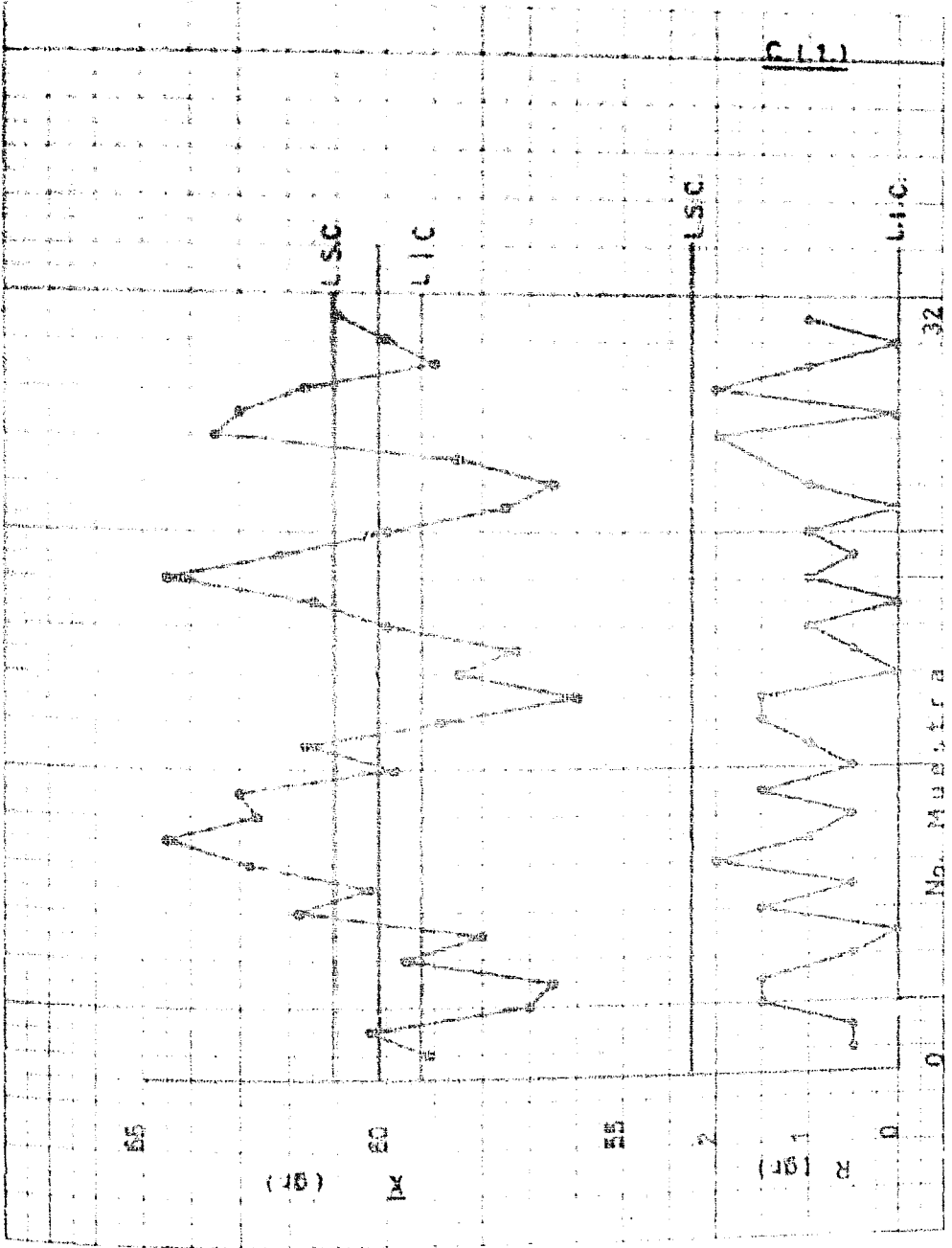
$$D_4 \bar{R} = 2.57 (0.89) = 2.2873$$

$$LSC_{\bar{X}} = 60.21 + 0.9078 = \underline{61.1178}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 60.21 - 0.9078 = \underline{59.3022}$$

$$LSC_R = \underline{2.2873}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$



C.1.1

No. Muestra

32

LIC.

LSC

LIC

LSC

0

R (gr)

2

55

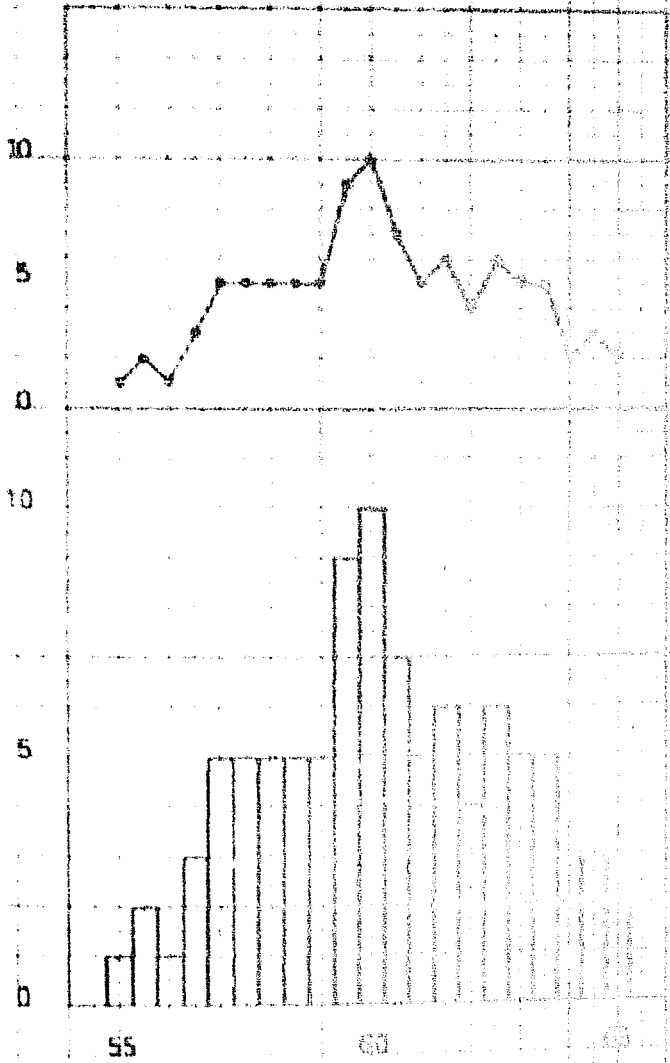
X (gr)

20

55

C 121

FRECUENCIA



Parte (GN)

TABLE 20. ANALYSIS OF PRODUCT "C" DATA & CONTROL.

DATE No.	WDL	A	B	C	\bar{X}	R
1	6.00	60.50	60.50	60.00	60.33	0.5
2	6.25	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
3	6.50	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
4	7.15	59.50	59.50	59.50	59.50	0.0
5	7.45	59.50	60.00	59.50	59.50	0.5
6	8.10	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
7	8.35	60.00	60.00	60.50	60.16	0.5
8	9.00	60.50	60.00	59.50	60.00	1.0
9	9.20	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
10	9.55	60.00	61.00	61.00	60.66	1.0
11	10.15	60.50	60.50	60.50	60.50	0.0
12	10.40	59.50	59.50	60.00	59.66	0.5
13	11.05	60.00	60.00	59.50	59.83	0.5
14	11.30	59.00	60.00	59.50	59.50	1.0
15	13.15	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
16	13.50	60.00	60.50	60.50	60.33	0.5
17	14.10	59.50	59.50	60.00	59.66	0.5
18	14.40	59.50	59.50	59.50	59.50	0.0
19	15.00	60.00	59.50	60.00	59.83	0.5
20	15.15	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
21	15.40	60.00	60.50	61.00	60.50	1.0
22	16.00	61.00	61.00	60.50	60.83	0.5
23	16.25	60.00	60.50	60.00	60.16	0.5
24	16.55	59.50	60.00	60.50	60.00	1.0
25	17.25	59.00	59.50	59.00	59.16	0.5
26	18.00	59.00	59.50	60.00	59.50	1.0
27	19.25	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
28	19.50	60.50	61.00	60.50	60.66	0.5
29	20.10	60.50	60.50	60.50	60.50	0.0
30	20.35	59.50	59.50	59.50	59.16	0.5
31	21.15	59.00	59.50	60.00	59.50	1.0
32	21.45	60.00	60.00	60.00	60.00	0.0
TOTALS					1,010.00	13.5

CALCULO DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "C" DEL

PLANT DE CONTROL:

DAFOS:

$$\bar{X} = 1,918.00 \quad R = 13.50 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.37$$

CALCULOS:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1,918.00}{32} = 59.97$$

$$\bar{R} = \frac{13.50}{32} = 0.42$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (0.42) = 0.4284$$

$$D_4 \bar{R} = 2.37 (0.42) = 1.0794$$

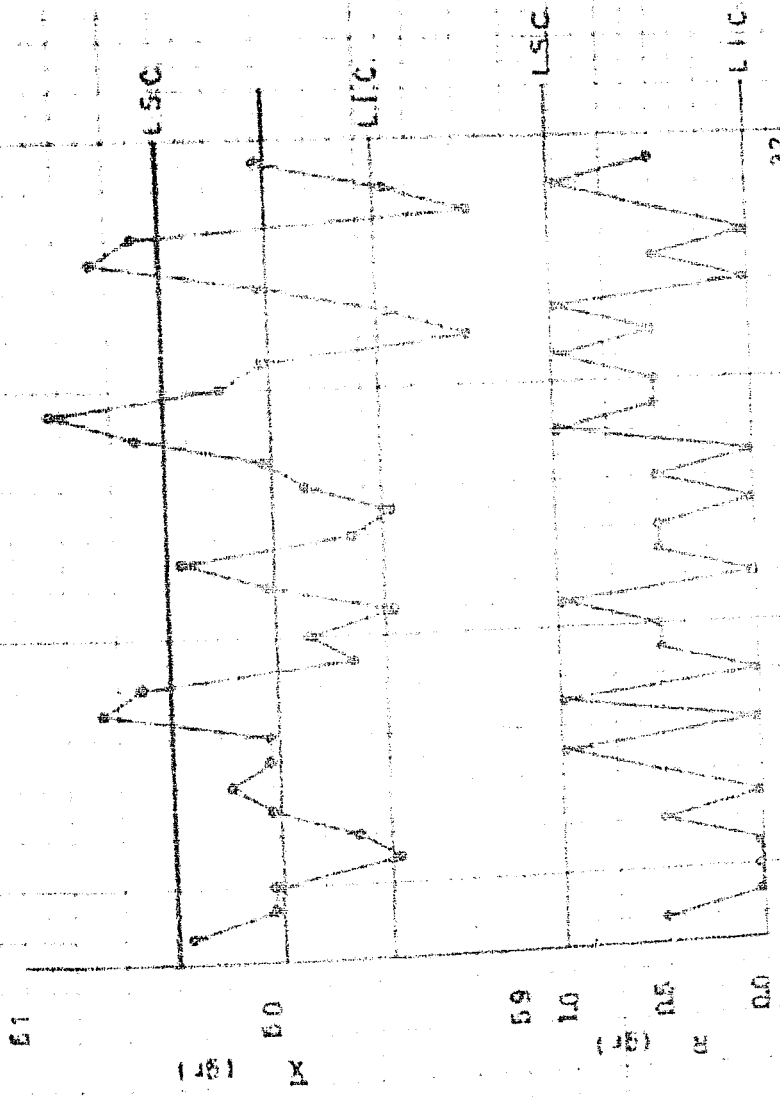
$$LSC_{\bar{X}} = 59.97 + 0.4284 = \underline{60.3984}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 59.97 - 0.4284 = \underline{59.5416}$$

$$LSC_R = \underline{1.0794}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$

C (3)



No. 100-111-1

(1.1.1)

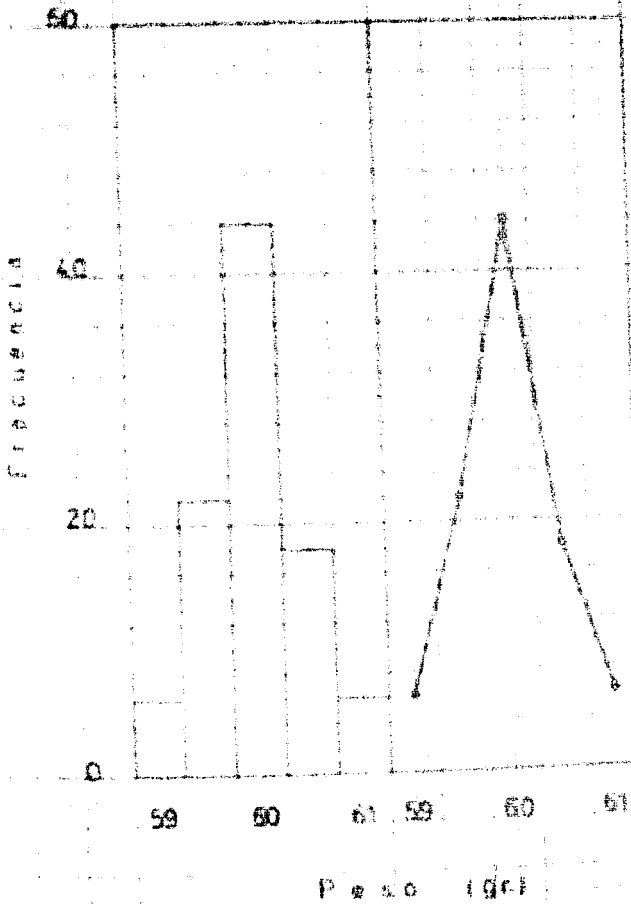


TABLA DE DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS DEL
PRODUCTO "C" ANTES DE CONTROL.

Peso en gramos.	Número de paquetes con un peso menor o un peso dado.	Porcentaje abajo de un peso dado.
65.25	96.0	100.00
64.75	94.0	97.91
64.25	91.0	94.79
63.75	89.0	92.70
63.25	84.0	87.50
62.75	79.0	82.29
62.25	73.0	76.04
61.75	69.0	71.87
61.25	63.0	66.62
60.75	58.0	60.41
60.25	51.0	53.12
59.75	41.0	42.70
59.25	33.0	33.93
58.75	27.0	28.12
58.25	22.0	22.91
57.75	17.0	17.70
57.25	12.0	12.50
56.75	7.0	7.29
56.25	4.0	4.16
55.75	3.0	3.12
55.25	1.0	1.04
54.75	0.0	0.00

DESPUES DE CONTROL.

61.25	98.0	100.00
60.75	90.0	93.75
60.25	72.0	75.00
59.75	28.0	29.16
59.25	8.0	8.25
58.75	0.0	0.00

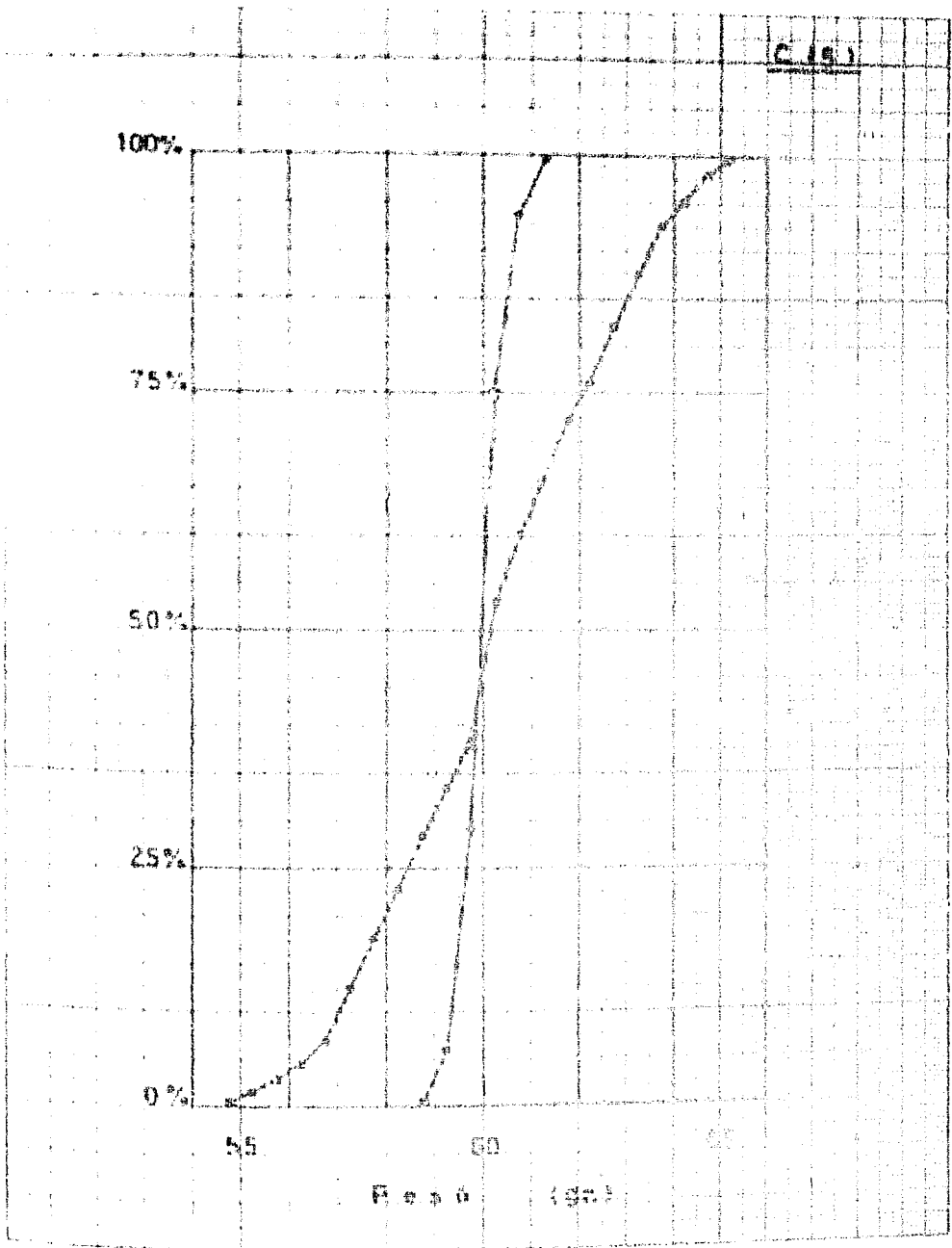


Figure 15.1

CALCULO DEL PROMEDIO Y LA DESVIACION ESTANDAR DE LA DES-
 TRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRODUCTO "C" ANTES DE CONTROL.

Peso en gramos punto medio de la célula.	Frecuencias	Desviación con respecto al - origen.	fd	fd^2
63.0	2	10	20	400
64.5	3	9	27	729
64.0	8	8	16	256
63.5	5	7	35	1225
63.0	5	6	30	900
62.5	6	5	30	900
62.0	4	4	16	256
61.5	5	3	15	324
61.0	3	2	10	100
60.5	7	1	7	49
60.0	10	0	0	0
59.5	9	- 1	- 9	81
59.0	5	- 2	- 10	100
58.5	5	- 3	- 15	225
58.0	5	- 4	- 20	400
57.5	5	- 5	- 25	625
57.0	5	- 6	- 30	900
56.5	3	- 7	- 21	441
56.0	1	- 8	- 8	64
55.5	2	- 9	- 18	324
55.0	1	- 10	- 10	100
	<u>98</u>		<u>43</u>	<u>8399</u>

DESPUES DE CONTROL.

61.0	6	2	12	144
60.5	18	1	18	324
60.0	44	0	0	0
59.5	22	- 1	- 22	484
59.0	6	- 2	- 12	144
	<u>96</u>		<u>- 4</u>	<u>1060</u>

Datos del producto "C" antes de control.

$$n = 98 \quad \Sigma f d = 43 \quad \Sigma f d^2 = 8,399.0$$

$$\bar{X} = \frac{43}{98} = \underline{0.447}$$

$$\bar{X} = 60.0 + 0.447 (0.5) = \underline{60.22}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{8,399.0}{98} - (0.447)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{87.26} = \underline{9.34}$$

$$\sigma = 9.34 (0.5) = \underline{4.67}$$

Datos del producto "C" después de control.

$$n = 98 \quad \Sigma f d = -4 \quad \Sigma f d^2 = 1,098.0$$

$$\bar{X} = \frac{-4}{98} = \underline{-0.0416}$$

$$\bar{X} = 60.0 + (-0.0416) (0.5) = \underline{59.98}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,098.0}{98} - (0.0416)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{11.41} = \underline{3.38}$$

$$\sigma = 3.38 (0.5) = \underline{1.69}$$

TABLA DE DATOS DEL PRODUCTO "D" ANTES DE CONTROL.

SERIE No.	GRAN.	A	B	C	\bar{X}	R
1	6.05	86.50	87.00	89.00	87.50	2.5
2	6.25	88.00	87.50	88.50	88.00	1.0
3	6.55	84.50	86.00	85.50	85.33	1.5
4	7.15	81.00	82.50	82.50	82.00	1.5
5	7.45	80.50	80.00	81.50	80.66	1.0
6	8.10	82.00	83.50	84.00	83.16	2.0
7	8.35	81.50	82.00	81.50	81.66	0.5
8	8.60	85.00	85.50	84.00	84.83	1.5
9	8.80	89.50	89.50	90.00	89.50	1.0
10	9.55	87.00	88.50	89.00	88.16	2.0
11	10.15	86.50	87.50	88.00	87.33	1.5
12	10.40	83.50	85.50	85.00	84.33	0.5
13	11.05	86.50	87.00	89.00	87.16	2.0
14	11.30	90.00	88.50	88.00	88.53	2.0
15	13.15	86.50	87.50	87.00	87.00	1.0
16	13.50	85.00	84.50	83.00	84.16	1.5
17	14.10	83.00	83.50	83.50	83.33	0.5
18	14.40	84.50	84.50	85.50	84.83	1.0
19	15.00	82.50	81.50	82.00	81.66	1.0
20	15.15	81.00	82.50	80.00	81.16	2.5
21	15.40	83.50	83.00	83.00	83.33	0.5
22	16.00	85.00	85.00	84.50	84.83	0.5
23	16.25	80.50	85.00	84.00	85.50	2.5
24	16.55	82.00	83.50	83.00	82.83	1.5
25	17.25	88.50	89.00	88.50	89.00	0.5
26	18.00	89.50	90.00	89.50	89.66	0.5
27	19.25	86.50	87.50	87.00	87.00	1.0
28	19.50	85.00	85.00	84.00	85.33	1.0
29	20.10	84.00	83.50	83.00	83.66	0.5
30	20.45	82.50	82.00	82.50	82.33	0.5
31	21.10	81.00	80.50	81.00	80.83	0.5
32	21.45	88.00	88.00	87.00	87.66	1.0
TOTALES:					2,738.55	89.66

CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "D" ANTES
DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{X} = 2,726.55 \quad R = 39.00 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\frac{\bar{X}}{n} = \frac{2,726.55}{32} = 85.20$$

$$\frac{R}{n} = \frac{39.00}{32} = 1.21$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (1.21) = 1.2342$$

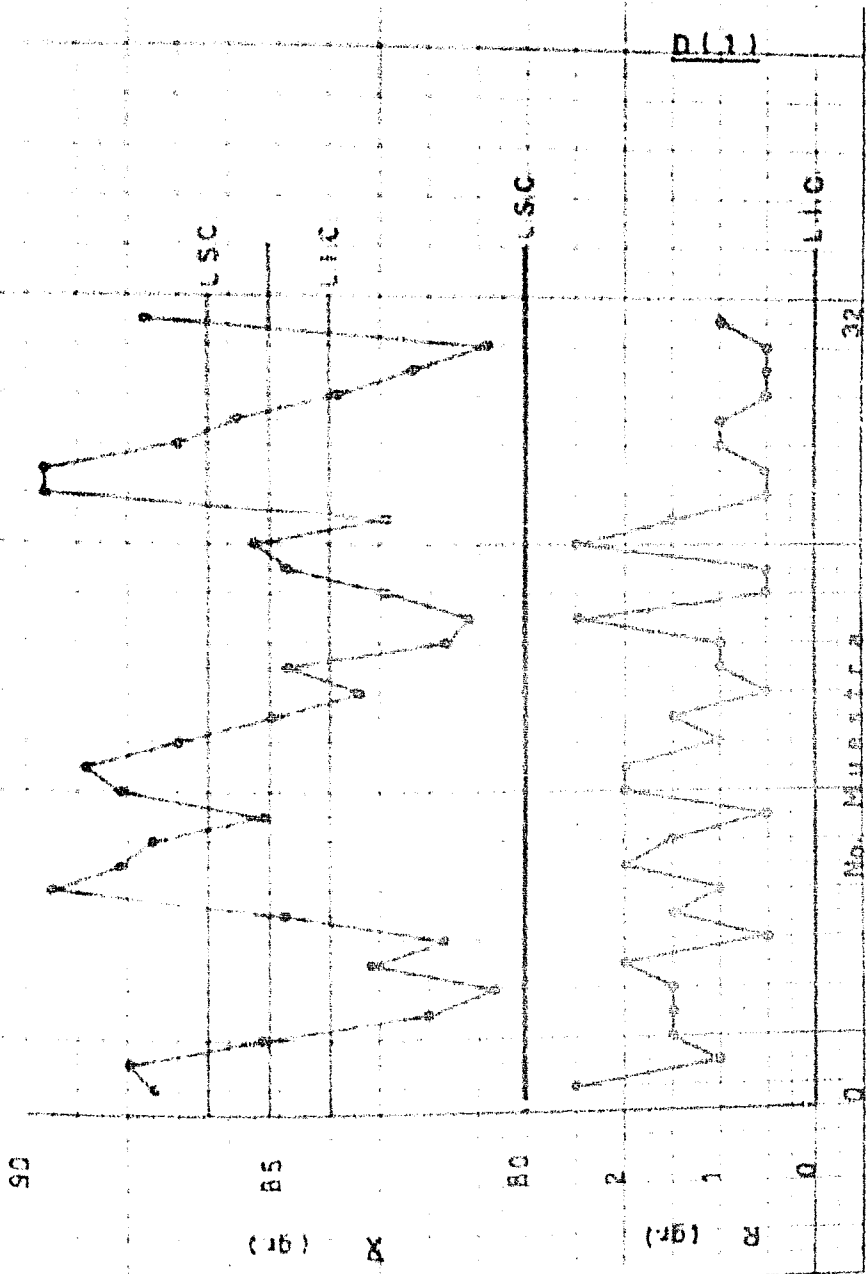
$$D_4 \bar{R} = 2.57 (1.21) = 3.1097$$

$$LSC_{\bar{X}} = 85.20 + 1.2342 = \underline{86.4342}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 85.20 - 1.2342 = \underline{83.9658}$$

$$LSC_R = \underline{3.1097}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$



No. M. U. S. T. P. 2

D. (2.)

Producción

8
6
4
2
0

00 05 90

Per. (Gr.)

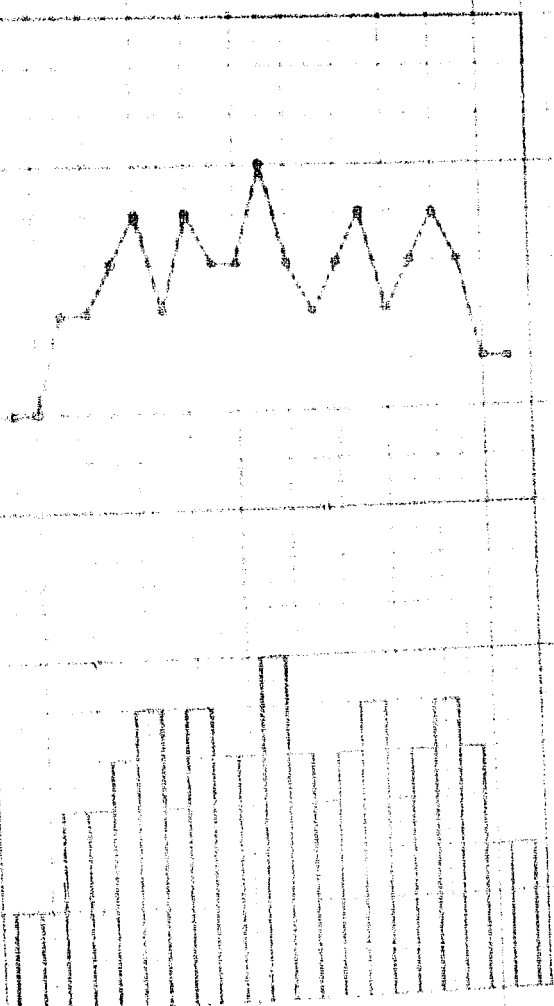


TABLA DE DATOS DEL PRODUCTO "D" DESPUES DE CONTROL.

SERIE No.	HORA.	A	B	C	\bar{X}	R
1	6.10	84.50	84.50	84.50	84.50	0.0
2	6.30	84.00	84.50	84.50	84.33	0.5
3	7.00	84.00	85.00	85.00	84.66	1.0
4	7.25	85.00	85.50	85.50	85.33	0.5
5	7.50	85.00	86.00	85.00	85.80	1.0
6	8.10	85.00	85.50	85.50	85.50	0.0
7	8.30	85.00	86.00	86.00	85.83	0.5
8	8.55	85.00	85.50	85.00	85.16	0.5
9	9.20	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
10	9.45	84.50	85.00	85.00	84.83	0.5
11	10.05	84.50	85.00	84.00	84.50	1.0
12	10.30	85.50	84.00	85.00	85.00	1.0
13	10.55	84.50	85.50	85.00	85.00	1.0
14	11.35	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
15	13.15	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
16	13.50	85.00	85.00	85.50	85.33	0.5
17	14.20	85.50	85.50	85.50	85.50	0.0
18	14.45	84.50	85.50	84.00	84.83	1.5
19	15.00	84.00	84.00	85.00	84.33	1.0
20	15.30	84.50	84.50	85.00	84.83	0.5
21	15.55	85.00	85.00	84.50	84.83	0.5
22	16.15	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
23	16.40	85.00	85.00	85.00	85.00	0.0
24	17.00	85.50	85.00	85.50	85.33	0.5
25	17.25	84.50	84.50	85.50	84.83	1.0
26	17.55	84.00	84.50	84.50	81.33	0.5
27	19.20	85.50	84.50	85.50	85.16	1.0
28	19.45	85.00	86.00	84.50	85.50	1.5
29	20.00	85.50	84.50	85.00	85.00	1.0
30	20.30	85.50	85.00	85.00	85.16	0.5
31	21.05	85.50	85.50	85.50	85.50	0.0
32	21.45	85.00	85.00	85.50	85.16	0.5

TOTALES:

2,723.75 18.50

CALCULOS DE LOS LIMITES DE CONTROL DEL PRODUCTO "D" DES-
LIMITE DE CONTROL:

DATOS:

$$\bar{X} = 2,728.75 \quad R = 18.50 \quad A_2 = 1.02$$

$$D_3 = 0.00 \quad D_4 = 2.57$$

CALCULOS:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{2,728.75}{32} = 85.02$$

$$\bar{R} = \frac{18.50}{32} = 0.57$$

$$A_2 \bar{R} = 1.02 (0.57) = 0.5814$$

$$D_4 \bar{R} = 2.57 (0.57) = 1.4649$$

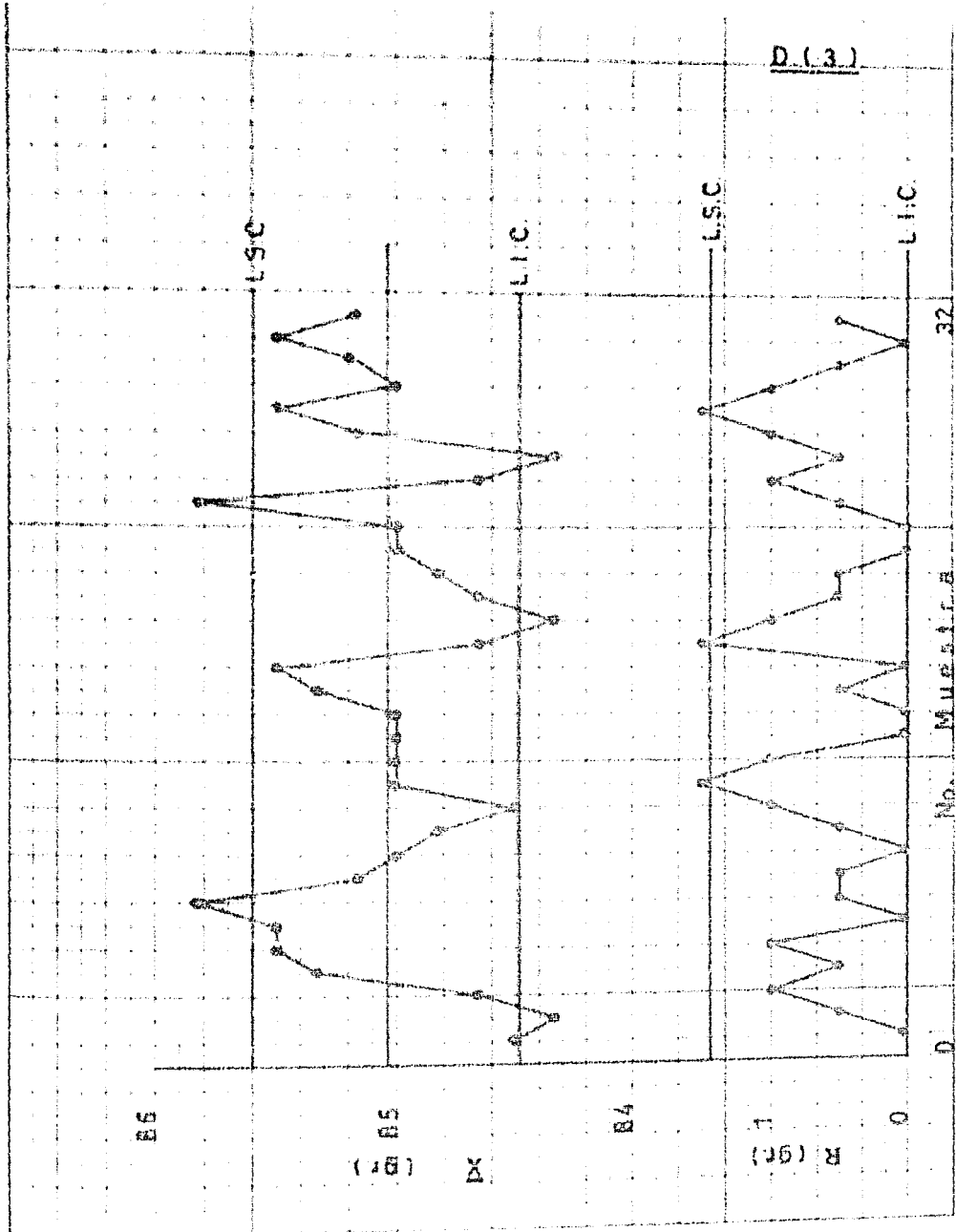
$$LSC_{\bar{X}} = 85.02 + 0.5814 = \underline{85.6014}$$

$$LIC_{\bar{X}} = 85.02 - 0.5814 = \underline{84.4386}$$

$$LSC_R = \underline{1.4649}$$

$$LIC_R = \underline{0.00}$$

D.(3)



No. Muestra 32

D (4)

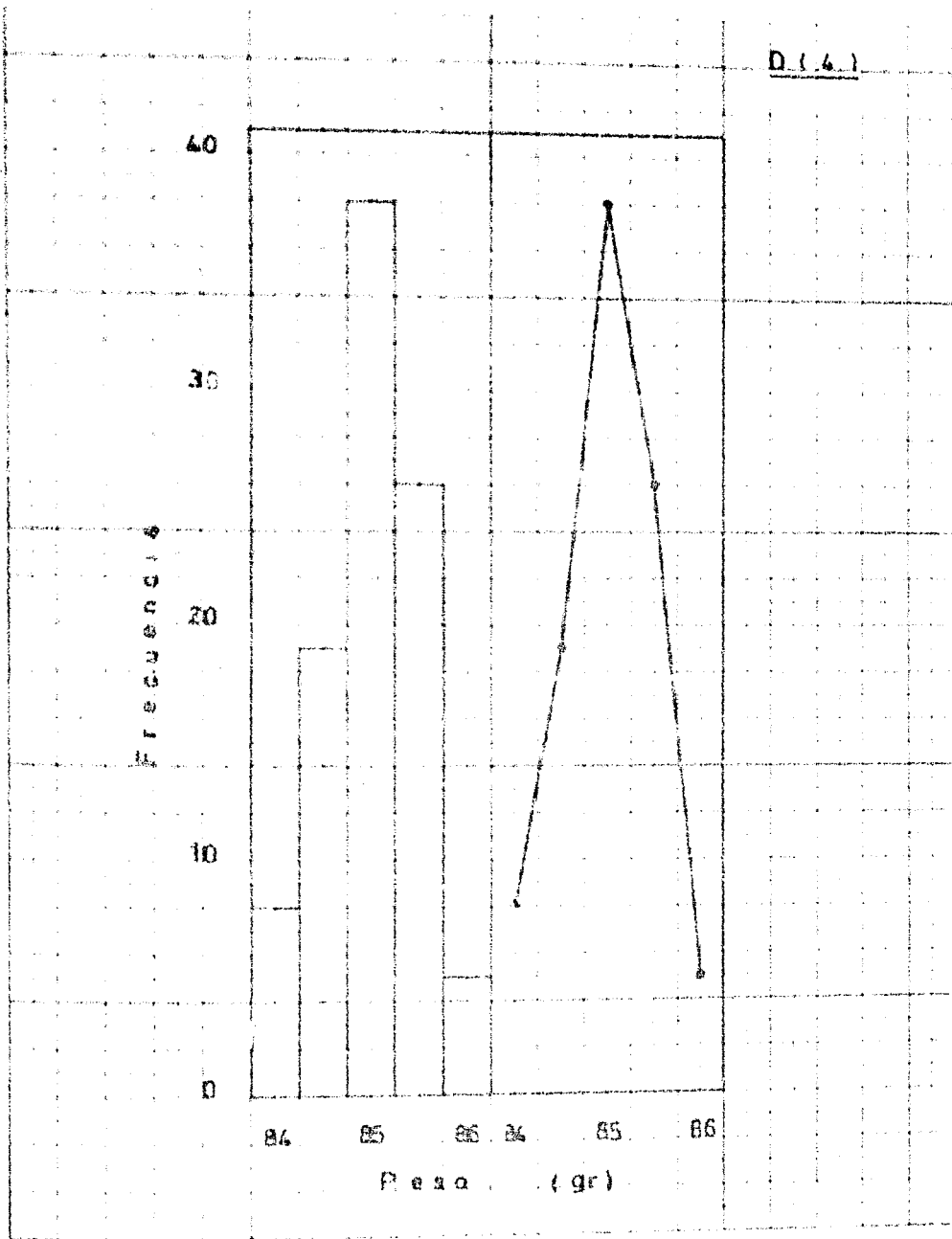


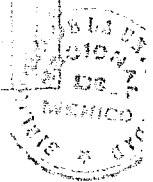
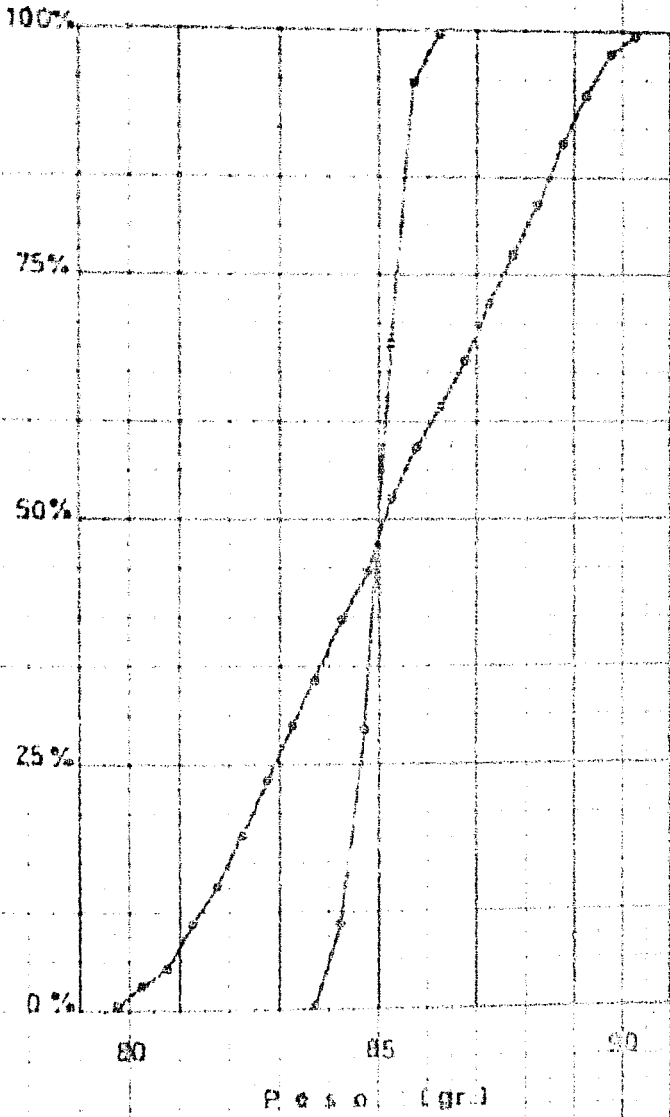
TABLA DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS ACUMULATIVAS DEL PRODUCTO "D" ANTES DE CONTROL.

Peso en gramos.	Número de paquetes con un peso menor a un peso dado.	Porcentaje abajo de un peso dado.
99.25	96.0	100.00
99.75	93.0	96.87
99.25	90.0	93.75
99.75	85.0	88.54
99.25	79.0	82.29
97.75	74.0	77.08
97.25	70.0	72.91
96.75	64.0	66.66
96.25	59.0	61.45
95.75	55.0	57.29
95.25	50.0	52.08
94.75	43.0	44.79
94.25	38.0	39.58
93.75	33.0	34.37
93.25	27.0	28.12
92.75	23.0	23.95
92.25	17.0	17.70
91.75	12.0	12.50
91.25	8.0	8.33
90.75	4.0	4.16
90.25	2.0	2.08
79.75	0.0	0.00

DESPUES DE CONTROL.

99.25	96.0	100.00
93.75	91.0	94.79
95.25	65.0	67.70
94.75	27.0	28.12
94.25	8.0	8.33
93.75	0.0	0.00

D. (5)



11:1102

CALCULO DEL PROMEDIO Y LA DESVIACION ESTANDAR DE LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL PRODUCTO "D" ANTES DE CONTROL.

Peso en gramos punto medio de la celda-	Frecuencias	Desviación con respecto al - origen.	fd	fd^2
90.0	3	10	30	900
89.5	3	9	27	729
89.0	5	8	40	1600
88.5	6	7	42	1734
88.0	5	6	30	900
87.5	4	5	20	400
87.0	6	4	24	576
86.5	5	3	15	225
86.0	4	2	8	64
85.5	5	1	5	25
85.0	7	0	0	0
84.5	5	-1	-5	25
84.0	5	-2	-10	100
83.5	6	-3	-18	324
83.0	4	-4	-16	256
82.5	6	-5	-30	900
82.0	5	-6	-30	900
81.5	4	-7	-28	784
81.0	4	-8	-32	1024
80.5	2	-9	-18	324
80.0	2	-10	-20	400
	<u>96</u>		<u>34</u>	<u>12220</u>

DESPUES DE CONTROL.

86.0	5	2	10	100
85.5	26	1	26	676
85.0	38	0	0	0
84.5	19	-1	-19	361
84.0	8	-2	-16	256
	<u>96</u>		<u>1</u>	<u>1593</u>

Datos del producto "D" antes de control.

$$n = 98 \quad \Sigma f d = 36 \quad \Sigma f d^2 = 12,220.0$$

$$\bar{X} = \frac{36}{98} = \underline{0.354}$$

$$\bar{X} = 85.0 + 0.354 (0.5) = \underline{85.17}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{12,220.0}{98} - (0.354)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{12.60} = \underline{3.55}$$

$$\sigma = 3.55 (0.5) = \underline{1.77}$$

Datos del producto "D" despues de control.

$$n = 98 \quad \Sigma f d = 1 \quad \Sigma f d^2 = 1,393.0$$

$$\bar{X} = \frac{1}{98} = \underline{0.0104}$$

$$\bar{X} = 85.0 + 0.0104 (0.5) = \underline{85.00}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1,393.0}{98} - (0.0104)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{14.51} = \underline{3.81}$$

$$\sigma = 3.81 (0.5) = \underline{1.90}$$

CONCLUSION.

En el análisis de los resultados podemos apreciar la potencialidad de las técnicas de control estadística de calidad.

Existe una buena medida de ahorro en el costo cuando se ha habido reducciones en la cantidad de desperdicio y reproceso en un periodo determinado y estas reducciones son debidas claramente al control de calidad estadístico. Igualmente cuando la cantidad de pruebas destructivas se ha reducido debido al uso de las gráficas de control por variables como base para la aceptación, es posible llegar a una cifra definida para el ahorro.

El uso de las gráficas de control puede reducir en un 75% el número de paros de máquinas para reajustarlas aplicando un mantenimiento programado, aumentando así el tiempo productivo de las máquinas y reduciendo los costos. En cualquier periodo dado este ahorro podría ser neutralizado por tiempo improductivo de las máquinas debido a otras causas.

Se debe reconocer además que las posibilidades de estudios de "antes y después del control" mostrando ahorros espectaculares en el costo, vienen principalmente en los primeros días de control de calidad estadísticos. Al pasar el tiempo, la función de control de calidad estadístico se va enderezando cada vez más a sostener la línea de mejor calidad y de certeza de calidad mejorada y no hay cifras "antes de control" de unos meses anteriores que puedan ser comparadas con el funcionamiento actual.

Las gráficas de control por variables para la resolución de problemas en producción tienen una aplicación significativa como en nuestro caso, que vino a proporcionar una influencia en el abatimiento del costo y en las posibles reclamaciones del cliente.

Teniendo un conocimiento íntimo del proceso de manufactura y analizando detalladamente los datos obtenidos de las gráficas de control se llegó a la conclusión de la corrección en nuestro caso de la variable peso por medio de un adiestramiento continuo de los inspectores de control, por un adiestramiento de los supervisores de producción y por una constante capacitación de los operarios que se vino a reflejar en el correcto manejo de las máquinas y el mantenimiento programado y completo de las mismas.

BIBLIOGRAFIA.

Statistical Quality Control.

Eugene L. Grant.

3a. Edición.

Mc. Gray Hill Book Company Inc. N.Y.

Statistical Methods in Research
and Production.

Owen L. Davies.

3a. Edición.

Oliver and Boyd. London.

Statistics in Research.

Bernard Oatis

1a. Edición.

John Wiley and Sons Inc.

Statistical Analysis in Chemistry
and the Chemical Industry.

Bonnett and Franklin.

3a. Edición.

John Wiley and Sons Inc.

ESTA TESIS SE IMPRIMIO EN JULIO
DE 1968 EMPLEANDO EL SISTEMA DE RE-
PRODUCCION KODAK-VERILITH OFFSET
EN LOS TALLERES DE GUADARRAMA IM-
PRESORES, S. A., AV. CUADTEMOC 1218
COL. NARVARTE MEXICO 13, D. F.