

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

"Rediseño de un Sistema de Transporte de Caliza de 600 Toneladas-Hora de Capacidad"

Informe Tecnico

Previa a la obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

LUIS ALBERTO SAN MARTIN GUERRERO

Guayaquil - Ecuador
1991

AGRADECIMIENTO

A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

AL ING. MANUEL HELGUERO, DIRECTOR DE INFORME POR SU VALIOSA AYUDA.

A la CEMENTO NACIONAL C.A.

A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA MANERA COLABORARON CON EL PRESENTE INFORME.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MI HERMANA

DECLARACION EXPRESA

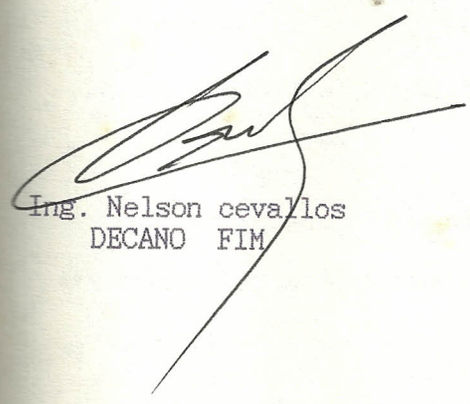
Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la ingeniería mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de informe técnico)

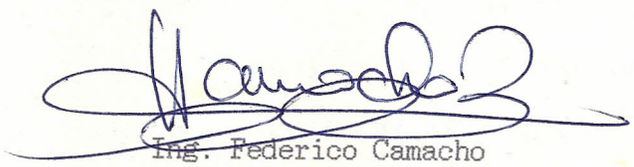
.....

LUIS SAN MARTIN GUERRERO



Ing. Nelson cevallos
DECANO FIM

Ing. Manuel Helguero
DIRECTOR INF. TEC.



Ing. Federico Camacho
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

El presente informe obedece a las situaciones de discontinuidad en el servicio, presentadas por el sistema de transporte de caliza desde el equipo de PREHOMOGENIZACION al sistema de distribución del material, para las 2 plantas de producción de la compañía La Cemento Nacional C.A.

Este problema consistía en rotura y desalineamiento de bandas, frecuentemente. Procedí en principio a ejecutar un mantenimiento preventivo del equipo, luego ejecuté una auditoria del diseño instalado, encontrando errores de dimensionado en el peso del tensionador de gravedad, hecho que se corrigió, además encontré que la curvatura originalmente diseñada en la estructura no fue correctamente calculada existiendo la posibilidad de sustituir esta parte del equipo; supervise su operación, observando que estas acciones no eran suficientes en cuanto a obtener la confiabilidad requerida, opté por el cálculo, diseño, construcción y montaje de un nuevo transporte, el cual fue puesto a punto aprovechando parada de horno a fín de minimizar las consecuencias de la falta de materia prima para la elaboración del crudo necesario.

El nuevo transporte está funcionando sin problemas desde su puesta en operación.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

1.- ANTECEDENTES

2.- ALTERNATIVAS DE SOLUCION

    2.1.- Auditoría del Sistema.

    2.2.- Mantenimiento del Sistema.

    2.3.- Rediseño y Construcción.

    2.4.- Selección de la Alternativa adecuada.

3.- DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

    3.1.- Análisis de Parámetros.

    3.2.- Cálculo y Selección de los Diferentes Componentes.

4.- CONSTRUCCION Y MONTAJE.

    4.1.-Planificación de la Construcción de los Elementos.

    4.2.- Planificación del Montaje.

    4.3.- Puesta a punto del Sistema.

5.- ANALISIS ECONOMICO.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

ANEXOS Y APENDICES

INDICE DE FIGURAS

FIGURA II-0.- ESQUEMA DE LA TRANSMISION

FIGURA II-1.- ANGULO DE SOBRECARGA PARA PIEDRA CALIZA TRITURADA

FIGURA II-2.- PERFIL DEL TRANSPORTE SIMPLIFICADO DE LOS PLANOS DE WILLIS & PAUL

FIGURA II-3.- ESQUEMA DEL TAMBOR MOTRIZ

FIGURA II-4.- ESQUEMA DE DISPOSICION DEL TENSIONADOR

FIGURA II-5.- RADIO DE CURVATURA PARA BANDA TRANSPORTADORA

FIGURA II-6.- DIAGRAMA TENSION-LONGITUD

FIGURA II-7.- DIAGRAMA DEL PUNTO DE CAMBIO DE LA ESTRUCTURA

FIGURA II-8.- ESQUEMA DE LA ALTERNATIVA REDISEÑO

FIGURA III-1.- DISPOSICION FINAL DEL TRANSPORTE REDISEÑADO

FIGURA IV-1a.- INCLINACION DE ESTACION DE RODILLOS. VISTA LATERAL.

FIGURA IV-1b.- EFECTO DE CENTRADO DE BANDA POR INCLINACION DE ESTACION DE RODILLOS.

FIGURA IV-2.- ALIMENTACION DE BANDA TRANSPORTADORA

FIGURA IV-3.- MOVIMIENTO DE RODILLOS DEL RETORNO

INDICE DE TABLAS

TABLA I-1.- RESUMEN DE PARADAS DE BANDA 058.41.1.BT2

TABLA II-1.- CAPACIDAD DE CORREAS (REXNORD)

TABLA II-2.- FACTOR DE CORRECCION K

TABLA II-3.- VALORES PARA EL FACTOR C

TABLA II-4.- VALORES DE Gm EN KG/M

TABLA II-5.- VALORES PARA E Y $e^{\mu\alpha}$

TABLA II-6.- FACTOR DE FRICCION ENTRE CORREA Y TAMBOR

TABLA II-7.- DATOS CINTA TRANSPORTADORA PLYLON 3150 GOODYEAR

TABLA II-8.- COMPARACION DE ALTERNATIVAS

TABLA III-1.- DATOS TECNICOS GENERALES DE CORREAS

TABLA III-2.- BANDAS TRANSPORTADORAS Y DE PROCESO

TABLA III-3.- CARGA MAXIMA PERMISIBLE EN KG PARA ESTACION DE RODILLOS

TABLA III-4.- MAXIMA CARGA PERMISIBLE EN KG PARA ESTACION DE RODILLOS PARA 25000 HORAS DE SERVICIO

TABLA IV-1.- ALTERNATIVA REDISEÑO FASE A Y B

TABLA IV-2.- ALTERNATIVA REDISEÑO FASE C

TABLA V-1.- SOLUCION MANTENIMIENTO FASE A Y B

TABLA V-2.- SOLUCION MANTENIMIENTO FASE C

TABLA V-3.- COSTOS - ALTERNATIVA MANTENIMIENTO

TABLA V-4.- COSTOS - ALTERNATIVA REDISEÑO

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

El transporte a que nos referimos es la banda transportadora identificada con el código 058.41.1.BT2 de la planta Cerro Blanco de La Cemento Nacional C.A.; este equipo fue puesto en operación en Agosto de 1981 conjuntamente con el arranque de la nueva línea de producción instalada con el horno Nº2.

El proveedor original fue la firma norteamericana WILLIS & PAUL CORPORATION de Denville, New Yersey, cuyos diseños originales se adjuntan en el anexo 1 de este documento, los componentes adquiridos de diferentes proveedores como Rexnord, Falk, Good Year, entre otros fueron montados según pude constatar sobre una estructura que si bien cumplía con las especificaciones de diseño original, en cuanto a perfil de transporte; su ejecución de acabados, alineamientos en varios tramos de la longitud del transportador no eran los adecuados, provocando desalineamientos de la cinta transportadora, la misma que terminaba rozando contra la estructura en varios puntos de la misma, destruyendo los filos de la cinta y ocasionando desgastes en la banda transportadora y derrames del material transportado el cual al quedar aprisionado entre los tambores del contrapeso y de cola

perforaban la banda, debilitando su resistencia original y en varias ocasiones causaron la caída de la cinta con la consecuente puesta fuera de servicio del equipo.

Los roces contra los elementos estructurales desgastaban estos al punto de cortarlos causando deterioro de las condiciones de resistencia del conjunto, contribuyendo a agravar el problema de linearidad estructural.

Estos aspectos demandaban constante atención de parte del departamento de mantenimiento mecánico en trabajos de reparación tales como vulcanizado de la cinta transportadora, cambios de tramos de la banda-muy deteriorados, revisiones de rodillos, alineación del equipo con y sin carga, cambios de elementos estructurales, revisión de tambores, desgastes anormales en las estaciones de rodillos de carga.

Una de las prácticas aceptadas para alinear cintas transportadoras consiste en rotar la estación de rodillos portantes en el plano de funcionamiento de la banda, pero al ser muy severas estas rotaciones se acorta la vida util de estos elementos demandando mucha mas atención de parte del departamento de mantenimiento mecánico, lo cual me obligaba a ejecutar revisiones mas frecuentes para verificar su estado de operación.

Estos aspectos eran manejados en base al gran esfuerzo de ejecutar modificaciones, revisiones y reparaciones preventivas y/o correctivas, ejecutadas durante frecuentes paradas programadas del equipo que involucraban las áreas de prehomogenización de caliza y afectaban los departamentos de preparación y molienda del crudo de las plantas Cerro Blanco y San Eduardo de La Cemento Nacional C.A.

Los problemas empeoran cuando en el mes de Abril de 1.989 un camión cargado con caliza se desvia de la ruta de transporte que cruza por debajo de la estructura impactando lateralmente la misma, doblándola y ocasionando posteriormente en Mayo y Junio de 1.989 la caída de la banda.

Las atenciones del equipo se tornan permanentes para permitir la operación del mismo y las paradas de revisión preventivas y/o correctivas se ven fuertemente incrementadas a partir de este suceso con el consecuente decremento de la provisión de materia prima a los departamentos involucrados, además disminuye la confiabilidad del equipo de manera considerable.

Las situaciones antes indicadas me llevan en Mayo de 1.989 a ejecutar un análisis del equipo en base a los datos archivados en su historia de reparaciones correctivas y revisiones preventivas desde la puesta en operación y que se resumen como indico en la tabla I-1

AÑO CAUSA	1981 **	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989 *	1989 +
PARADAS PROGRAM. REV. PREV. (HORA/MES)	23.33	26.50	29.60	25.70	26.80	19.50	21.30	20.50	18.10	42.60
PARADAS NO PROGRAM. MANT. CORR. (HORAS/MES)	1.53	2.05	1.81	1.93	1.30	2.45	1.40	1.60	1.75	6.25
PAR./CAIDA CINTA TRAN. (HORAS)	0.00	48.30	0.00	37.50	0.00	0.00	0.00	36.20	32.70	0.00
CORRECCIO. EQ. OPERAC. (Hr-Hbe/MES	0.00	6.67	2.67	4.75	2.65	4.90	5.27	5.85	4.95	29.50

** Solo contempla meses de Agosto a Diciembre/81
* Contempla hasta Abril/89
+ Contempla desde Mayo/89 a Julio/89

TABLA I-1

RESUMEN DE PARADAS DE BANDA 058.411.1.BT2

De este primer análisis concluí que el incremento notable de las actividades de mantenimiento en el equipo obligan a una parada mayor del mismo para la corrección de los defectos y que esta acción debe necesariamente contemplar las siguientes premisas:

a.- Mínimo tiempo de parada.

b.- Ejecutable simultaneamente con una parada de horno u hornos.

c.- Mínimo costo.

d.- Mejorar la confiabilidad del sistema.

Teniendo como base estas premisas se procede a buscar las alternativas de solución.

CAPITULO 2

ALTERNATIVAS DE SOLUCION

INTRODUCCION

En la busqueda de la solución comencé por no perder de vista las premisas generales derivadas del análisis detalladas en el capitulo anterior, y que en definitiva pesaron en la decisión de seleccionar la alternativa mas conveniente a nuestros intereses.

En este punto consideré indispensable el conocer de manera cuantitativa algunas de las condiciones de operación de los principales componentes como fueron:

A.- Datos generales del equipo instalado
B.- Capacidad real del equipo
C.- Tensión máxima de la banda de transporte
D.- Revisión del peso del tensionador de gravedad.
E.- Revisión de la estructura en cuanto a su alineación y forma.

Debido a los multiples problemas incurridos me puse en la disyuntiva de dudar de la bondad de la concepción del sistema esto me llevó al punto de ejercer una auditoria del mismo para decidir finalmente entre la realización de

un mantenimiento total del equipo o la sustitución del mismo.

2.1 AUDITORIA DEL SISTEMA

La auditoria del sistema la fundamenté en datos verificados en campo, en base a mediciones y al reconocimiento de los componentes procediéndose como a continuación detallo:

A.- DATOS GENERALES DEL EQUIPO INSTALADO

MATERIAL TRANSPORTADO: PIEDRA CALIZA

Peso específico: 1.364,4 Kg/m3

Angulo de reposo: 38 grados

Granulometría: 13 a 20 'mm

BANDA TRANSPORTADORA:

Fabricante : GOOD YEAR

Tipo: PLYLON 3150, 3 capas, 5mm recubrimiento superior, 2 mm recubrimiento inferior.

Ancho: 914.4 mm. (36")

REDUCTOR:

Fabricante: FALK

Módelo: 100 FC 2 AA

Razón de reducción: 16.46:1

MOTOR ELECTRICO

Potencia 74.57 Kw.

Velocidad 1.775 rpm.

TRANSMISION DE POTENCIA

Catalina motriz tipo ANSI 200 de 18 dientes

Catalina conducida tipo ANSI 200 de 40 dientes

B.- REVISION DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Procedí primeramente a determinar la velocidad real de la cinta transportadora para a partir de ello determinar la capacidad del sistema.

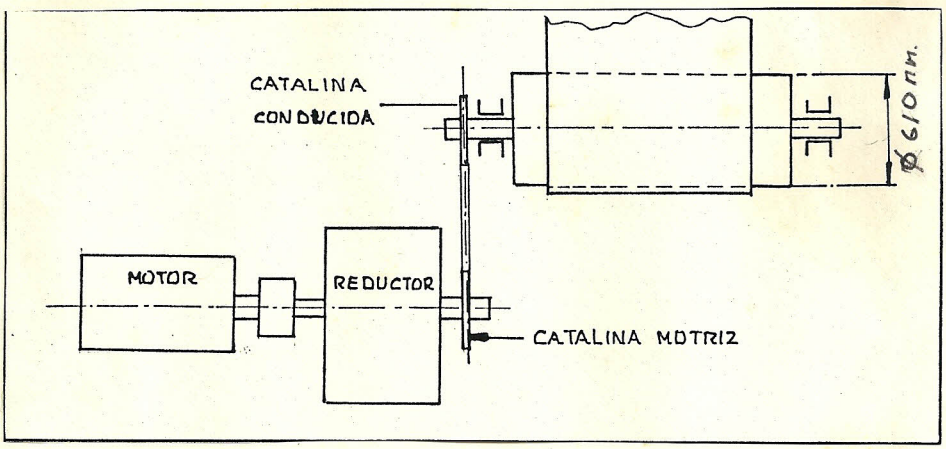


FIGURA I-0

ESQUEMA DE LA TRANSMISION

REVOLUCIONES DEL EJE SALIDA REDUCTOR (R_R)

$$R_R = \frac{1775\ min^{-1}}{16.46} = 107.84\ min^{-1}$$

Como:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{R_t}{R_R}$$

Donde:

T_1 = Nº de dientes catalina Motriz

T_2 = Nº de dientes catalina conducida

R_t = Revoluciones de Tambor (min-1)

R_R = Rev. del eje de Salida del Reductor (min-1)

Tengo:

$$\frac{T_1}{T_2} R_R = R_t$$

Sustituyendo

$$\frac{18}{40} \times 107.84\ min^{-1} = R_t$$

$$R^t = 48.53\ (min^{-1})$$

$$48.53 \frac{Rev}{Min} \times 2\pi \frac{Rad}{Rev} \times \frac{1Min}{60Seg} = 5.08 \ Rad/Seg$$

Entonces:

w = 5.08 Rad/Seg

Como

V = w * R

donde:

w = velocidad angular, Rad/seg

R = Radio de Tambor, m

$$V = 5.08 \frac{Rad}{Seg} * 0.305 \ m$$

V = 1.55 m/s (305.12 ft/min)

Con este concocimiento de la velocidad de 1.55 m/s (305.12 ft/min) y puesto que teníamos instalados rodillos portantes tipo C 5300 de REXNORD con 35 grados de inclinacion, de los datos de la banda transportadora enunciados en el literal anterior conozco el ancho de la misma que es de 914.4 mm (36") y de mediciones en el campo determiné el ángulo de sobrecarga el cual es como indico en la figura II-1 de 25 grados.

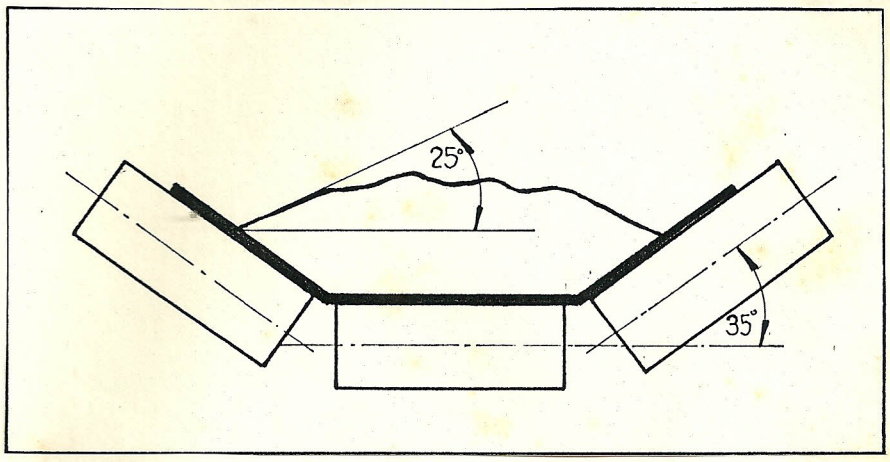


FIGURA II-1

ANGULO DE SOBRECARGA PARA PIEDRA CALIZA TRITURADA

GRANULOMETRIA 13mm a 20mm

Me remito a la tabla 11-1 donde para los datos antes indicados obtenemos el valor de 867,5 ton/hora (956 stph) de capacidad a la que llame C1.

ANCHO CORREA mm	ANGULO DE SOBRECARGA	AREA SECCION m^2	CAPACIDAD-TONELADAS/HORA VELOCIDAD DE CORREA METRO POR MINUTO			
			1.27	1.52	1.78	2.03
914.4	0	0.063	460	551	644	735
	5	0.069	510	612	715	816
	10	0.077	562	675	787	900
	20	0.091	667	801	934	1013
	25	0.099	723	867.5	1011	1156
	30	0.106	777	925	1088	1245

TABLA II-1

CAPACIDAD DE CORREAS (1)

Pero este valor es valido para materiales que tienen un peso de 1.605.21 Kg/m³ (100 lbs/ft³) entonces por proporcion directa obtengo:

$$C1 = 867.5 \frac{1364.4}{1605.21}$$

de donde:

C1 = 737.36 TON/HORA

Debo indicar que este valor fuera valido si se aplicara el procedimiento en una banda horizontal, pero en el caso nuestro consideré la máxima inclinación existente de la banda para lo cual me referí a los planos del fabricante contenidos en el anexo 1, de donde extraigo el gráfico simplificado del perfil, como se indica en la figura II-2

De la figura II-2 vemos que el tramo de transportador más próximo al cabezal motriz es el más inclinado.

Entonces, por trigonometría:

$\emptyset$ = arcsen(7.869/26.832)

$\emptyset$ = 17.05°

Con el valor del ángulo de inclinación máximo me remito a la tabla ll-2.

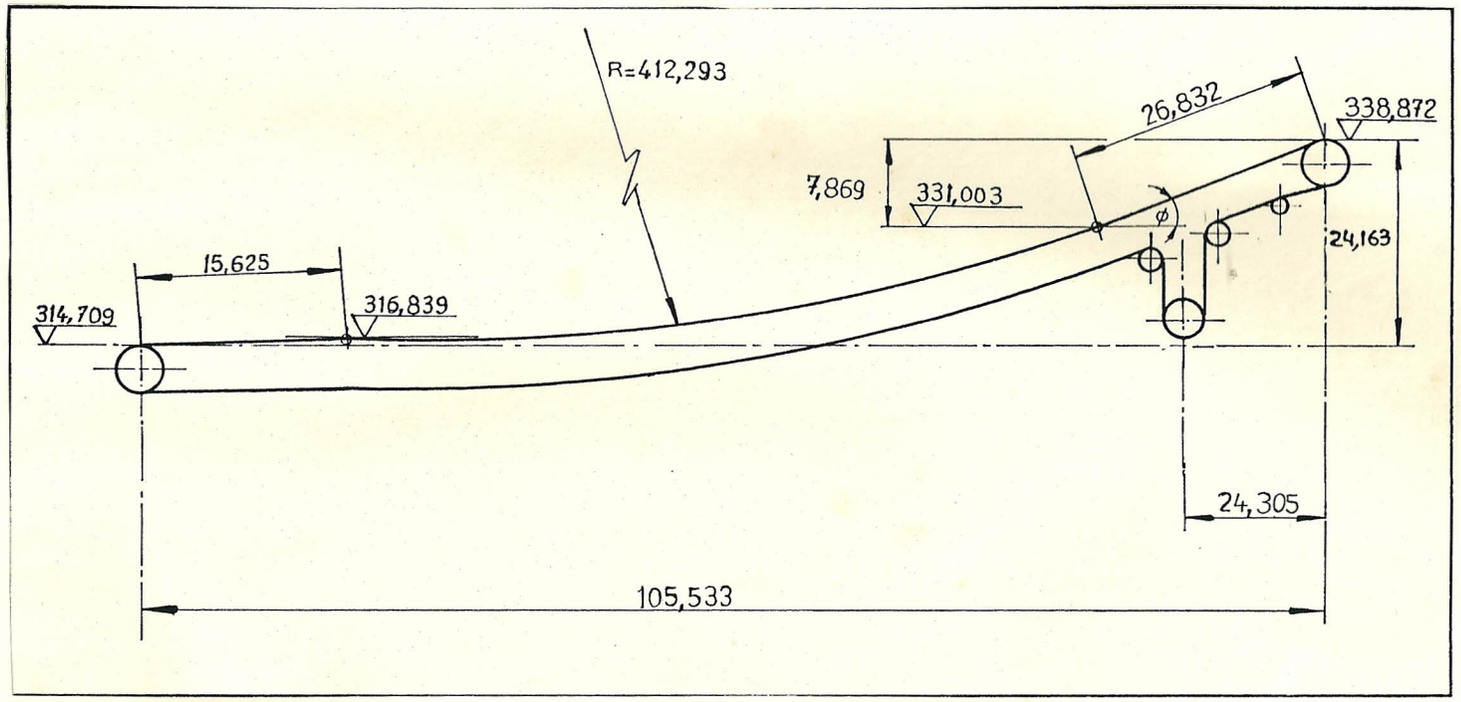


Figura II-2

PERFIL DEL TRANSPORTE SIMPLIFICADO DE LOS PLANOS DE WILLIS & PAUL DETALLADOS EN EL ANEXO 1.

CORRECCION:										
- EN °	2.0	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00
- EN %	3.5	7.00	10.50	14.00	17.60	21.60	24.90	27.70	32.50	36.40
- L/H*	28.5	14.30	9.50	7.20	5.75	4.81	4.44	3.62	3.24	2.92
K	1.0	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.85	0.81
CORRECCION:										
- EN °	21.0	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00
- EN %	38.4	40.40	42.50	44.50	46.60	48.80	51.00	53.20	55.40	57.70
- L/H*	2.78	2.67	2.56	2.46	2.37	2.28	2.21	2.14	2.06	2.00
K	0.78	0.76	0.73	0.71	0.68	0.66	0.64	0.61	0.59	0.56

* L = Longitud de transporte H = Diferencia de altura

TABLA II-2

FACTOR DE CORRECCION K (2)

Donde para un valor de 18 grados encuentro un factor de corrección por inclinación del transporte de 0.85 y si consideramos que:

$C1 \times k = Qt$

Donde: C1 = Capacidad horizontal del transporte

k = Factor de corrección por inclinación

Qt = Capacidad corregida de la banda

Entonces:

Qt = 0.85 x 737.36 ton/hora

De donde:

Qt = 626.7 ton/hora

Para valores de proceso en la elaboración del crudo debemos considerar que esta piedra caliza contiene alrededor de un 4% de humedad que no debemos incluirla dentro del transporte de materia prima puesto que no entra en la composicion del mismo, esto me puso en la lógica determinación de que en realidad tenemos:

CALIZA DE PROCESO = 0.96 x Qt

Entonces:

CALIZA DE PROCESO = 0.96 X 626.7 ton/hora

De donde:

CALIZA DE PROCESO = 601.63 ton/hora

Estos valores corresponden a los requerimientos solicitados del equipo y por lo tanto no se puede considerar el que trabaje sobrecargado en las condiciones de operación a que se encontraba sometido.

C.- DETERMINACION DE LA TENSION MAXIMA DE LA CINTA TRANSPORTADORA

Con los resultados obtenidos y calculados en los literales anteriores procedí a la determinación de valores que me permitan estimar la tensión máxima que ocurre en la cinta transportadora del sistema, para esto fue necesario el definir los parámetros que a continuación detallo:

B = Ancho de banda transportadora 914.4 mm

v = Velocidad de la banda transportadora 1.55 m/s

Ø = Angulo de inclinación máxima del transportador 17.05°

L = Longitud del sistema entre centros medidos a lo largo de la cinta de transporte 108.42 m.

H = Diferencia de altura de transporte 24.163 m.

Qt= Capacidad del sistema 626.7 ton/hora

Factor C: Este factor agrupa las resistencias que ocurren durante la aplicación práctica, como son la resistencia al plegado de la cinta sobre los tambores del transportador, la fricción de los cojinetes de los tambores, la resistencia al impacto de los rodillos de soporte, la inercia y la fricción entre la banda y los limpiadores o cepillos. Los valores del factor C pueden ser obtenidos de la tabla 11-3.

L (m)	3	4	5	6	8	10	12
C	9.0	7.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4.1
L (m)	16	20	25	32	40	50	63
C	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0
L (m)	80	100	125	160	200	250	300
C	1.9	1.8	1.65	1.59	1.47	1.38	1.33
L (m)	400	500	600	700	800	900	1000
C	1.25	1.20	1.17	1.13	1.11	1.08	1.05

TABLA II-3 (2)

FACTOR C

Factor f: Este factor relaciona la resistencia de ro-tación de los rodillos de soporte, depende del diseño de los rodillos y tiene un valor entre 0.015 y 0.03. Rodillos con facilidad de rotación y equipados con rodamientos de precisión tienen valores entre 0.015 y 0.02. Los sellos así como la contaminación normal que ocurre con el uso del equipo afectan la resistencia rotacional de los rodillos por tal motivo no debemos tomar para cálculos los valores inferiores, en la práctica un valor entre 0.025 y 0.03 es aceptable de-pendiendo del grado de mantenimiento, tipo de rodi- llos y condiciones del medio ambiente de operación.

Gm: Este factor agrupa el peso de la banda y de los rodillos portantes y de retorno en Kg/m, estos valo- res se encuentran listados en la tabla II-4 donde se dan valores promedios, los cuales obviamente que es- tan influenciados por el tipo de banda utilizado y el tipo de rodillos instalados, pero los errores que de esta situación se deriven tienen muy poca influencia sobre el resultado final como se podrá notar mas adelante.

B en mm	500	600	650	800	1000	1200	1400	1600	1800
Gm Bandas normales	17	26	28	40	56	70	85	105	120
Gm Bandas pesadas	20	30	32	45	62.5	80	110	135	160

Tabla II-4(2)

Gm EN Kg/m

η: Factor que mide la eficiencia del sistema de transmisión de poder, para propósitos prácticos este valor se encuentra entre 0.85 y 0.98, dependiendo del tipo de sistema de transmisión utilizado asi:

a.- Tambor motorizado $\eta = 0.98$

b.- Motoreductor $\eta = 0.85$

c.- Motor con transmisión de cadena $\eta = 0.85$

d.- Motor con transmisión de banda "V" $\eta = 0.8$

Con estos parámetros definidos procedí a calcular la potencia requerida del sistema la que es entregada al mismo en el tambor motriz:

POTENCIA SIN CARGA DEL SISTEMA - N1 (4)

$$N1 = \frac{C\ f\ L}{75} Gm\ V\ (CV)$$

$$N1 = \frac{C\ f\ L}{102} Gm\ V\ (Kw) \qquad (2.1)$$

De la tabla II-3, para L = 108.42 obtengo:

C = 1.75

De la tabla II-4:

Con B = 914.4 mm, para transportadores de uso pesado, por extrapolación obtengo:

Gm = 55

De la experiencia asumo f = 0.03 y con V = 1.55 m/seg entonces:

$$N1 = \frac{1.75 * 0.03 * 108.42}{102} 55 * 1.55\ (Kw)$$

N1 = 4.76 Kw

POTENCIA DEBIDO A LA CARGA - N2 (4)

$$N2 = \frac{C \; f \; L}{270} \; Qt \; (CV)$$

$$N2 = \frac{C \; f \; L}{367.1} \; Qt \; (Kw) \qquad (2.2)$$

entonces:

$$N2 = \frac{1.75 * 0.03 * 108.42}{367.1} * 626.7 \; \frac{Ton.}{Hora}$$

$$N2 = 9.72 \; Kw$$

POTENCIA DEBIDA A LA DIFERENCIA DE ALTURA

$$N3 = \frac{Qt * H}{270} \; (CV)$$

$$N3 = \frac{Qt * H}{367.1} \; (Kw) \qquad (2.3)$$

$$N3 = \frac{626.7 * 24.163}{367.1} \; (Kw)$$

$$N3 = 41.25 \; Kw$$

La potencia total requerida por el sistema es

entonces: NA

$$NA = N1 + N2 + N3 \qquad (2.4)$$

$$NA = (4.76 + 9.72 + 41.25)\ Kw$$

$$NA = 55.73\ Kw$$

Asumiendo una eficiencia del conjunto de transmisión de fuerza de $\eta = 0.85$, tengo que el motor debe tener (Nm):

$$Nm = \frac{NA}{\eta} = \frac{55.73}{0.85} \qquad (2.5)$$

$$Nm = 65.56\ Kw$$

Conociendo la potencia absorbida por el sistema (NA), procedo a calcular la fuerza circunferencial P que ocurre en el tambor motriz.

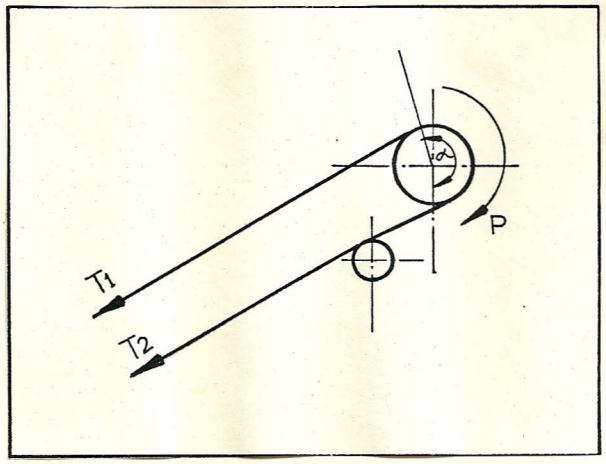


Figura II-3

ESQUEMA DEL TAMBOR MOTRIZ

De la referencia 4 tengo:

$$P = \frac{75\ NA}{V}$$

$$P = \frac{102\ NA}{V}\ (Kg) \qquad (2.6)$$

$$P = \frac{102 * 55.73}{1.55} = 3667.39\ Kgs$$

Si la banda no patina en el tambor se cumple:

$$\frac{T1}{T2} = e^{\mu\alpha} \quad \text{(Fórmula de EYTELWEIN)} \qquad (2.7)$$

Donde:

T1 = Tensión máxima de la banda (Kgs)

T2 = Tensión lado de retorno (Kgs)

μ = Coeficiente de fricción entre banda transporta- dora y tambor motriz.

α = Angulo de contacto de la banda en el tambor mo- triz.

Además conozco de la figura II-3:

$$T1 = P + T2 \qquad (2.8)$$

Entonces de (2.7) obtengo:

$$T1 = e^{\mu\alpha} * T2$$

Este valor lo sustituyo en (2.8) y obtengo:

$$e^{\mu\alpha} T2 = P + T2$$

$$P = e^{\mu\alpha} T2 - T2$$

$$P = T2(e^{\mu\alpha} - 1)$$

$$T2 = \frac{P}{e^{\mu\alpha} - 1} \text{ (Kg)} \qquad (2.9)$$

Sustituyo (2.9) en (2.8) y obtengo:

$$T1 = P + \frac{P}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

$$T1 = P\left(1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}\right) \qquad (2.10)$$

Hacemos:

$$1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} = E \qquad (2.11)$$

Los valores de E y $e^{\mu\alpha}$ se encuentran calculados en la tabla II-5 para diferentes valores de μ y de α.

COEFICIENTE DE FRICCION		ARCO DE CONTACTO DE LA CORREA	
μ		180°	210°
0.15	E	2.66	2.37
	$e^{\mu\alpha}$	1.60	1.73
0.20	E	2.15	1.93
	$e^{\mu\alpha}$	1.87	2.08
0.25	E	1.84	1.67
	$e^{\mu\alpha}$	2.19	2.50
0.30	E	1.64	1.50
	$e^{\mu\alpha}$	2.57	3.00
0.35	E	1.50	1.38
	$e^{\mu\alpha}$	3.00	3.60
0.40	E	1.40	1.30
	$e^{\mu\alpha}$	3.51	4.33
0.50	E	1.26	1.19
	$e^{\mu\alpha}$	4.81	6.25
0.60	E	1.18	1.12
	$e^{\mu\alpha}$	6.58	9.01

TABLA II-5(2)

VALORES DE E y $e^{\mu\alpha}$

Entonces:

$$T1 = P * E \qquad (2.12)$$

Para determinar E debemos primeramente conocer μ; de las condiciones de operación y materiales de construcción que intervienen obtengo de la tabla II-6, para ambiente seco; y tambor recubierto de caucho y contra banda de caucho:

$\mu = 0.40$

De los planos contenidos en el anexo 1, obtengo:

$\alpha = 210°$

MEDIO AMB.	SUPERF. TAMBOR	MATERIAL DE LA CORREA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
SECO	ACERO	0.30	0.25	0.30	0.35	0.40	0.20	0.25	0.30
HUMED	ACERO	0.25	0.20	0.20	0.25	0.30	0.15	0.20	0.20
SECO	CAUCHO	0.40	0.30	0.35	0.40	0.50	0.25	0.30	0.40
HUMED	C. Ran.	0.35	0.25	0.25	0.30	0.40	0.20	0.25	0.30
SECO	PVC	0.50	0.40	0.45	0.50	0.60	0.35	0.40	0.45
HUMED	PVC	0.35	0.35	0.30	0.35	0.40	0.25	0.30	0.40
SECO	CERAM.	0.55	-	-	-	-	-	-	-
UMED	CERAM.	0.45	-	-	-	-	-	-	-

1: Caucho; 2: caucho friccionado; 3: PVC Nonex 70 4: PVC Nonex 60 y Flexam 60; 5: PVC Nonex 50 y Flexam 50; 6: Polyester; 7: Impregnación con ROPANOL; 8: PVC Flexan 95.

TABLA II-6 (2)

FACTOR DE FRICCION ENTRE CORREA Y TAMBOR

Con estos valores consulto la tabla II-5 y obtengo:

E = 1.30

$e^{\mu\alpha}$ = 4.33

Sustituyo en (2.12):

T1 = 3667,39 * 1.30

De donde la máxima tensión de la banda es:

T1 = 4767.61 Kgs.

Este valor lo dividimos para el ancho de la banda y nos dÁ:

T1 = 4767.61/914.4 = 5.21 Kgs/m

El plylon 3150 según los datos indicados en la tabla II-7, nos trae:

(315 lbs/pulg) ===== 5.62 Kg/mm

	PLYLON 3150
Número de Pliegues	3
Capacidad de carga	5.62 Kg/mm
Peso de mat. comp. inf.	5.86 Kg/m²
Peso del mat. cubiertas	1.23 Kg/m²

Tabla II-7 (3).

DATOS CINTA TRANSPORTADORA PLYLON 3150 GOODYEAR

Lo cual es superior al valor de trabajo determinado por lo que concluimos que la banda fue correctamente seleccionada por el diseñador y esta no es la causa de los problemas existentes en el equipo.

D.- DETERMINACION DEL PESO DEL TENSIONADOR DE GRAVEDAD

El peso del tensionador de gravedad es otro de los elementos que estime podia afectar de no estar correctamente calculado ya que de estar sobre dimensionado ocasiona esfuerzos innecesarios sobre la estructura asi como esfuerzos y estiramientos de la banda que no se justifican; y de estar sudimensionado podría ocurrir que la banda patine en el tambor motriz deteriorándose el equipo.

Observemos la figura II-4.

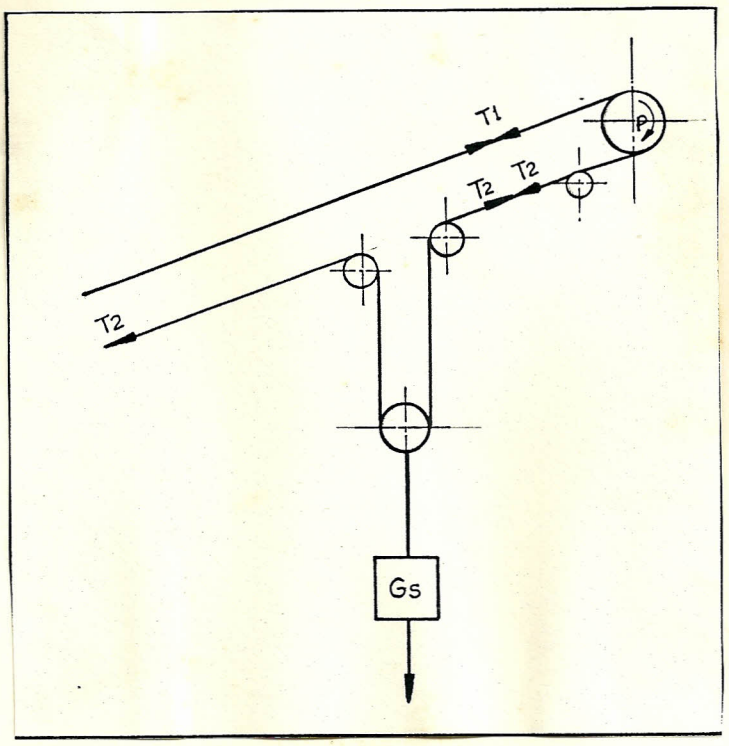


FIGURA II-4

ESQUEMA DE DISPOSICION DEL TENSIONADOR

De esta figura podemos deducir que si el tensionador de gravedad esta instalado cerca del cabezal motriz como es nuestro caso se cumple la relacion:

$$Gs = 2\ T2 \qquad (2.13)$$

Entonces sustituyendo (2.9) en (2.13) obtengo:

$$Gs = 2\ \frac{P}{e^{\mu\alpha} - 1} \qquad (2.14)$$

Donde de la tabla II-5, para las condiciones indicadas en el numeral anterior obtengo:

$$e^{\mu\alpha} = 4.33$$

Sustituyo valores:

$$Gs = 2\ \left(\frac{3667.39}{4.33 - 1}\right)$$

$$Gs = 2202.64 \text{ Kgs.}$$

Por supuesto:

$$T2 = \frac{3667.39}{4.33 - 1}$$

T2 = 1101.32 Kgs.

Con este conocimiento procedí a programar en la parada de mantenimiento preventivo más próxima el desmontar el peso muerto del tensionador y pesarlo en una balanza de pesar camiones que existe a la entrada de la planta y por medio de este procedimiento estimar el peso del rodillo, chumaceras, y estructura que soporta estos elementos de donde cuelga el peso muerto, obteniendo los siguientes resultados:

Peso muerto 2760.00 kg.
Estructuras 350.00 kg

---

total 3110.00 kg

La diferencia de 907.36 kg que es un 41,19% de exceso si representa un valor considerable que no pude pasar por alto procediendo de inmediato a construir un nuevo peso muerto con 1852 kg, él que se instaló a la brevedad posible, notamos un cambio favorable en cuanto al estiramiento de la banda transportadora, no obstante los desvios persistian.

E.- REVISION DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

Durante la revisión de la estructura de soporte

fue necesario el utilizar los servicios de un topógrafo, con el cual se ejecutaron mediciones a fin de establecer el estado de alineación de la misma así como medir los niveles principales de la estructura y compararlos con los presentados por el diseñador del equipo. Para el efecto se utilizo un teodolito de la marca "WILD" modelo T-10, el cual tiene un error de +/- 1 mm en 100 metros, exactitud que estime suficiente para nuestros propósitos.

Se procedió primeramente a la revisión del eje longitudinal de la banda, para el efecto se mide en varios puntos desde el centro de la estructura de los rodillos portadores de carga a un plano imaginario formado por la visual del instrumento, además de registrar la distancia longitudinal entre las medidas, cuidadosamente escogemos dos puntos de ser preferible muy distantes como medidas ciertas e inobjetables para por proporcionalidad proceder a calcular el valor que debería de tener cada una de las demas mediciones y comparlas contra el valor realmente obtenido.
La cuidadosa interpretacion de estos resultados nos dieron una imagen clara de la situación del sistema, en el caso que nos ocupa estas mediciones se efectuaron con especial interes en

la zona donde esta estructura fuera impactada por un vehículo de carga habiendo encontrado desviaciones de hasta 138 mm como máximo y de promedio alrededor de los 60 mm siendo el tramo a corregir de 25 metros en el sector de la parte más baja de la curva.

Algo no mencionado todavia y digno de tomar en cuenta al revisar esta parte del equipo es el hecho de que la banda cuando estaba sin carga de material no se deslizaba sobre los rodillos portadores en la parte inferior de la curva, levantandose aproximadamente unos 500 mm en su parte mas evidente, este fenómeno me condujo a revisar el valor del radio de curvatura que el diseñador le asignó a la estructura, luego de verificar por topografía el arco utilizando el metodo de niveles y asegurarme de que no existen desviaciones mayores en este sector en el plano vertical respecto de los valores de diseño, procedí entonces a recalcular el radio de curvatura de la estructura teniendo en cuenta los valores obtenidos anteriormente en este documento.

$$R = \frac{1}{\text{Cos } \alpha} * \frac{Tn}{GB} \quad (2) \qquad (2.15)$$

Donde:

GB = Peso banda por unidad de longitud (Kg/m)

α = Angulo relativo entre los tramos rectos (°)

Tn = Tensión banda en el punto de cambio (kg)

Para determinar GB me remito a la tabla II-7 además de que:

$$GB = Wp + Wc \qquad (2.16)$$

Donde:

Wp = Peso material de pliegues internos (Kg/m)

Wc = Peso del material de las cubiertas (Kg/m)

Entonces:

Wp = (Peso de pliegues)(ancho de banda)

Wc = (Peso mat.cub.)(suma esp. cub.)(ancho banda)

Wp = (5.86 Kg/m²)(0.9144m) = 5.36 Kg/m

Wc = (1.23 Kg/m²)(5+2)mm(0.9144 m) = 7.87 Kg/m

GB = 5.36 + 7.87 = 13.23 Kg/m

GB = 13.23 Kg/m

Para determinar TN primero asumimos que la tensión en la banda aumenta linealmente desde un valor T2 cuando sale del tambor motriz a un valor T3 en el tambor de cola, y de este al máximo T1 en la entrada del tambor motriz, habiendo pasado en este último trayecto por el punto N de cambio

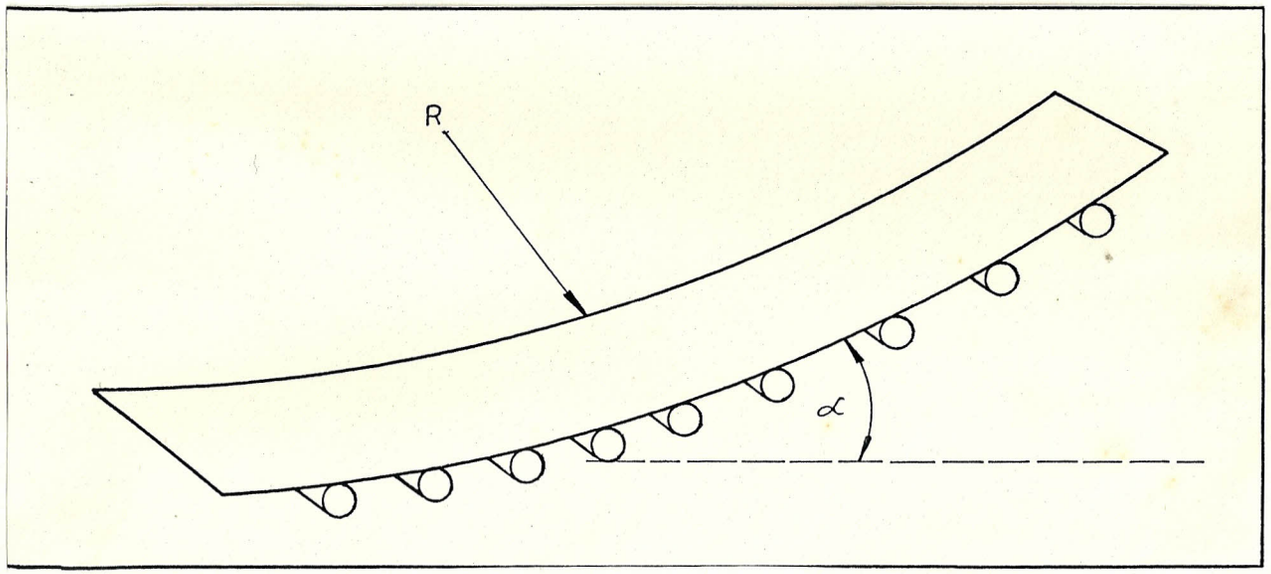


FIGURA II-5

RADIO DE CURVATURA PARA BANDAS TRANSPORTADORAS

donde alcanzó el valor TN a la distancia LN del tambor de cola; si graficamos una recta en un plano cartesiano tensión-longitud (figura II-5) que nos resuma esta última parte, tendremos:

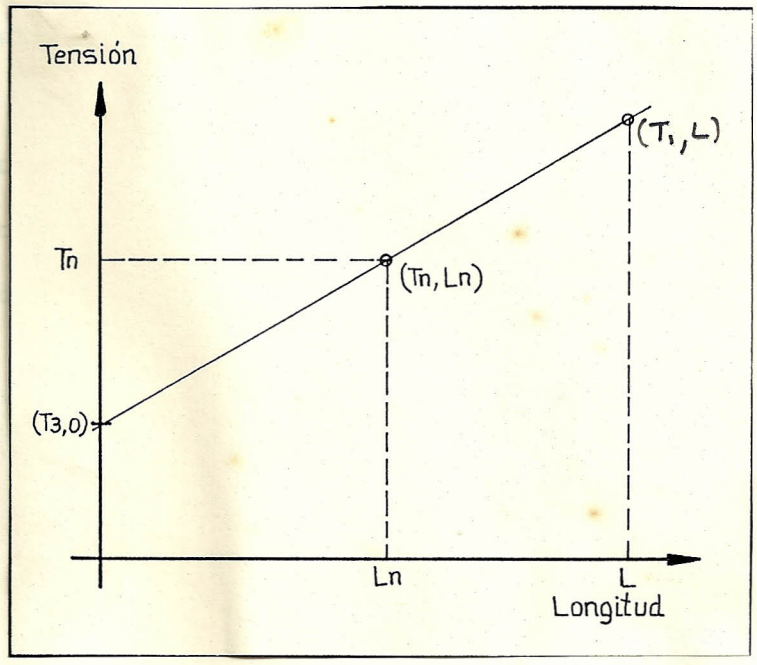


FIGURA II-6

DIAGRAMA TENSION-LONGITUD

Por Geometría analítica esta es una recta definida por su pendiente y los puntos (T3,0) y (T1,L) conocidos.

$$Tn = \frac{T1 - T3}{L} LN + T3 \qquad (2.17)$$

Siendo el punto (TN, LN) contenido en la recta, entonces calculando el valor de T3 y analizando el punto de cambio para definir el valor de LN se resuelve la expresión para determinar TN. Siguiendo este proceso defino las rectas del tramo superior e inferior de la estructura a fin de encontrar la intersección de sus proyecciones y calcular la longitud LN a la que ocurre el cambio.

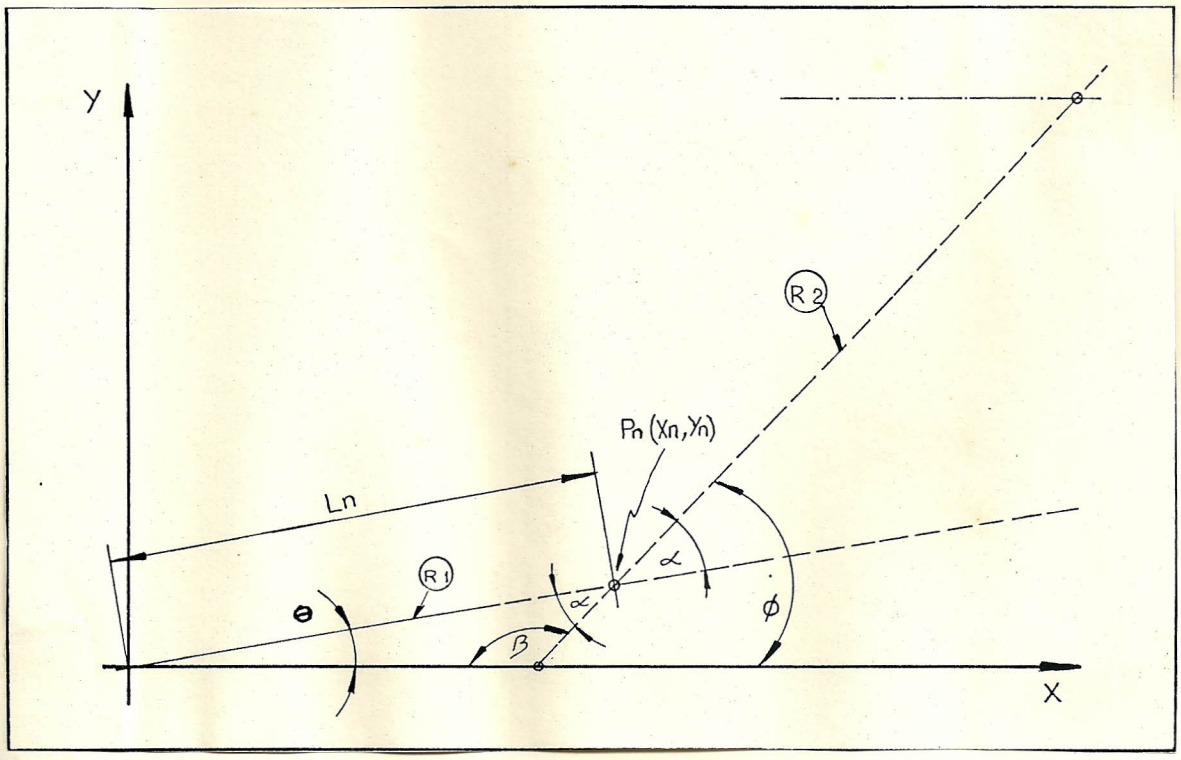


FIGURA II-7

DIAGRAMA DEL PUNTO DE CAMBIO DE LA ESTRUCTURA

Conociendo por los planos del anexo 1 la ubicación relativa de los tramos rectos y tomando los puntos de tangencia de la banda con los tambores de cola y motriz, defino la recta como sigue:

De los planos del anexo 1 y por trigonometría:

$$\theta = \text{Sen}^{-1} \frac{316.835 - 314.709}{15.625}$$

$$\theta = 7.82°$$

Además ya conocemos:

$$\emptyset = 17.05°$$

Entonces por geometría analítica:

Conociendo las pendientes en ambas rectas y situando el origen de nuestro plano cartesiano sobre uno de los puntos que contienen a la recta de cola, como indico en la figura II-6.

Para la recta de cola:

$$Y - 0 = \text{Tag } 7.82 \ (X - 0) \qquad (2.18)$$

Para la recta de Cabeza:

$$Y - 24.163 = \text{Tag } 17.05 \ (X - 105.533) \qquad (2.19)$$

Entonces la solución del sistema:

$Y = 0.1373\ X$

$Y - 24.163 = 0.3067\ (X - 105.537)$

Sustituyo (2.18) en (2.19) y obtengo:

$X = 48.533$

$Y = 6.664$

De donde el valor LN será por Pitagoras:

$Ln = 48.99\ m$

Para determinar TN debemos asumir que la tensión en la banda transportadora crece linealmente desde un valor T2 cuando sale del cabezal motriz a un valor T3 en el tambor de cola debido a la resistencia presentada por los rodillos de retorno P2, entonces:

$$T3 = P2 + T2 \qquad (2.20)$$

Además:

$$P2 = \mu a\ M + \mu R\ L\ GB \qquad (2.21)$$

Donde:

μa = Fuerza necesaria para vencer la inercia de los rodillos = 10.2 Kgs.

M = Número de rodillos de retorno

μR = Factor de resistencia friccional de los

rodillos (0.025 a 0.03).

L = Longitud de la correa transportadora que actúa sobre los rodillos de retorno.

GB = Peso de la banda (Kg/m)

De los planos del anexo 1:

m = 39

c = 108,419 m

Con estos valores conocidos entonces:

P2 = 39(0.2)+0.03(108.419)(13.23)

P2 = 50.83 Kgs.

Sustituyendo valores en (2.20):

T3 = 1101.32 + 50.83

T3 = 1152.15 Kgs.

Sustituyo valores de (2.17):

$$TN = \left(\frac{4767.61 - 1152.15}{108.419} * 48.99 + 1152.15\right)$$

TN = 2785.82 Kgs.

De la figura II-7 en el triángulo (O-A-PN) por geometría tengo:

$\theta + \alpha + \beta = 180°$

Además:

$\beta = 180 - \emptyset$

Entonces:

$\theta + \alpha + (180 - \emptyset) = 180$

$\theta + \alpha - \emptyset = 0$

De donde:

$\alpha = \emptyset - \theta$

$\alpha = 17.05 - 7.82 = 9.23°$

Sustituyendo valores en la ecuación (2.15) tengo:

$$R = \frac{1}{\text{Cos } 9.23} \quad \frac{2785.82 \text{ Kg}}{13.23 \text{ m}}$$

$R = 213.33$ m

Esta diferencia muy apreciable entre el valor 412,293 mts. indicado por el diseñador y los 213,33 mts calculados segun las premisas detalladas anteriormente, así como el considerable desalineamiento de un tramo de la estructura en el mismo sector curvo me obligaron a decidir entre una alternativa que llame mantenimiento y que consiste en sustituir únicamente el tramo curvo de aproximadamente 66 mts en los que estan incluidos los 25 mts con problemas de alineación respecto del eje

longitudinal de el transportador, utilizando los 15,625 mts del tramo recto de cola y los 26,832 mts del tramo final, o la de rediseñar el transportador inclinado sin curva inferior para facilidad de construcción, montaje y mantenimiento posterior, así como elevar la estructura en el sector próximo al paso del equipo pesado de carga con el objeto de evitar futuras colisiones accidentales.

Debo resaltar el hecho de que no se hizo análisis de tensiones en los tambores ni estudios sobre la selección de los rodamientos puesto que asumí que su dimensionamiento estaba correcto ya que no dieron problemas de funcionamiento en toda la historia del equipo, tampoco se revisó la resistencia estructural del conjunto ya que estas fallas no se presentaron en ningun caso por deflección ni pandeo de las estructuras.

En sintesis podemos entonces decir que teniamos tres problemas que resolver:

1.- Problema tensionador de gravedad, el que fue atacado de manera inmediata construyendo un nuevo peso muerto de acuerdo a los valores calculados.

2.- Problema de desalineamiento del eje del transportador, que se puede resolver mediante acciones de mantenimiento correctivo o mediante el cambio de la parte afectada.

3.- Problema de cambio de radio de curvatura de la estructura, que podría arreglarse con el cambio del sector por una sección con el radio de curvatura de 213,33 mts o mediante un rediseño del transportador eliminando la curvatura de ser posible.

Con estas conclusiones provenientes de la auditoría técnica entonces pasamos a evaluar las alternativas.

2.2 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA.

En esta parte considere la primera alternativa de solución derivada de los análisis presentados en los ácapites anteriores, y consistió en plantear los pasos a seguir para ejecutar el cambio parcial de la estructura, estimar el tiempo de parada del equipo, siendo este factor uno de los más importantes a influir en la decisión final, se hizo un estimado de costos de su implementación. Un aspecto que no considere en este punto del análisis fue el de los

trabajos secundarios que necesariamente se ejecutan en aprovechamiento de las paradas programadas y que son realizables simultaneamente con el evento principal, debido a que ambas soluciones planteadas se presentaron idénticas en este aspecto.

Con el objeto de tratar esta alternativa procedí a dividirla en:

a.- Fase de ingeniería y administración interna
b.- Fase de fabricación de elementos
c.- Fase de montaje y puesta a punto

En las fases a y b el equipo seguía operando en las circunstancias ya anotadas anteriormente demandando especial cuidado de los departamentos de producción y mecánico, la implementación de la fase c debía ser ejecutada necesariamente con parada del equipo lo cual ameritaba un análisis particularmente detallado de haber llegado a ejecutarse.

Los costos estimados de la implementación de la solución aquí indicada ascienden a la suma de S/. 32'295.052,oo cuyo detalle se especifica en el capitulo 5, el tiempo de ejecución de la fase c para esta alternativa se estimo en 136 horas de parada del equipo.

2.3 REDISEÑO Y CONSTRUCCION

En el análisis de esta alternativa procedí a estudiar las diferentes fases de manera similar a la alternativa anteriormente presentada considerando lógicamente las variaciones en que se incurriría de cambiar totalmente la estructura curva por otra diseñada de manera que sea recta y que se la instale de manera inclinada aprovechando desde luego todos los demas elementos a excepción de la banda transportadora la cual debio ser cambiada totalmente debido al mal estado de conservación que presentaba, motivandome fundamentalmente las siguientes ventajas, facilidad de construcción, facilidad de montaje, simplificación de mantenimiento, evitar futuros impactos de los equipos de carga y además el control topográfico se realizaría en dos planos uno lateral y otro superior, siendo este método mucho mas sencillo, rápido y seguro para el montaje y las comprobaciones posteriores, un aspecto importante tambien de considerar en el momento de evaluar las alternativas es el hecho de que al instalar este nuevo diseño de estructura cambia la inclinación del equipo favoreciendo la capacidad al mejorar su factor de inclinación, habiendo entonces quedado tentativamente como a continuación detallo.

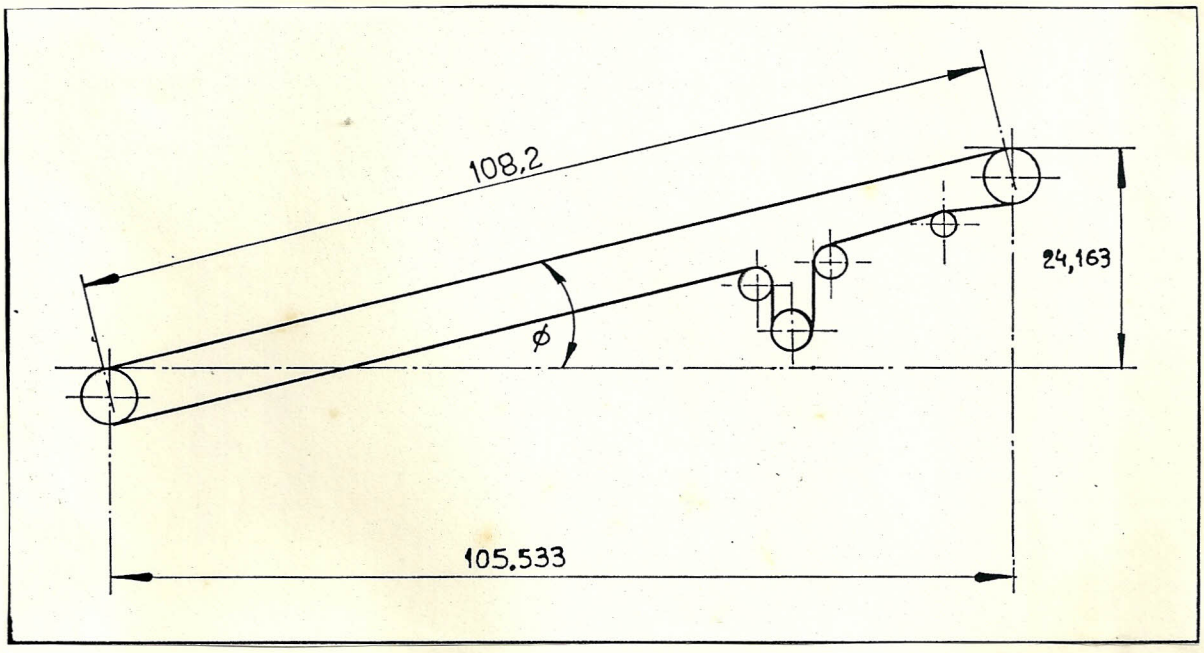


FIGURA II-8

ESQUEMA ALTERNATIVA REDISEÑO

Por trigonometría:

$$\emptyset = Tg^{-1} \frac{24.163}{105.533}$$

De donde:

$\emptyset = 12.9° = 13°$

Tomando la tabla II-2:

Para 13° tenemos un valor interpolado de:

K = 0.92

Remitiendome al análisis de la capacidad de la banda ejecutado en el numeral 2.1 de este documento:

Tengo:

Qt = Ci * K

Donde de efectuarse el cambio:

Qt = (737.36 Ton/hr) (0.92)

Qt = 678.37 Ton/hr

Si consideramos igual porcentaje de agua en la caliza tenemos:

Caliza de proceso = 0.96 * 678.37 Ton/hr

Caliza de proceso = 651.24 Ton/hr

La secuencia de trabajos de implementación de esta solución en lo que se refiere a las fases de ingeniería y fabricación están detalladas en el capitulo 4 y su costo se justifica en el capitulo 5 asciende a la suma de S/. 37'080.610,88 con un tiempo estimado de 136 horas en la fase c de montaje y puesta a punto.

2.4 SELECCION DE LA ALTERNATIVA ADECUADA

Con las estimaciones ejecutadas anteriormente procedí a la evaluación de las dos alternativas posibles de aplicar en la busqueda de la solución del problema.

Para ello elabore la tabla II-7 que resume a las dos posibilidades en sus aspectos principales.

ASPECTO	ALT.MANTENIM.	ALT.REDISEÑO	OBSERVACIONES
Costo Total estim.	32'295.052,08	37'080.610,88	Dif. 4'785.558,8
Tiempo parada equipo durante montaje	136	136	Ninguna diferenc.
Durac. total implem.	201.33 días	194.33 días	Alt. 2 está una semana antes
Capac. sistema	601.63Ton/hr	651.24Ton/hr	Alt. 2 es mayor en 8.25%
Peso de sol.	11570 Kgs.	18910 Kgs.	Alt. 1 es más liviana
Ventajas cuantitativas	Utiliza parte de estructura	No permite nuevos choque Fácil de construir Fácil de montar Mejor mantenibilidad	

TABLA II-7

COMPARACION DE ALTERNATIVAS

Debido a su mayor prontitud de ejecución, requerimientos de menor supervisión durante la fase de fabricación, mayor confiabilidad y simplicidad de montaje, además de que nos permite obtener una mayor capacidad de transporte lo cual al trabajar el equipo con una capacidad sobrante repercutirá en menores demandas de mantenimiento, así como el que nos brinda muchas mas seguridades al elevarse la estructura en la zona delineada para el paso de equipos de carga que necesariamente deben transitar por debajo de su estructura.

Estos fueron los razonamientos que hizo el que me decidiera por la alternativa del rediseño de la estructura, por considerarla la mas adecuada, a pesar de ser mas costosa.

CAPITULO 3

DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA ADECUADA

Debo indicar antes de abordar este tema que, debido a la carga de trabajo en el departamento de mantenimiento mecánico fue necesario el contratar los servicios de la compañia TECCON C.A. empresa filial de LA CEMENTO NACIONAL C.A. para la ejecución de los dibujos, planos y mediciones topográficas necesarias en el rediseño del sistema de transporte motivo de este informe, los planos resultantes de esta gestión y que fueron utilizados en las fases de construcción y montaje se encuentran en el anexo 2.

3.1 ANALISIS DE PARAMETROS

Habiendo decidido que la alternativa del cambio total de la estructura es la mas conveniente a nuestros intereses y debido a que dicha acción involucra variaciones que pueden resultar de importancia al cambiar la capacidad del transporte, se hace necesario el proceder a revisar detalladamente los nuevos parámetros del sistema.

De las mediciones topográficas tomadas y verificadas en el campo, y que están detalladas en los planos del anexo 2 obtengo:

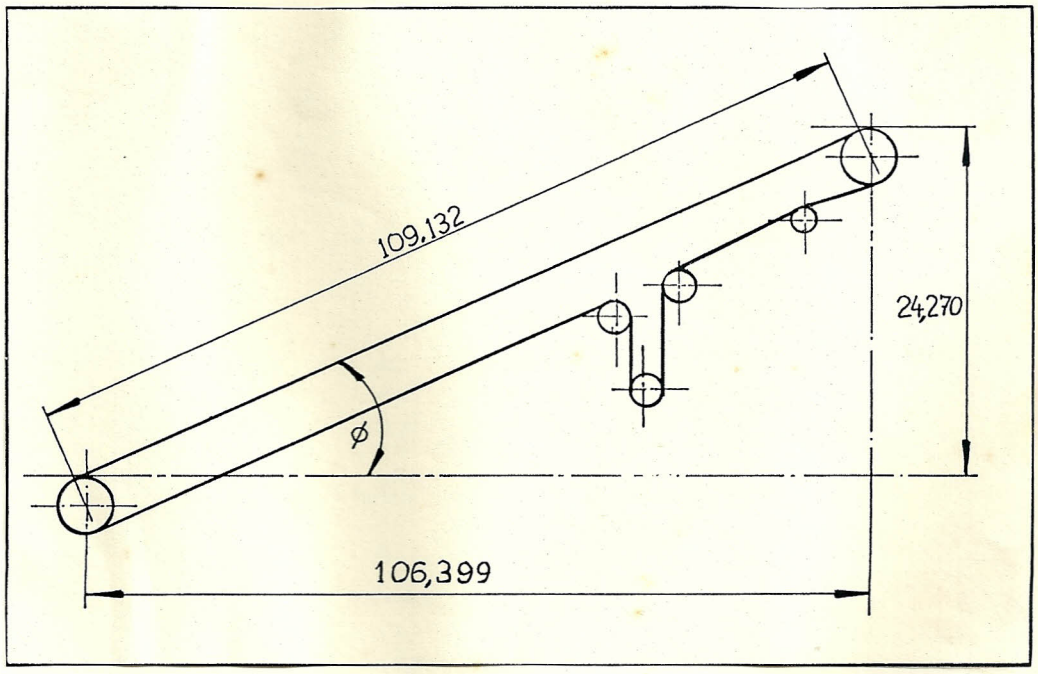


FIGURA III-1

DISPOSICION FINAL DEL TRANSPORTE REDISEÑADO

De donde por trigonometría

Ø = arctan (24,270/106,399)

entonces.

$\emptyset = 12,85\ °$

Este Ángulo de inclinación corrobora nuestra apreciación efectuada en el capítulo 2 de este informe y podemos entonces ratificar el parámetro de capacidad Qt estimado entonces.

Qt = 678,37 ton/hora.

Los demas parámetros dimensionales provenientes de la nueva disposición del transporte y que pueden influir en el ajuste o cambio de los componentes se calculan en el numeral 3.2 de este capítulo.

3.2 CALCULO Y SELECCION DE LOS DIFERENTES COMPONENTES

Procedí de inmediato a verificar la potencia requerida por el nuevo sistema.

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA

- POTENCIA REQUERIDA SIN CARGA

$$N1 = \frac{C \ f \ L}{102} * Gm * V$$

Por similar procedimiento al indicado en el capítulo II numeral 2.1, obtengo:

C = 1.75

f = 0.03

L = 109.132

Gm = 55

V = 1.55 m/seg

Entonces:

N1 = 4.79 Kw

- POTENCIA DEBIDO A LA CARGA

$$N2 = \frac{C\ f\ L}{367.1} * Qt$$

$$N2 = \frac{1.75 * 0.03 * 109.13}{367.1} * 678.37 \frac{Ton.}{Hora}$$

N2 = 10.59 Kw

- POTENCIA DEBIDA A LA DIFERENCIA DE ALTURA

$$N3 = \frac{Qt * H}{367.1} \text{ (Kw)}$$

$$N3 = \frac{678.37 * 24.27}{367.1} \text{ (Kw)}$$

$$N3 = 44.85 \text{ Kw}$$

- POTENCIA TOTAL REQUERIDA

$$NA = N1 + N2 + N3$$

$$NA = (4.79 + 10.59 + 44.85) \text{ Kw}$$

$$NA = 60.23 \text{ Kw}$$

Puesto que se usará el sistema de transmisión tengo:

$$Nm = \frac{NA}{n} = \frac{60.23}{0.85}$$

El motor debe poder entregar:

$$Nm = 70.86 \text{ Kw}$$

Tenemos instalados (100 HP) 74.57 Kw.

De este análisis podemos decidir que el motor actualmente instalado de 74,57 Kw es suficiente para los requerimientos del sistema.

Analicé a continuación las nuevas condiciones de tensión en la banda transportadora.

FUERZA CIRCUNFERENCIAL P

$$P = 102 \frac{NA}{V}$$

Entonces:

$$P = 102 * \frac{60.23}{1.55} \text{ Kgs.}$$

$$P = 3963.52 \text{ Kgs.}$$

TENSION MAXIMA T1

$$T1 = P * E$$

Las condiciones del arreglo de el tambor motriz permanecen, entonces:

$$E = 1.30$$

Entonces:

$$T1 = 3963.52 (1.30)$$

$$T1 = 5152.58 \text{ Kgs.}$$

Conociendo la tensión máxima de la banda determinada por el cálculo anterior, procedí a la selección de este elemento puesto que como dije con anterioridad ya ameritaba su cambio debido al estado de deterioro en que se encontraba. Aplicando la relación:(2)

$$K = \frac{0.01\ T1\ S}{B}\ (Kg/cm)$$

Donde:

K = Tensión en la cinta, Kg/cm de ancho

T1 = Tensión máxima

S = Factor de seguridad (usualmente 10 a 11)

B = Ancho de la banda en m.

Sustituyendo valores:

K = 563.5 Kg/cm

De donde deducimos que la cinta transportadora deberá tener una capacidad de 563.5 Kg por centimetro de ancho de banda. En este punto me remito a la tabla III-1, en la cual para este caso escojo una banda tipo AMMERAAL ACONYL 3 EP200 que resiste 600 Kg/cm:

TIPO ACONYL	LADO SUP.	LADO INF.	ESFUERZO TENSIL kg/cm	MAXIMA PRODUCC. NORMAL. ANCHO EN EN mm
2EP100	2 mm	1 mm	200	1500
2EP125	2 mm	2 mm	250	1500
2EP125	3 mm	1 mm	250	1500
3EP100	3 mm	1 mm	300	1500
3EP160	3 mm	1 mm	480	1500
3EP160	4 mm	2 mm	480	1500
3EP200	4 mm	2 mm	600	1500

TABLA III-1

DATOS TECNICOS GENERALES DE CORREAS

O directamente de la tensión máxima:

$$K' = \frac{5152{,}58 \text{ Kg} * 9.807 \text{ N/Kg}}{914.4 \text{ mm}}$$

$K' = 55{,}26$ N/mmm

Y de la tabla III-2 obtengo:

Para una banda ACONYL 630/3 que da una tensión máxima admisible de 60 N/mm y que cumple con la especificación 3 EP 200.

Tipo de banda	Tejido			Recubrimiento superior				Recubrim. inferior			Datos de la banda				Ancho de banda y perfil en mm	Ancho de producción maxi. aprox. en mm	ϕ min. del tambor mm (1)		Apoyo (2)				Propiedades			
	Poliester/nilon	Algodón	Número de telas	Sin recubrim.	Friccionado	Espesor recubr. aprox. en mm	Perfilado	Sin recubrim.	Friccionado	Espesor recubr. aprox. en mm	Espesor en mm (tolerancia+/-0.5)	Peso aprox. kg/m2	Tensión de banda máx. admisible N/mm	Color			Tambores de curvado	Tambores de contracurvado	Rodillos/liso	Rodillos/en artesa	Cama apoyo/liso	Cama apoyo/en artesa	Ancho de estación de la artesa max. aconsejada en mm	Temperatura de banda min. en °C	Temperatura de banda max. en °C	Resistencia contra aceites y grasas	Antiestático segun DIN 22104, ISO R284
Aconyl 200/2-1.5/00	●		2			1.5		●			4.0	5.5	20	**negro**		1500	110	160			●	●	800	-35	+85		●
Aconyl 200/2-2/1	●		2			2.0				1.0	5.0	6.5	20	**negro**		1500	110	215	●	●			650	-35	+85		
Aconyl 250/2-3/1.5	●		2			3.0				1.5	6.7	8.7	25	**negro**		1500	215	400	●	●			800	-35	+85		
Aconyl 315/3-0.5/00	●		3			0.5		●			3.5	4.8	30	negro		1500	160	215	o	o	●	●	800	-35	+85		
Aconyl 315/3-1.5/00	●		3			1.5		●			4.6	6.0	30	**negro**		1500	160	265	o	o	●	●	800	-35	+85		●
Aconyl 315/3-3/1.5	●		3			3.0				1.5	7.6	9.5	30	**negro**		1500	215	400	●	●			1200	-35	+85		
Aconyl 315/3-4/2	●		3			4.0				2.0	9.1	11.3	30	**negro**		1500	215	400	●	●			1200	-35	+85		●
Aconyl 500/3-4/2	●		3			4.0				2.0	10.0	11.7	48	negro		1500	315	500	●	●			1500	-35	+85		
Aconyl 500/4-0.5/00	●		4			0.5		●			4.4	6.3	48	negro		1500	160	215	o	o	●	●	1200	-35	+85		
Aconyl 630/3-4/2	●		3			4.0				2.0	10.5	11.9	60	negro		1500	315	500	●	●			1500	-35	+85		
ATN 200/2-2/1	●		2			2.0				1.0	4.3	5.4	20	**negro**		1500	80	110	●	●			500	-35	+85		●
Supergrip 180/3-3/00		●	3			3.0	●	●			7.9	7.3	18	**amaril.**		1320	110	215			●		-	-35	+85		
Supergrip 200/2-3/00	●		2			3.0	●	●			6.0	5.5	20	**negro**		1500	110	215	o		●		-	-35	+85		
Supergrip 200/2-3/1	●		2			3.0	●			1.0	7.0	6.6	20	**negro**		1500	110	215	●				-	-35	+85		
Supergrip 315/3-3/00	●		3			3.0	●	●			7.5	7.6	30	negro		1500	160	315	o		●		-	-35	+85		
Wave 200/2-3/1	●		2			3.0	●			1.0	7.1	6.7	20	negro		700	160	215	●	●			800	-35	+85		●
Chevron-13 200/2-3/1	●		2			3.0	●			1.0	6.5	9.9	20	**negro**	500-440/600+650-550/800-660	800	160	315	●	●			800	-35	+85		●
V-18 200/2-3/1	●		2			3.0	●			1.0	6.5	10.3	20	**negro**	400-380/500-380	500	215	315	●	●			800	-35	+85		●
High Scoop 200/2-3/1	●		2			3.0	●			1.0	6.5	12.1	20	**negro**	500+600-490/600+650-590/800-730	800	215	400	●	●			800	-35	+85		●
Buconyl 315/3-4/2	●		3			4.0				2.0	9.5	11.6	30	negro		1500	215	400	●	●			1200	-45	+120		
Buconyl 500/3-4/2	●		3			4.0				2.0	10.4	12.0	48	negro		1500	315	500	●	●			1500	-45	+120		●
Geconyl 315/3-3/1	●		3			3.0				1.0	7.5	9.4	30	negro		1500	215	400	●	●			1200	-15	+90		
HSD 160/3-00/0		●	3	●					●		4.8	4.8	16	-		1320	110	160	●	●	o	o	800	-35	+100	●	
Elephant 375/3-1/1	●		3			1.0				1.0	5.1	6.7	* 25	**amaril.**		1500	215	215	●	●	o		-	-15	+90		
EB 480/3-1/1	●		3			1.0				1.0	5.4	6.2	* 36	**negro**		1500	215	215	●		o		-	-15	+90	●	
EB 640/4-1/1	●		4			1.0				1.0	6.7	7.5	* 48	**negro**		1500	260	260	●		o		-	-15	+90	●	●
RCG 100/2-0/0		●	2		●				●		2.4	3.6	10	amaril.		1300	63[5]	63[5]	●	●	o	o	-	-35	+85		
RCG 150/3-0/0		●	3		●				●		3.6	4.0	15	amaril.		1300	89	89	●	●	o	o	-	-35	+85		
RCG 200/4-0/0		●	4		●				●		4.8	5.3	20	amaril.		1300	110	110	●	●	o	o	-	-35	+85		
RCG 250/5-0/0		●	5		●				●		6.0	6.6	25	amaril.		1300	160	160	●	●	o	o	-	-35	+85		
RCG 300/6-0/0		●	6		●				●		7.2	7.9	30	amaril.		1300	215	215	●	●	o	o	-	-35	+85		

Tipos de la gama A son imprimidos gruesos

* para aplicación como banda elevadora

Observaciones:

1) Válidos para 75% de la tension admisible y en empalme vulcanizada en caliente

2) ● es posible
o es posible eventuelmente, solicítese consejo

Salvo modificaciones.
Esta edición anula todas las anteriores y los datos en ellas mencionados.
© Enero 1987, Ammersal

TABLA III-2

Para materiales abrasivos como la caliza de nuestro caso los fabricantes (3) recomiendan para materiales con granulometría de hasta 76 mm, una cubierta superior de 3 a 5 mm; en nuestro caso entonces:

ACONYL 630/3-4/2

Cumple los requisitos solicitados.

En este punto consideré importante el determinar el nuevo valor del peso del tensionador de gravedad, para lo cual procedí a determinar la tensión en la *banda a la salida del tambor motriz*.

TENSION A LA SALIDA DEL TAMBOR MOTRIZ (T2)

$$T2 = \frac{P}{e^{\mu\alpha} - 1}$$

Puesto que los materiales y condiciones del diseño original permanecen en el tambor motriz entonces:

$e^{\mu\alpha} = 4.33$, como indico en el capítulo II numeral 2.1, de donde:

T2 = 1190,25 Kgs

Entonces el peso del tensionador de gravedad (Gs), de la ecuación:

Gs = 2 T2

Tengo:

Gs = 2380.5 Kgs.

Con el nuevo valor calculado de 2380. Kgs para el tensionador de gravedad procedí a preparar una adicion de chatarra en el peso muerto instalado de 178 Kgs, para estar de acuerdo con los requerimientos del nuevo diseño.

Se procedió además a revisar la tensión de la banda en el sector del tambor de cola como sigue:

$T3 = P2 + T2$

Además:

$P2 = \mu a\ M + \mu R\ L\ GB$

Donde por las condiciones explicadas en el capítulo 2 numeral 2.1.

$\mu a = 0.2$ Kgs.

$M = 39$

$\mu R = 0.03$

De la figura III-1:

$L = 109.132$ m

* Como voy a instalar banda tipo ACONY 630/3-4/2 de AMMERAAL, tengo de la tabla III-1:

$GB = 11.9\ Kg/m^2 * 0.9144\ m = 10.88\ Kg/m$

Entonces sustituyendo valores:

P2 = 43.43 Kgs.

Conozco T2 = 1190.25,

entonces:

T3 = 1233.68 Kgs.

Debo mencionar que asumí la no necesidad de recalcular los tambores ni sus rodamientos puesto que por su historia de revisiones y reparaciones no había méritos para pensar que las nuevas tensiones podrían afectar su selección ya que estaban probadas sus bondades en las condiciones de haber operado con un tensionador de gravedad excesivo el cual afectaba directamente en la determinación de la tensión en el tambor de cola, del recodo del tensionador, en el tensionador mismo y sobre el tambor motriz al incrementar innecesariamente sus valores en mas de 450 kgs. en cada uno de estos elementos.

Se verificó la carga sobre los rodillos de carga como a continuación detallo.

Si consideramos que la banda transporta Qt = 678.370 kgs/hora y que lo ejecuta a una velocidad V = 1.55 m/s y contamos con que el alimentar un transporte de estas características a una razón constante es muy dificil que ocurra en la práctica y si asumo un

factor de irregularidad en la alimentación de un 15% puedo decir entonces que la carga de material por metro de transporte Gf es:

$$Gf = \frac{678.37 * 10^3 \text{ Kg/hr} * 1.15}{1.55 \text{ m/seg} * 3600 \text{ seg/hr}}$$

Gf = 139.81 Kg/mt 134.73

Del capítulo 2:

Peso de banda GB = 10.88 Kg/m

La carga total por metro de transportador sobre los rodillos superiores o de carga (GT) es:

GT = Gf + GB

GT = 139.81 + 10.88

GT = 150.69 Kg/m

Si consideramos un espaciamiento idéntico al de la banda diseñada por WILLES & PAUL de 1.2 m y rodillos de Ø 127 mm (5") entonces tengo que la carga por cada estación de rodillos será GR.

GR = GT * l

l = Espacio entre rodillos

de donde:

GR = 150.69 Kg/m * 1.2 m

GR = 180.82 Kg

El valor GR calculado está muy por debajo del valor máximo permitido para la estación de rodillos de Ø 127 mm indicado en la tabla III-3.

TAMAÑO	ANCHO DE LA CORREA EN mm							
DE ESTAC	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600
102	500	442	370	325	272	237		
127			555	486	410	356	312	
168				690	579	503	442	376

TABLA III-3 (4)

MAXIMA CARGA PERMISIBLE EN KG

Como conocemos la vida media de los rodamientos es inversamente proporcional al cubo del valor de la carga sobre el mismo; entonces de la tabla III-4:

DIAMETRO	VELOCIDAD DE CORREA EN M/SEG												
DE ESTAC	1-0	1-25	1-5	1-75	2-0	2-25	2-5	2-75	3-0	3-25	3-5	3-75	4-0
102	455	425	400	380	360	350	335	325	315	305	300	295	285
127	615	570	535	510	490	470	455	440	425	415	405	395	385
168	930	885	820	770	740	710	685	665	645	630	615	600	585

TABLA III-4 (4)

MAXIMA CARGA PERMISIBLE EN KG PARA ESTACION DE RODILLOS PARA 25000 HORAS DE SERVICIO

El máximo valor de carga admisible para una estación de rodillos de Ø 127 mm para una vida esperada de 25000 horas de servicio en una banda transportadora que funciona a 1.5 m/seg es de 535 Kg, entonces; en base al razonamiento anterior, la vida esperada VE de nuestras estaciones será:

$$VE = 25000 \left(\frac{530}{180.82} \right)^3$$

VE = 629547.09 horas

Lo cual nos indica un margen extremadamente seguro al respecto; los rodillos de retorno se disponen a 3 metros de distancia el uno del otro y no se cree necesario calcularlos.

Se hizo un análisis de la estructura, utilizando un programa de ordenador, el mismo que corre en unidades inglesas y cuyos detalles se encuentran en el apéndice y sus resultados no ameritan preocupación en cuanto a la resistencia estructural.

CAPITULO 4

CONSTRUCCION Y MONTAJE

Con la fase de ingeniería y administración interna terminadas se procedió a la ejecución de la fase de construcción de los elementos necesarios.

4.1 PLANIFICACION DE LA CONSTRUCCION DE LOS ELEMENTOS

En este punto debo resaltar el hecho de que se procedió en base a la experiencia para evaluar los tiempos necesarios en la ejecución de cada uno de los diferentes componentes requeridos, así como también se estimo la cantidad de personal necesario a ser asignado en las diferentes tareas, conformando dos grupos de trabajo al mando de un supervisor, los detalles de esta planificación se encuentran en el cronograma de trabajos indicado en la tabla IV-1.

En esta tabla podemos notar que el trabajo de construcción de los elementos se planificó para ser ejecutado en once semanas de cuarenta horas laborables cada una, pudiendo variar esto en base a la asignación de horas extras no contempladas en este análisis.

SEMANAS / ACTIVIDAD	1-8	9-16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	OBSERVACIONES
FASE A:														1. EQUIPO DE TRABAJO CONFORMADO POR:
- INGENIERIA, PLANOS TOPOGRAFIA, DETALLES	A													- 3 SOLDADORES
														- 1 MECANICO MONTADOR
- PRESUPUESTOS, ORDEN DE SERVICIO		A												- 4 AYUDANTES
- CONTRATACION, ORDENES DE COMPRA		A												2. EQUIPO DE TRABAJO CONFORMADO POR:
FASE B:														
														- 2 SOLDADORES
- FABRICACION CERCHA CENTRAL RECTA					1									- 1 MECANICO MONTADOR
														- 3 AYUDANTES
- FABRICACION DE CERCHAS DE LOS EXTREMOS					2									A.- DIRECCION DEL PROYECTO
- FABRICACION DE COMPENSADORES DE ALTURA							2							- 1 INGENIERO
														- 2 DIBUJANTES TECNICOS++
- FABRICACION DE PASARELA SERVICIO									2					- 1 SUPERVISOR*
- PRUEBAS DE ENSAMBLE CERCHAS, CORRECCIONES								1						NOTA: EN LAS FASES A Y B SE TRABAJA EN HORARIO NORMAL DE 8 HORAS/DIA (40 HORAS/SEMANA)
- PERFORAC. PARA SOSTENER RODILLOS, PREPARAR PLACAS VARIAS Y SOLDAR SOPORTES DE PASARELA										1				
- CONSTRUIR CAJA DE ALIMENTACION Y CEPILLO LATERALES											2			
- PREPARAR ELEMENTOS DE NUEVA CUBIERTA												1	27	++ SOLO EN PLANOS E INGENIERIA
- PINTURA Y VARIOS													1	* SOLO EN FASE B
													2	

TABLA IV-1.- CRONOGRAMA DE TRABAJO (ALTERNATIVA: REDISEÑO; FASE A Y B)

4.2 PLANIFICACION DEL MONTAJE

La planificación de este trabajo en particular y de cualquier otro tipo de trabajo de características similares, se realiza de tal manera en que se pueda aprovechar la oportunidad de ocasiones particularmente propicias a la producción, como son en nuestro caso las paradas de horno que necesariamente se tienen que dar con el objeto de ejecutar trabajos de cambio de refractarios, lamentablemente estos hechos no se pueden predecir, sin embargo una planificación que aproveche tales circunstancias no debe exceder de los siete días como base de ejecución, el trabajo que nos ocupa en este informe fue planeado para ser ejecutado en una parada de horno a fin de minimizar los efectos de perdida de transporte de materia prima a los centros de molienda del crudo y se detalla en el cronograma indicado en la tabla IV-2.

En esta tabla se aprecia que se planifica trabajo corrido en turnos rotatorios de 8 horas cada uno, se conforman tres equipos de trabajos bajo la vigilancia de dos supervisores permanentes y que además se destina un ingeniero como responsable de la coordinación, también se considera la utilización de una grúa equipo de apoyo que resulta indispensable en la labor de la ejecución del montaje en el tiempo requerido.

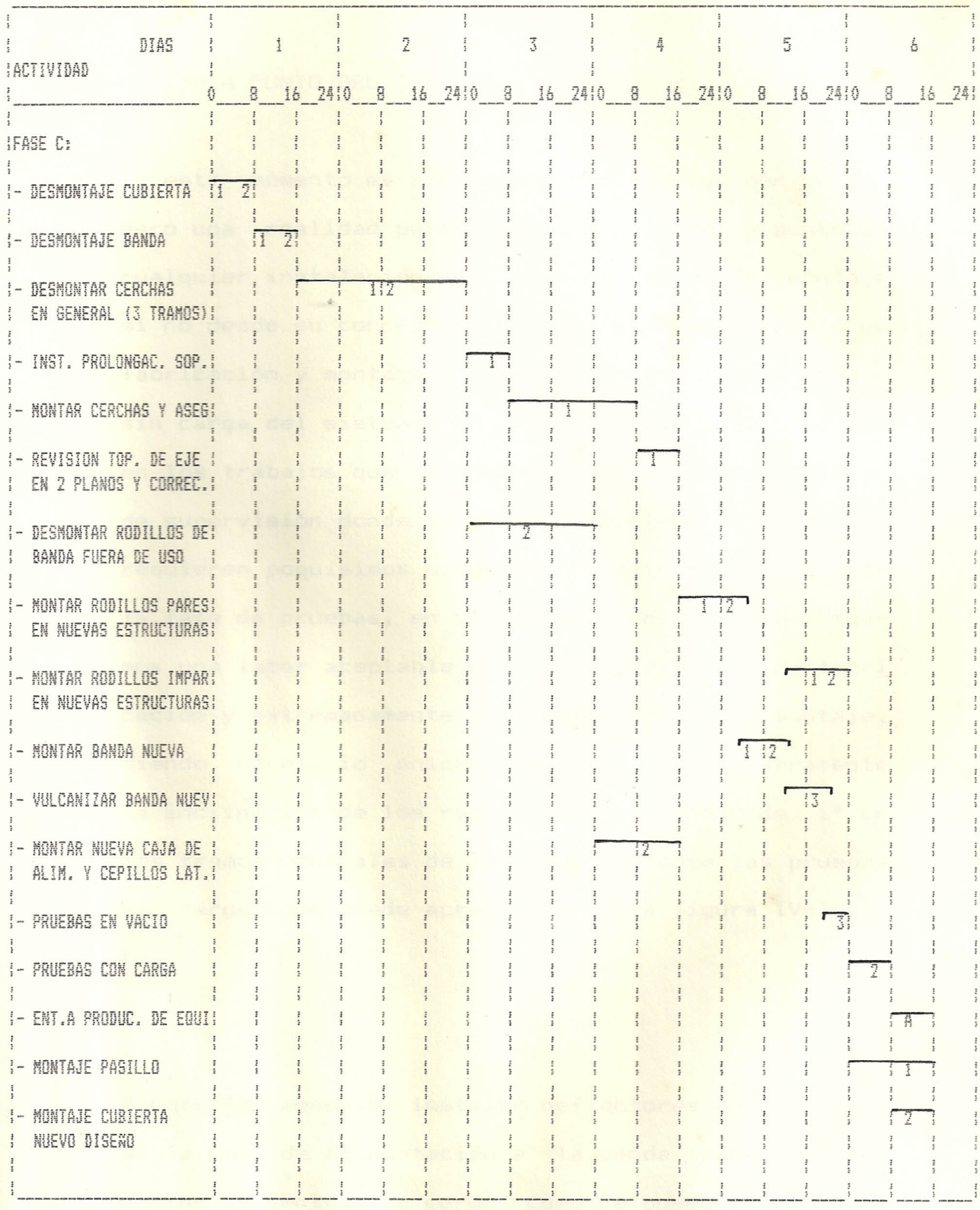


TABLA IV-2.- CRONOGRAMA DE TRABAJO (ALTERNATIVA: REDISEÑO; FASE C)

OBSERVACIONES:

NOTA: EN ESTA FASE SE TRABAJA HORARIO CORRIDO TRES TURNOS

A: INGENIERO DIRECTOR DEL MONTAJE

1: EQUIPO DE TRABAJO EN CADA TURNO
- 1 SUPERVISOR
- 2 SOLDADORES
- 3 MECANICOS DE MONTAJE
- 5 AYUDANTES

2: EQUIPO DE TRABAJO EN CADA TURNO
- 1 SUPERVISOR
- 1 SOLDADOR
- 4 MECANICOS DE MONTAJE
- 5 AYUDANTES
- GRUA DE 35 TON DISPONIBLE

3: EQUIPO DE TRABAJO CONSTITUIDO POR:
- 2 VULCANIZADORES

TRABAJAN 8 HORAS NORMALES Y 4 HORAS DE SOBRETIEMPO AL 50% DE RECARGO

4.3 PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA

En este momento me gustaría expresar algo que considero una realidad permanente, la puesta a punto de cualquier instalación no comienza después del montaje si no desde su concepción misma, continua durante su fabricación y montaje y culmina con las pruebas con y sin carga del sistema, es una permanente realidad que en los trabajos que se ejecutan con una buena calidad de supervisión donde se le da importancia al detalle requieren poquísimos esfuerzos de afinamiento durante la fase de pruebas, en el caso que nos ocupa efectuamos una labor aceptable durante los procesos de fabricación y extremadamente cuidadosa durante el montaje, siendo necesario únicamente el corregir ligeramente la inclinación de los rodillos en alrededor de 1° en los tramos centrales de la banda, durante las pruebas sin carga como puede apreciarse en la figura IV-1 a y b.

Además fue menester instalar deflectores en la salida de la caja de alimentación a la banda transportadora a fin de centrar la carga como se puede apreciar en la figura IV-2

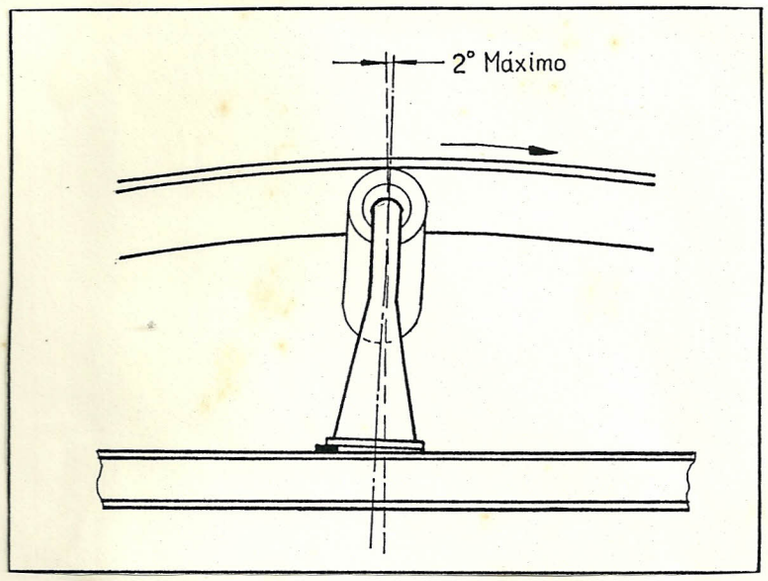


FIGURA IV-1 (a)

INCLINACION DE ESTACION DE RODILLOS VISTA LATERAL

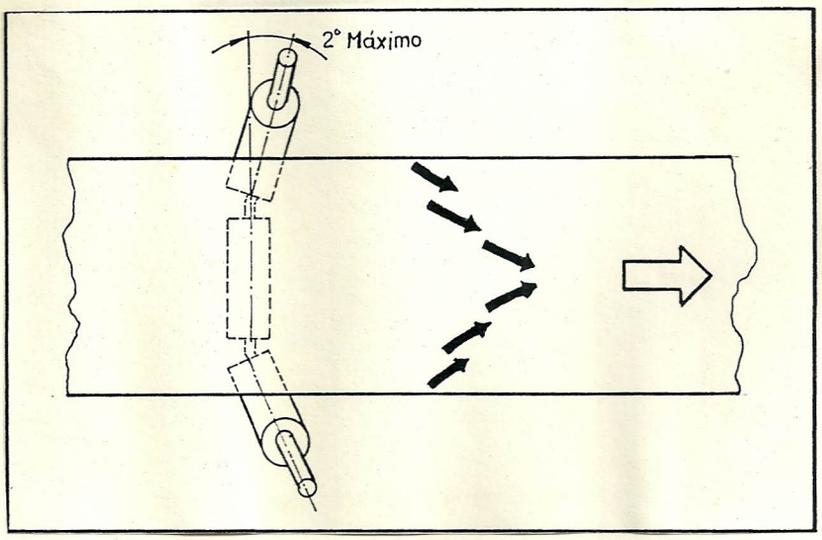
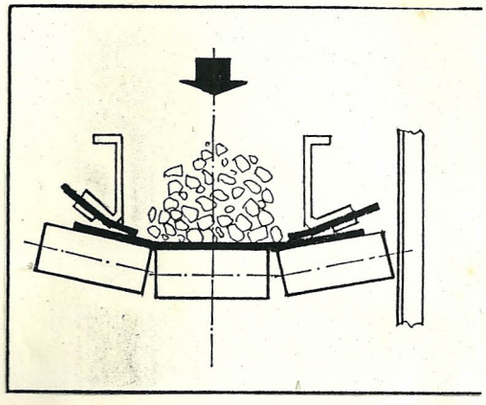
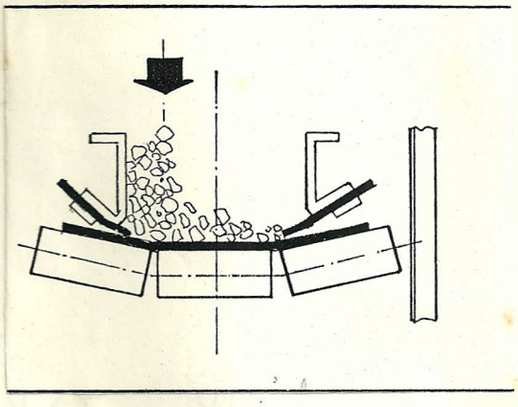


FIGURA IV-1 (b)

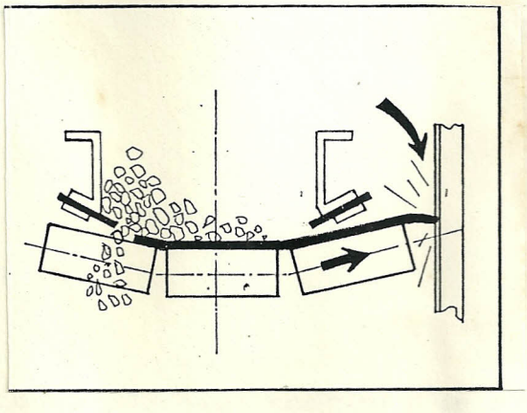
EFECTO DE CENTRADO DE BANDA POR INCLINACION DE ESTACION DE RODILLO



CORRECTA



INCORRECTA



CAUSAS DE ALIMENTACION INCORRECTA

FIGURA IV-2

ALIMENTACION DE BANDA TRANSPORTADORA

Las correcciones de las desviaciones de la cinta transportadora en el lado de retorno se corrigieron mediante la rotación ligera de los rodillos segun los requerimientos de la banda no excediendo esta rotación en ningun caso mas de dos grados respecto del eje central del transportador como se puede apreciar en la figura IV-3.

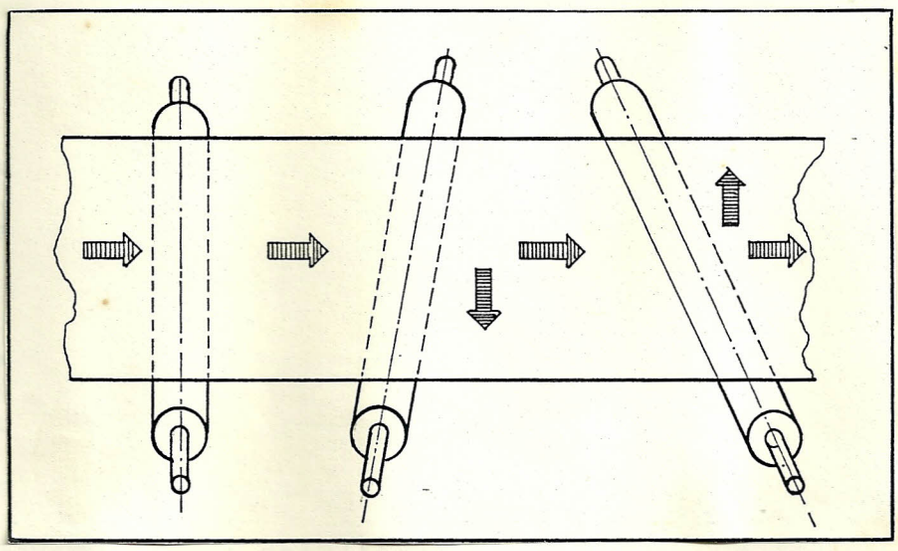


FIGURA IV-3

MOVIMIENTO DE RODILLOS DEL RETORNO

Las pruebas con producción contínua se ejecutaron sin que existan desvios de la banda transportadora quedando únicamente el controlar el estiramiento normal que toda banda nueva sufre al comenzar su servicio.

CAPITULO 5

ANALISIS ECONOMICO

Al efectuar el análisis económico, me permití el desarrollar la planificación de la alternativa mantenimiento a fín de establecer una comparación con la alternativa de rediseño que se presentó en el capítulo 4, los detalles de esa planificación se encuentran indicados en la tabla V-1 para las fases de ingeniería y construcción y en la tabla V-2 para la fase de montaje y puesta a punto.

Basándome en estos datos y en los detallados en el capítulo anterior procedí a elaborar el análisis económico para cada una de las alternativas siendo para la de mantenimiento detallada en la tabla V-3 y para la de rediseño la que esta comprendida en la tabla V-4

Aunque la alternativa de rediseño es economicamente mas costosa la poca diferencia relativa que existe en tal sentido, comparada contra las ventajas de seguridad, ejecutabilidad, mantenibilidad y posibilidad de mejorar la capacidad instalada que nos brinda, me hizo considerarla como la mas conveniente a nuestros intereses.

SEMANAS / ACTIVIDAD	1-8	9-16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	OBSERVACIONES
FASE A:															1. EQUIPO DE TRABAJO:
- INGENIERIA, PLANOS TOPOGRAFIA, DETALLES	A														CONFORMADO POR:
- PRESUPUESTOS, ORDEN DE SERVICIO		A													- 3 SOLDADORES
- CONTRATACION, ORDENES DE COMPRA MATERIALES		A													- 1 MECANICO MONTADO
															- 4 AYUDANTES
FASE B:															2. EQUIPO DE TRABAJO:
															CONFORMADO POR:
- FABRICACION CERCHA CENTRAL CURVA					1										- 2 SOLDADORES
- FABRICACION DE PROLONGACION EXTREMOS				2											- 1 MECANICO MONTADO
- FABRICACION CALCES MODIFICACION SOPORTES						2									- 3 AYUDANTES
- FABRICACION DE TRAMOS PLATAFORMA SERVICIO									2						A.- DIRECCION DEL PROYECTO
- PRUEBAS DE ENSAMBLE CERCHAS, CORRECCIONES									1						- 1 INGENIERO
- PREPARACION ELEMENTOS PARA NUEVA CUBIERTA												2			- 2 DIBUJANTES TECNICOS
- PERFORACIONES PARA SUJETAR RODILLOS, PREPARAR PLACAS VARIAS, SOLDAR SOPORTES DE PASARELA												1			- 1 SUPERVISOR*
- PINTURA Y VARIOS														1 2	NOTA: EN LAS FASES A SE TRABAJA EN HORARIO NORMAL DE 8 HORAS/DIA (40 HORAS/SEMANA)
															++ SOLO EN PLANOS E
															* SOLO EN FASE B

TABLA V-1.- CRONOGRAMA DE TRABAJO (SOLUCION: MANTENIMIENTO; FASE A Y B)

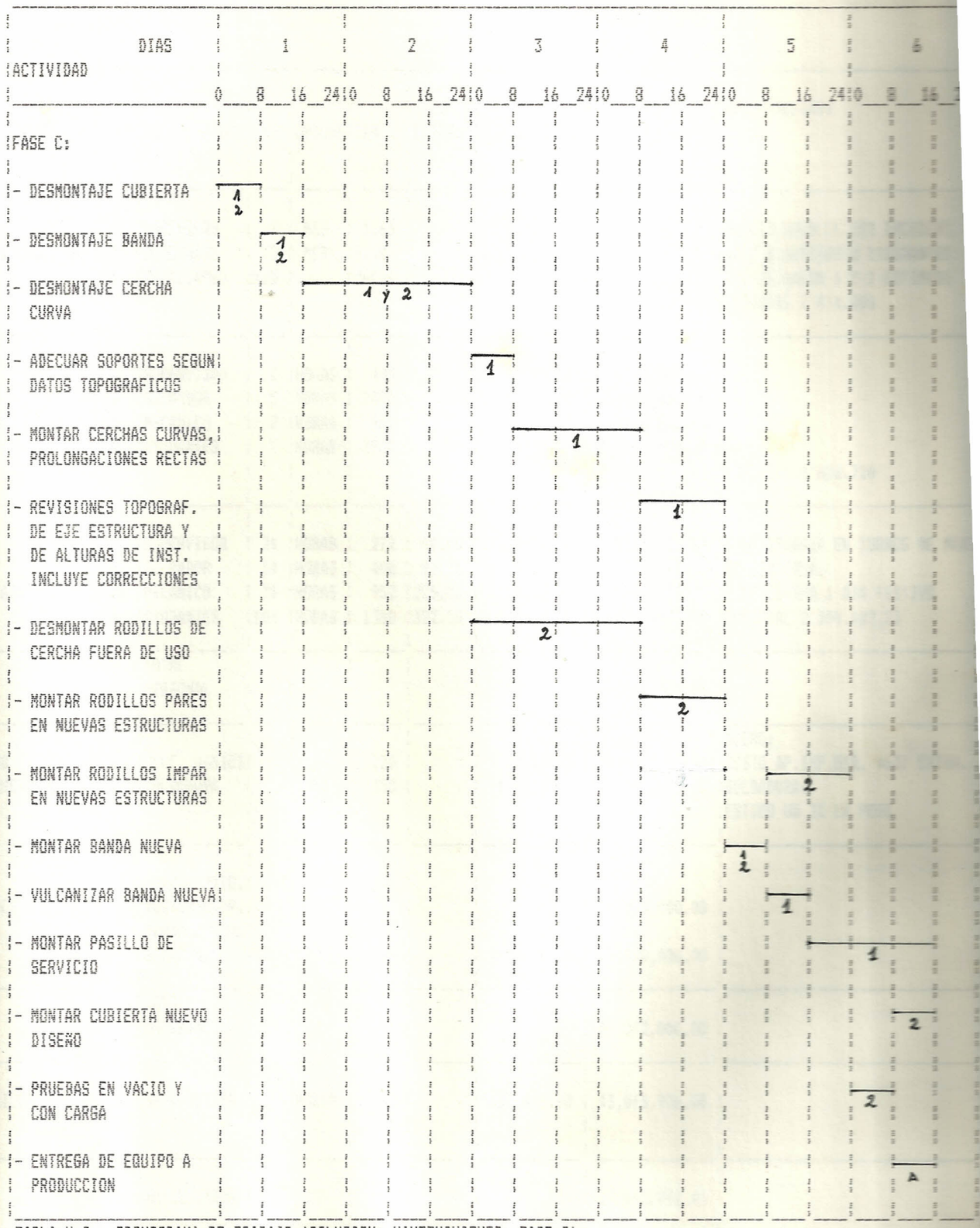


TABLA V-2.- CRONOGRAMA DE TRABAJO (SOLUCION: MANTENIMIENTO; FASE C)

OBSERVACIONES:

NOTA: EN ESTA FASE SE TRABAJA HORARIO CORRIDO TRES TURNOS

A: INGENIERO DIRECTOR DEL MONTAJE

1: EQUIPO DE TRABAJO EN CADA TURNO
- 1 SUPERVISOR
- 2 SOLDADORES
- 3 MECANICOS DE MONTAJE
- 5 AYUDANTES

2: EQUIPO DE TRABAJO EN CADA TURNO
- 1 SUPERVISOR
- 1 SOLDADOR
- 4 MECANICOS DE MONTAJE
- 5 AYUDANTES
- GRUA DISPONIBLE EN PERIODOS REQUERIDOS
  CAPACIDAD MIN: 35 TON.
  CAPACIDAD MAX: 50 TON

RUBRO	ITEM	DESCRIPCION	Nº	UNIDAD	CANT.	EXTRAS	COSTO/UNIT.	TOTAL	OBSERVACIONES
ADMINISTRACION	1	INGENIERO	1	MES	1.66		$700,000.00	$1,162,000.00	ESTIMO SOLO EL 35% INCIDENC.
	2	DIBUJANTE	2	MES	4.00		$225,000.00	$900,000.00	SOLO 8 SEMANAS 2 DIBUJANTES
	3	AUXILIARES	N/D		VARIA			$412,000.00	20% DE VALOR 1 Y 2 ESTIMADO
									SUBTOTAL 2'474.000
FABRICACION	1	SUPERVISOR	1	HORAS	480		$925.00	$444,000.00	
	2	SOLDADOR	5	HORAS	2400		$756.00	$1,814,400.00	
	3	MECANICO	2	HORAS	960		$605.00	$580,800.00	
	4	AYUDANTES	7	HORAS	3360		$532.00	$1,787,520.00	
									SUBTOTAL 4'626.720
MONTAJE	1	SUPERVISOR	2%	HORAS	272	64.50	$925.00	$311,262.50	% SE TRABAJA EN TURNOS DE MANE
	2	SOLDADOR	3%	HORAS	408	96.75	$756.00	$381,591.00	RA CONTINUA.
	3	MECANICO	7%	HORAS	952	225.75	$605.00	$712,538.75	- SE ESTIMA 1 DIA FESTIVO
	4	AYUDANTES	10%	HORAS	1360	322.50	$532.00	$895,090.00	SUBTOTAL 2'300.482,25
		TOTAL PERSONAL						$9,401,202.25	
ACERO ESTRUCTURAL	1	PERF. VARIOS		KG	11220		$505.00	$5,656,000.00	ACERO: COSTO AP.IMP.DIR. $631 C/TON.
	2	SOLDADURA		KG	350		$1,760.00	$616,000.00	SOLDADURA: ESTIMO UN 3% EN PESO
VARIOS		PERNOS-OXIG. ACET.PINTUR. BANDA ACONYL 630/3-4/2		METROS	235		$42,000.00	$800,000.00 $9,870,000.00	
		TOTAL MATERIAL						$7,072,000.00	
ALQUILER	1	GRUA 35 TON	1	HORAS	96		$31,416.00	$3,015,936.00	
		TOTAL OTROS						$3,015,936.00	

TOTAL	$29,359,138.25
IMPREVISTOS 10%	$2,935,913.83
ESTIMADO GRAN TOTAL	$32,295,052.08

TABLA V-3.- COSTOS (SOLUCION: MANTENIMIENTO)

RUBRO	ITEM	DESCRIPCION	Nº	UNIDAD	CANT.	EXTRAS	COSTO/UNIT.	TOTAL	OBSERVACIONES
	1	INGENIERO	1	MES	1.66		$700,000.00	$1,162,000.00	ESTIMO SOLO EL 35% INCIDENC.
ADMINISTRACION	2	DIBUJANTE	2	MES	4.00		$225,000.00	$900,000.00	SOLO 8 SEMANAS 2 DIBUJANTES
	3	AUXILIARES	N/D		VARIA			$412,000.00	20% DE VALOR 1 Y 2 ESTIMADO
									SUBTOTAL 2'474.000
	1	SUPERVISOR	1	HORAS	480		$925.00	$407,000.00	
	2	SOLDADOR	5	HORAS	2200		$756.00	$1,663,200.00	
FABRICACION	3	MECANICO	2	HORAS	880		$605.00	$532,400.00	
	4	AYUDANTES	7	HORAS	3080		$532.00	$1,638,560.00	
									SUBTOTAL 4'241.160
	1	SUPERVISOR	2*	HORAS	272	64.50	$925.00	$311,262.50	
	2	SOLDADOR	3*	HORAS	408	96.75	$756.00	$381,591.00	
MONTAJE	3	MECANICO	7*	HORAS	952	225.75	$605.00	$712,538.75	
	4	AYUDANTES	10*	HORAS	1360	322.50	$532.00	$895,090.00	
	5	VULCANIZADOR	2	HORAS	16	12.00	$605.00	$16,940.00	SUBTOTAL 2'317422.25
		TOTAL PERSONAL						$9,032,582.25	
ACERO	1	PERF. VARIOS		KG	18360		$505.00	$9,271,800.00	
ESTRUCTURAL	2	SOLDADURA		KG	550		$1,760.00	$968,000.00	
		PERNOS-OXIG.							
VARIOS		ACET.PINTUR.						$1,300,000.00	
		BANDA ACONYL							
		630/3-4/2		METROS	235		$42,000.00	$9,870,000.00	
		TOTAL MATERIAL						$11,539,800.00	
ALQUILER	1	GRUA 35 TON	1	HORAS	104		$31,416.00	$3,267,264.00	
		TOTAL OTROS						$3,267,264.00	

TOTAL	$33,080,646.25
IMPREVISTOS 10%	$3,370,964.63
ESTIMADO GRAN TOTAL	$37,080,610.88

TABLA V-4.- COSTOS (ALTERNATIVA: REDISEÑO)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Habiendo concluido los trabajos de implementación y ya en plena producción el equipo no presenta ningún problema de operación ni de mantenimiento en mas de un año de trabajo, lo cual me lleva a decir que la auditoría ejecutada, la programación y las decisiones tomadas en el afán de erradicar los problemas surtieron el efecto buscado, debo también indicar que cuando se evaluan distintas alternativas como fue en este caso, no siempre la solución correcta suele ser la mas económica desde el punto de vista de costos de implementación, sino aquella que nos presente sustanciales ventajas adicionales en cuanto a todo el entorno del sistema de trabajo, fundamentalmente en el área de la seguridad, producción y mantenibilidad, obviamente estas ventajas tienen un costo que tiene que pagarse si el mismo es meritorio como es en el caso analizado.

El servicio que requiere el equipo actualmente se reduce a las inspecciones periódicas de mantenimiento preventivo elaborado en base a programación proveniente de nuestra experiencia y a las recomendaciones de los fabricantes de los distintos componentes que lo conforman, se recomienda continuar con estas revisiones para mantener el equipo en el mas alto grado de confiabilidad, y el vigilar la producción para que no exceda los parámetros de diseño actuales.

BIBLIOGRAFIA

1.- Rex, Power Transmission and Conveying Components; R80 Catalog Rexnord INC. Milwaukee, WI 53201, USA.

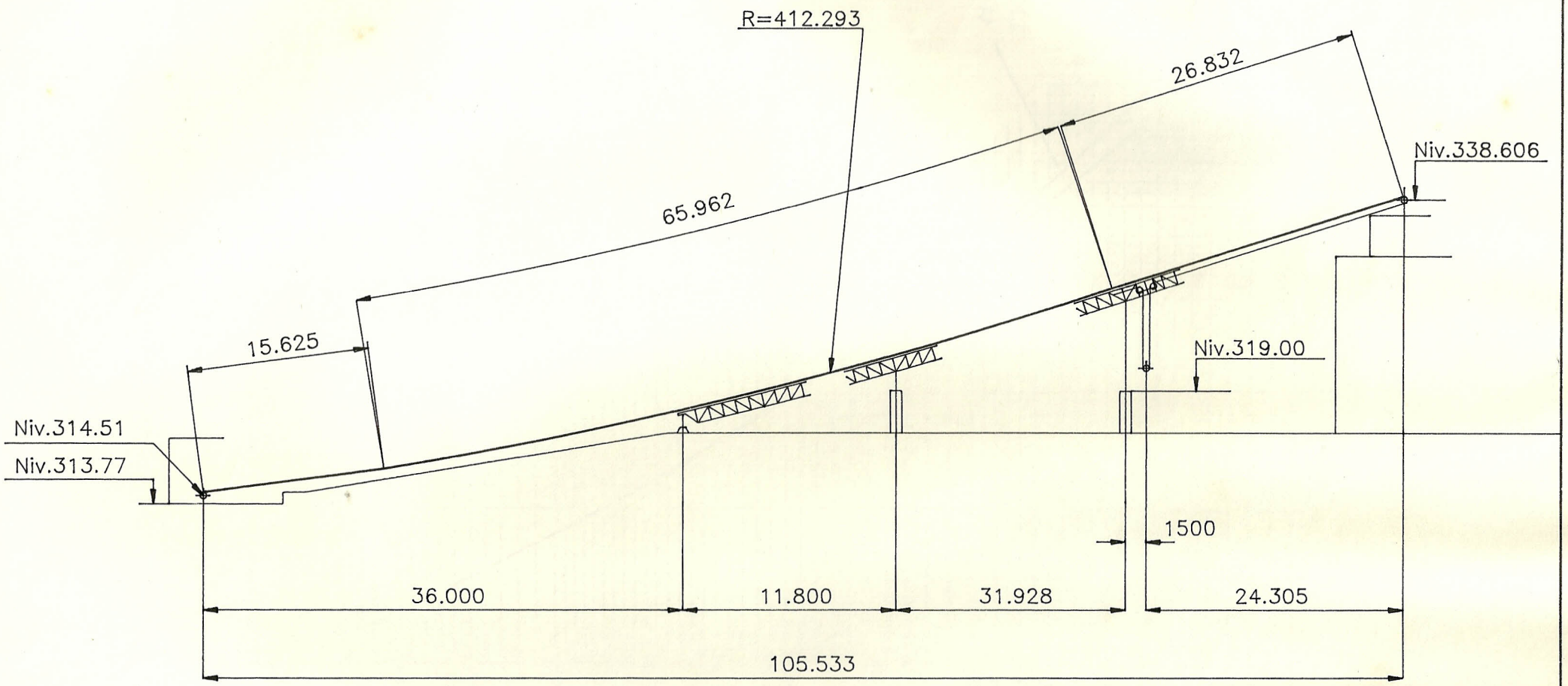
2.- Conveyor Belt Technology, Calculattions and Information for Designers, Ammeraal Publicacion E.201.01.01 Ammeraal International BV, Wormer Veer, Holland, P.O. Box 12, 16 Industrieweg.

3.- Goodyear Conveyor and Elevator Belt Selection Manual; Publicacion XGP-BC-40; The Good Year Tire & Rubber Company, Industrial Products Division; Akrown, Ohio 44316; USA.

4.- Belt Conveyors; Holderbank Management & Consulting Ltd. Process Technology Division, CH-5113 Holderbank AG, Switzerland.

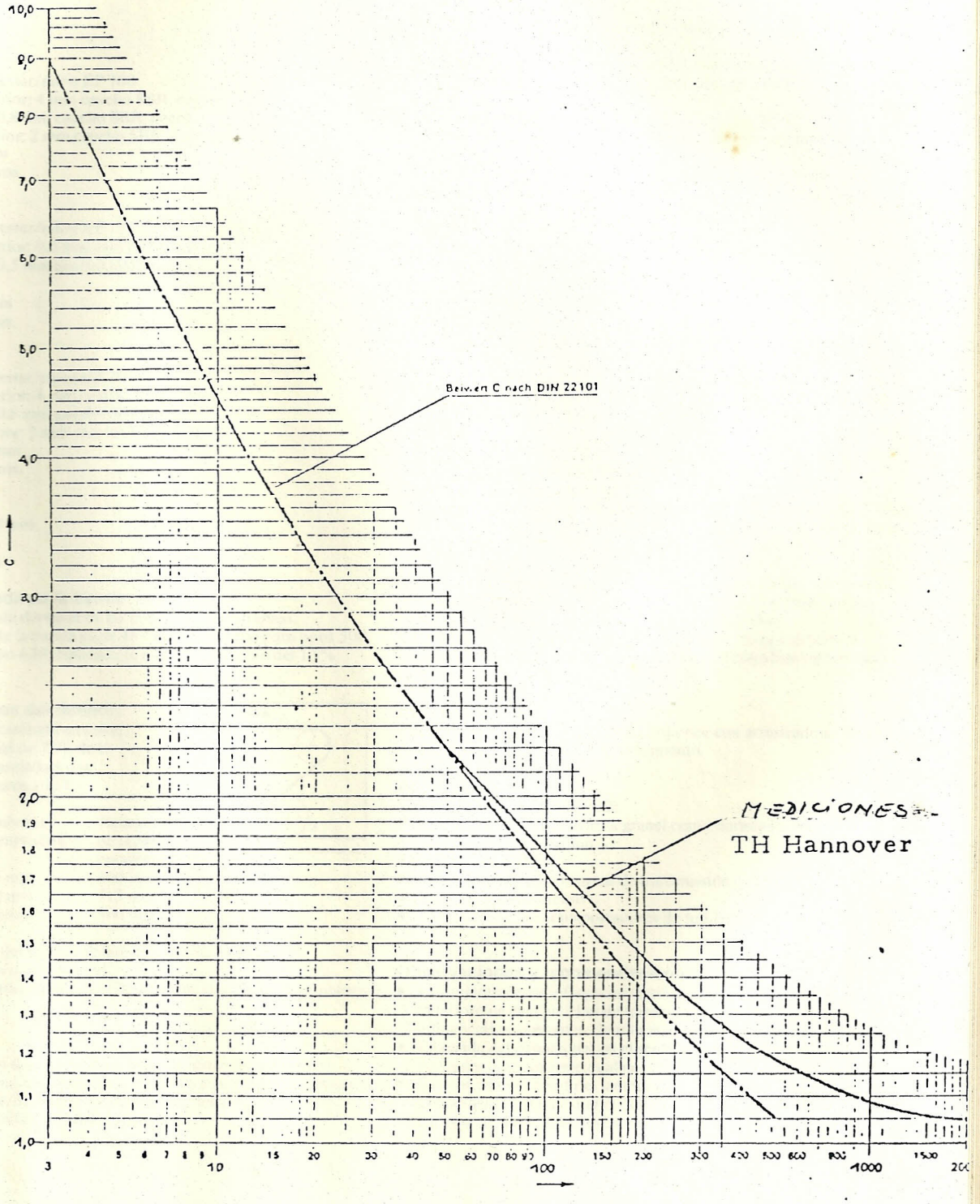
ANEXO 1

APENDICE



ELEV. BANDA DE PIEDRA 058-41-1-BT2

COEFICIENTE C'



Ammeraal®

HOJA DE ESPECIFICACION

BANDAS TRANSPORTADORAS Y DE PROCESO

TIPO ACONYL 500/3-4/2
TIPO ACONYL 500/4-0,5/00
TIPO ACONYL 630/3-4/2

Composición:

Tipo 500/3-4/2
3 telas de tejido poliester/nilón EP 160
Recubrimiento superior: 4 mm caucho SBR, negro
Capas intermedias: 0,8 mm caucho SBR, negro
Recubrimiento inferior: 2 mm caucho SBR, negro
Espesor total: 10 mm
Peso: 11,7 kg/m^2 aprox.

Tipo 500/4-0,5/00
4 telas de tejido poliester/nilón EP 125
Recubrimiento superior: 0,5 mm caucho SBR, negro
Capas intermedias: 0,5 mm caucho SBR, negro
Cara inferior: tejido
Espesor total: 4,4 mm
Peso: 6,3 kg/m^2 aprox.

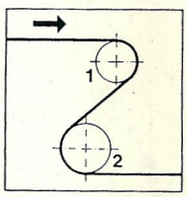
Tipo 630/3-4/2
3 telas de tejido poliester/nilón EP 200
Recubrimiento superior: 4 mm caucho SBR, negro
Capas intermedias: 0,8 mm caucho SBR, negro
Recubrimiento inferior: 2 mm caucho SBR, negro
Espesor total: 10,5 mm
Peso: 11,9 kg/m^2 aprox.

Ancho máx.: 1500 mm

Bordes: laminados

Tensión aconsejada de la banda:
La tensión de la banda depende de las condiciones de trabajo.
La tensión máxima de la banda es de 48 N/mm de ancho para tipos 500 y 600 N/mm para tipo 630, equivalente a un alargamiento del 1.5% aproximadamente.

Diámetros mínimos del tambor:
(para una banda vulcanizada en calor, con una tensión inicial de 75% de la tensión máxima aconsejada y con temperaturas superiores a 15°C)



Tipo	Tambores de curvado (1)	Tambores de contra curvado (2)
500/3-4/2	315 mm	500 mm
500/4-0,5/00	160 mm	215 mm
630/3-4/2	315 mm	500 mm

El diámetro mínimo del tambor se aumenta al usar uniones, dependiendo del tipo que se instale.
Para tambores de contracurvado de 90° o menos se aplican los tambores menores.

Propiedades:
- Gran resistencia al desgaste, buena tracción, poco alargamiento, insensible a la humedad, resistencia alta contra las cargas de impacto (para 500/3 y 630/3), buena formación en artesa.
- Anti-estática según DIN 22104, ISO R284.
- Buena resistencia contra los ácidos diluidos (no oxidantes), bases, sales, alcoholes, glicoles y acetona.
- Resistencia limitada contra los ácidos oxidantes, concentrados y fuertes, los aceites y grasas, los hidrocarburos alifáticos y aromáticos e hidrocloruros, y las quetonas.
- Margen de temperatura: desde − 35 °C hasta + 85 °C.
  La banda puede someterse durante poco tiempo a temperaturas hasta 95 °C.
  Dependiendo de la situación, p.e. la temperatura ambiente y las dimensiones del producto, la temperatura de producto a transportar puede ser 120 °C.

Apoyo de la banda:
Tipos 500/3-4/2 y 630/3-4/2
Sustentación de rodillos, plana y en forma artesa.
Tipo 500/4-0,5/00
- Cama deslizante, plana y en forma artesa.
- Sustentación de rodillos, plana y en forma artesa, es eventualmente posible.
- Ancho de estación de la artesa máx. aconsejada es 1500 mm para tipos 500/3-4/2 y 630/3-4/2 y 1200 mm para tipo 500/4-0,5/00, dependiendo de la velocidad de transporte.

Uniones de bandas sin-fin:
En calor: empalme escalonado vulcanizado.
En frío: empalme escalonado encolado.
Con uniones: tipo Anker 5/7 o Adler Ultra 27K para tipos 500/3-4/2 y 630/3-4/2; Anker 1/3 o Hermetic Baby B2 para tipo 500/4-0,5/00 o tipos similares.

Vulcanizar en calor es siempre preferible. Encolar en frío solo cuando la banda sea expuesta a temperaturas normales, la humedad no sea demasiado alta y con tensiones de banda no muy altas.
Las uniones se aplican muy rápido y fácilmente. En general no se obtiene la resistencia de tracción como con un empalme vulcanizado en calor.

Especialidades:
Puede provieer la banda en su cara superior con arrastradores, bordes ondulados y cuerdas contra-aplastamiento.

Aplicaciones:
Tipos 500/3-4/2 y 630/3-4/2:
Para transporte de productos a granel como hormigón, escombros, minerales, cascajo y carbón.
Tipo 500/4-0,5/00:
- Generalmente como correa de transmisión en todas industrias.
- Para transporte interno
- Para accionar los transportadores de rodillos.

Observaciones y recomendaciones:
- El conjunto de las influencias térmicas y químicas determina el deterioro de caucho. Han de tomarse precauciones cuando dichas influencias se presenten simultaneamente.
- La banda debe funcionar en el sentido correcto. Esto es para evitar cualquier deterioro eventual por los raspadores.
- Es aconsejable revestir el tambor de mando con banda antideslizante, para evitar el desliz y excesiva tensión de la banda.
- En caso de duda, solicítese siempre el consejo de nuestros expertos.

Salvo modificaciones.
Esta edición anula todas las anteriores y los datos en ellas mencionados.
© 1987 Ammeraal

Ammeraal International BV
Handelsstraat 1, P.O.Box 38
1700 AA Heerhugowaard, Holland
Tel. (02207) 5 12 12, Telex 57888
Fax (02207) 4 33 64

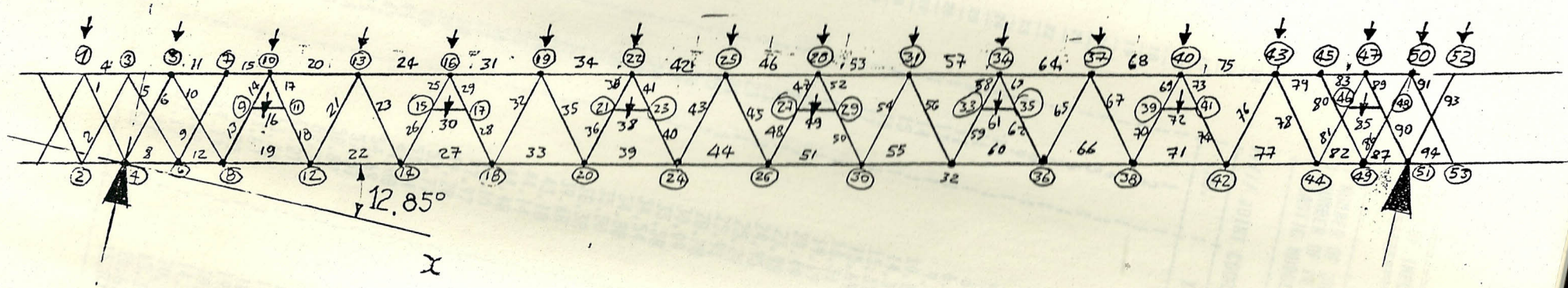


DIAGRAMA DE CERCHA
BANDA 058.41.1.BTZ

==========
ECHO OF INPUT DATA CERCHA DE BANDA 058.41.1.BT2
==========

NUMBER OF JOINTS = 53
NUMBER OF MEMBERS = 94
ELASTIC MODULUS = 30000 (ksi)

///// JOINT COORDINATES /////

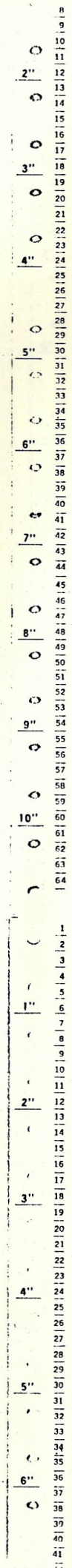
NO.	X-COORD.(ft)	Y-COORD.(ft)
1	-3.49	4.25
2	-2.39	-0.54
3	-1.09	4.79
4	0.00	0.00
5	1.30	5.34
6	2.39	0.54
7	3.70	5.89
8	4.79	1.09
9	5.76	5.72
10	6.10	6.44
11	6.72	5.94
12	9.59	2.18
13	10.89	7.53
14	14.39	3.28
15	15.35	7.91
16	15.69	8.62
17	16.31	8.13
18	19.19	4.37
19	20.49	9.72
20	23.98	5.47
21	24.95	10.10
22	25.29	10.81
23	25.91	10.32
24	28.78	6.56
25	30.09	11.91
26	33.58	7.66
27	34.54	12.29
28	34.88	13.00
29	35.50	12.51
30	38.38	8.75
31	39.68	14.10
32	43.18	9.85
33	44.14	14.48
34	44.48	15.19
35	45.10	14.70
36	47.97	10.94
37	49.28	16.29
38	52.77	12.04
39	53.74	16.67
40	54.08	17.38
41	54.69	16.89
42	57.57	13.13
43	58.87	18.48
44	62.37	14.23
45	61.27	19.03
46	63.33	18.86
47	63.67	19.57
48	64.29	19.07
49	64.77	14.78
50	66.07	20.12
51	67.17	15.32
52	68.47	20.67
53	69.56	15.87

==========
ECHO OF INPUT DATA CERCHA DE BANDA 058.41.1.BT2
==========

///// MEMBER DATA /////

NO.	J(E1)	J(E2)	AREA(in^2)	INERTIA(in^4)	LENGTH(ft)	TYPE
1	1	4	1.44	1.24	5.50	
2	2	3	1.44	1.24	5.49	
3	2	4	2.40	3.71	2.45	
4	1	3	2.40	3.71	2.46	
5	3	6	1.44	1.24	5.49	
6	4	5	1.44	1.24	5.50	
7	3	5	2.40	3.71	2.45	
8	4	6	2.40	3.71	2.45	
9	6	7	1.44	1.24	5.51	
10	5	8	1.44	1.24	5.50	
11	5	7	2.40	3.71	2.46	
12	6	8	2.40	3.71	2.46	
13	8	9	1.44	1.24	4.73	
14	9	10	1.44	1.24	0.80	
15	7	10	2.40	3.71	2.46	
16	9	11	1.44	1.24	0.98	
17	10	11	1.44	1.24	0.80	
18	11	12	1.44	1.24	4.73	
19	8	12	2.40	3.71	4.92	
20	10	13	2.40	3.71	4.91	
21	12	13	1.44	1.24	5.51	
22	12	14	2.40	3.71	4.92	
23	13	14	1.44	1.24	5.51	
24	13	16	2.40	3.71	4.92	
25	16	15	1.44	1.24	0.79	
26	15	14	1.44	1.24	4.73	
27	14	18	2.40	3.71	4.92	
28	18	17	1.44	1.24	4.74	
29	17	16	1.44	1.24	0.79	
30	17	15	1.44	1.24	0.98	
31	16	19	2.40	3.71	4.92	
32	19	18	1.44	1.24	5.51	
33	18	20	2.40	3.71	4.91	
34	19	22	2.40	3.71	4.92	
35	19	20	1.44	1.24	5.50	
36	20	21	1.44	1.24	4.73	
37	21	22	1.44	1.24	0.79	
38	21	23	1.44	1.24	0.98	
39	20	24	2.40	3.71	4.92	
40	24	23	1.44	1.24	4.73	
41	23	22	1.44	1.24	0.79	
42	22	25	2.40	3.71	4.92	
43	25	24	1.44	1.24	5.51	
44	24	26	2.40	3.71	4.92	
45	25	26	1.44	1.24	5.50	
46	25	28	2.40	3.71	4.91	
47	27	28	1.44	1.24	0.79	
48	26	27	1.44	1.24	4.73	
49	27	29	1.44	1.24	0.98	
50	29	30	1.44	1.24	4.74	
51	26	30	2.40	3.71	4.92	
52	28	29	1.44	1.24	0.79	
53	28	31	2.40	3.71	4.92	
54	30	31	1.44	1.24	5.51	
55	30	32	2.40	3.71	4.92	
56	31	32	1.44	1.24	5.51	
57	31	34	1.44	1.24	4.92	
58	33	34	1.44	1.24	0.79	
59	33	32	1.44	1.24	4.73	
60	32	36	2.40	3.71	4.91	
61	33	35	1.44	1.24	0.98	
62	35	36	1.44	1.24	4.73	
63	34	35	1.44	1.24	0.79	
64	34	37	2.40	3.71	4.92	
65	37	36	1.44	1.24	5.51	
66	36	38	2.40	3.71	4.92	
67	37	38	1.44	1.24	5.50	
68	37	40	2.40	3.71	4.92	
69	39	40	1.44	1.24	0.79	
70	39	38	1.44	1.24	4.73	
71	38	42	2.40	3.71	4.92	
72	39	41	1.44	1.24	0.98	
73	40	41	1.44	1.24	0.78	
74	41	42	1.44	1.24	4.74	
75	40	43	2.40	3.71	4.91	
76	42	43	1.44	1.24	5.51	
77	42	44	2.40	3.71	4.92	
78	43	44	1.44	1.24	5.51	
79	43	45	2.40	3.71	2.46	
80	45	49	1.44	1.24	5.51	
81	44	46	1.44	1.24	4.73	
82	44	49	2.40	3.71	2.46	
83	45	47	2.40	3.71	2.46	
84	46	47	1.44	1.24	0.79	
85	46	48	1.44	1.24	0.98	
86	49	50	1.44	1.24	5.50	
87	49	51	2.40	3.71	2.46	
88	47	50	2.40	3.71	2.46	
89	47	48	1.44	1.24	0.80	
90	48	51	1.44	1.24	4.73	
91	50	53	1.44	1.24	5.50	
92	50	52	2.40	3.71	2.46	
93	51	52	1.44	1.24	5.51	
94	51	53	2.40	3.71	2.45	

======> HALF BANDWIDTH OF PROBLEM = 18 <====== [note: MUST be <= 60]



//////// JOINT LOADS //////////

JOINT	FORCE-X (kips)	FORCE-Y (kips)	MOMENT (kip-ft)
1	0.000	-0.380	0.000
5	0.000	-0.380	0.000
10	0.000	-0.380	0.000
13	0.000	-0.380	0.000
16	0.000	-0.380	0.000
19	0.000	-0.380	0.000
22	0.000	-0.380	0.000
25	0.000	-0.380	0.000
28	0.000	-0.380	0.000
31	0.000	-0.380	0.000
34	0.000	-0.380	0.000
37	0.000	-0.380	0.000
40	0.000	-0.380	0.000
43	0.000	-0.380	0.000
47	0.000	-0.380	0.000
52	0.000	-0.380	0.000
9	0.000	-0.040	0.000
15	0.000	-0.040	0.000
21	0.000	-0.040	0.000
27	0.000	-0.040	0.000
33	0.000	-0.040	0.000
39	0.000	-0.040	0.000
46	0.000	-0.040	0.000

//////// MEMBER LOADS //////////

MEMBER	TYPE	P(kips)	Wa(kips/ft)	Wb(kips/ft)	L (ft)	La(ft)	Lb(ft)
1	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.50
2	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.49
3	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.45
4	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
5	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.49
6	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.50
7	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.45
8	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.45
9	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.51
10	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.50
11	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
12	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
13	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	4.73
14	UNIF		-0.002	-0.002		0.00	0.80
15	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
16	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	0.98
17	UNIF		-0.004	-0.004		0.00	0.80
18	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	4.73
19	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
20	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.91
21	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.51
22	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
23	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.51
24	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
25	UNIF		0.002	0.002		0.00	0.79
26	UNIF		0.001	0.001		0.00	4.73
27	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
28	UNIF		0.003	0.003		0.00	4.74
29	UNIF		0.004	0.004		0.00	0.79
30	UNIF		0.005	0.005		0.00	0.98
31	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
32	UNIF		0.001	0.001		0.00	5.51
33	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.91
34	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
35	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.50
36	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	4.73
37	UNIF		-0.002	-0.002		0.00	0.79
38	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	0.98
39	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
40	UNIF		0.003	0.003		0.00	4.73
41	UNIF		0.004	0.004		0.00	0.79
42	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
43	UNIF		0.001	0.001		0.00	5.51
44	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
45	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.50
46	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.91
47	UNIF		-0.002	-0.002		0.00	0.79
48	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	4.73
49	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	0.98
50	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	4.74
51	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
52	UNIF		-0.004	-0.004		0.00	0.79
53	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
54	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.51
55	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
56	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.51
57	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	4.92
58	UNIF		-0.002	-0.002		0.00	0.79
59	UNIF		0.001	0.001		0.00	4.73
60	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.91
61	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	0.98
62	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	4.73
63	UNIF		-0.004	-0.004		0.00	0.79
64	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
65	UNIF		0.001	0.001		0.00	5.51
66	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
67	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.50
68	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
69	UNIF		-0.002	-0.002		0.00	0.79
70	UNIF		0.001	0.001		0.00	4.73
71	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
72	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	0.98
73	UNIF		-0.004	-0.004		0.00	0.78
74	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	4.74
75	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.91
76	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.51
77	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	4.92
78	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.51
79	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
80	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.51
81	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	4.73
82	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
83	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
84	UNIF		-0.002	-0.002		0.00	0.79
85	UNIF		-0.005	-0.005		0.00	0.98
86	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.50
87	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
88	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
89	UNIF		-0.004	-0.004		0.00	0.80
90	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	4.73
91	UNIF		-0.003	-0.003		0.00	5.50
92	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.46
93	UNIF		-0.001	-0.001		0.00	5.51
94	UNIF		-0.008	-0.008		0.00	2.45

RESULTS OF ANALYSIS/ CERCHA DE BANDA 058.41.1.BT2 /LOAD CASE [1

///// NODAL DISPLACEMENTS /////

NODE	U-DISP(in.)	V-DISP(in.)	ROT(radians)
1	0.03929	0.03134	-0.00099
2	-0.00366	0.01640	-0.00085
3	0.04537	0.00488	-0.00083
4	-0.00000	-0.00000	-0.00000
5	0.05102	-0.01861	-0.00080
6	0.00329	-0.02896	-0.00125
7	0.05527	-0.04211	-0.00099
8	0.00750	-0.06157	-0.00100
9	0.04680	-0.07451	-0.00195
10	0.06349	-0.08316	-0.00177
11	0.05221	-0.09814	-0.00196
12	0.01893	-0.12871	-0.00099
13	0.07321	-0.14677	-0.00079
14	0.03076	-0.18680	-0.00090
15	0.06742	-0.19770	-0.00143
16	0.07939	-0.20398	-0.00128
17	0.07134	-0.21479	-0.00143
18	0.04316	-0.23957	-0.00074
19	0.08205	-0.25200	-0.00056
20	0.05382	-0.27792	-0.00054
21	0.07462	-0.28403	-0.00070
22	0.08053	-0.28714	-0.00064
23	0.07654	-0.29241	-0.00070
24	0.06267	-0.30425	-0.00030
25	0.07523	-0.30845	-0.00016
26	0.06845	-0.31441	-0.00006
27	0.06702	-0.31429	0.00012
28	0.06605	-0.31385	0.00011
29	0.06671	-0.31287	0.00012
30	0.07080	-0.30906	0.00020
31	0.05357	-0.30413	0.00027
32	0.06949	-0.28912	0.00049
33	0.04053	-0.28178	0.00107
34	0.03145	-0.27721	0.00101
35	0.03759	-0.26894	0.00107
36	0.06250	-0.24734	0.00078
37	0.01263	-0.23253	0.00074
38	0.05206	-0.19593	0.00094
39	0.00647	-0.18347	0.00163
40	-0.00715	-0.17646	0.00146
41	0.00201	-0.16416	0.00164
42	0.03739	-0.13248	0.00105
43	-0.02701	-0.11230	0.00124
44	0.02014	-0.06755	0.00108
45	-0.03712	-0.07434	0.00110
46	-0.03153	-0.05279	0.00166
47	-0.04484	-0.04570	0.00127
48	-0.03579	-0.03329	0.00166
49	0.01019	-0.03416	0.00124
50	-0.05111	-0.01856	0.00093
51	0.00000	-0.00000	0.00091
52	-0.05836	0.01334	0.00116
53	-0.00456	0.01987	0.00064

RESULTS OF ANALYSIS/ CERCHA DE BANDA 058.41.1.BT2 /LOAD CASE [1

///// NODAL REACTIONS /////

NODE	FORCE PX(kips)	FORCE PY(kips)	FORCE MZ(kip-ft)	RESTRAINT-CODE X-DIS	RESTRAINT-CODE Y-DIS	RESTRAINT-CODE ROT	TYPE
4	7.978	6.240	1.898	X	X	X	FIXED
51	-7.978	2.315	0.000	X	X	-	HINGE

///// EQUILIBRIUM CHECK /////

FORCE AND MOMENT RESULTANT PX(kips)	PY(kips)	MZ(kip-ft)
-0.0000000	0.0000018	-0.0000000

RESULTS OF ANALYSIS/ CERCHA DE BANDA 058.41.1.BT2 /LOAD CASE £ 1

///// MEMBER FORCES /////

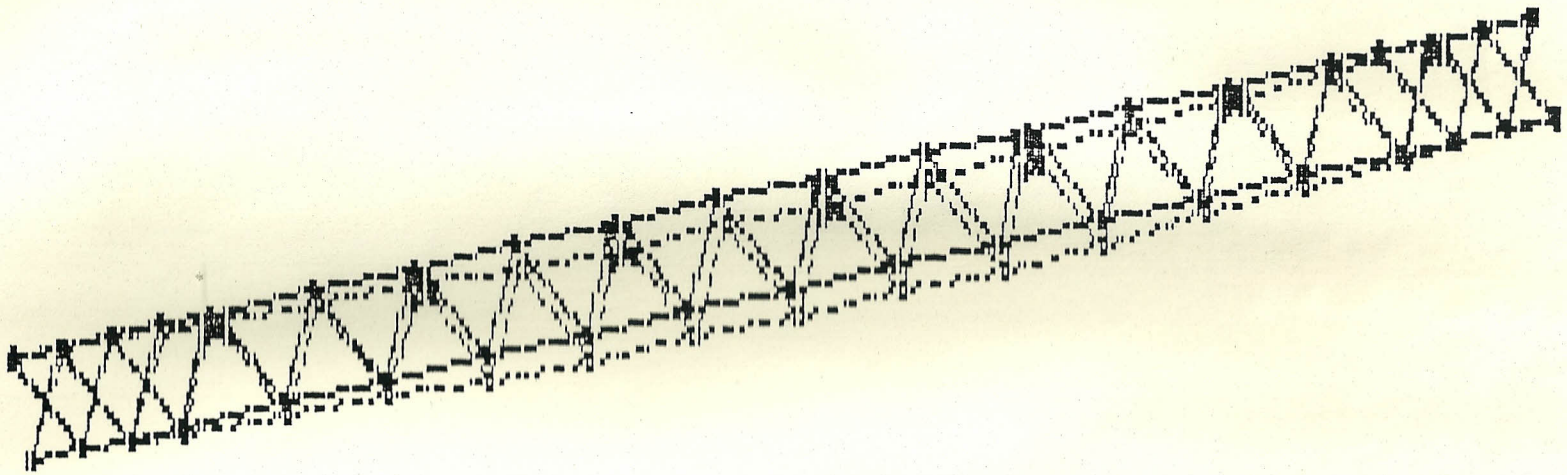
MEMBER (number)	NODES (J1/J2)	AXIAL FORCE (kips)	SHEAR FORCE (kips)	MOMENT (kip-ft)
1	1	0.45	0.04	0.04
	4	-0.48	-0.02	0.11
2	2	-0.27	-0.00	-0.02
	3	0.29	0.01	-0.02
3	2	0.11	0.24	0.02
	4	-0.11	-0.22	0.54
4	1	-0.32	0.02	-0.04
	3	0.32	0.00	0.06
5	3	0.30	-0.01	-0.03
	6	-0.32	0.03	-0.09
6	4	3.95	0.05	0.16
	5	-3.93	-0.04	0.08
7	3	-0.57	0.01	-0.00
	5	0.57	0.01	0.01
8	4	7.78	0.57	1.08
	6	-7.77	-0.55	0.29
9	6	0.28	-0.03	-0.10
	7	-0.25	0.03	-0.08
10	5	-3.66	0.01	0.02
	8	3.64	0.01	-0.01
11	5	2.69	-0.13	-0.11
	7	-2.69	0.15	-0.23
12	6	7.74	-0.01	-0.10
	8	-7.74	0.03	0.04
13	8	3.52	-0.10	-0.19
	9	-3.50	0.11	-0.30
14	9	3.14	0.51	0.15
	10	-3.13	-0.51	0.26
15	7	2.83	0.06	0.31
	10	-2.83	-0.04	-0.19
16	9	0.01	0.31	0.15
	11	-0.01	-0.30	0.15
17	10	-2.83	0.46	0.25
	11	2.83	-0.46	0.12
18	11	-3.13	-0.09	-0.27
	12	3.11	0.10	-0.18
19	8	4.54	0.08	0.16
	12	-4.53	-0.04	0.13
20	10	5.67	-0.06	-0.32
	13	-5.66	0.09	-0.05
21	12	3.11	0.00	-0.01
	13	-3.08	0.01	-0.00
22	12	1.76	0.04	0.06
	14	-1.75	-0.00	0.05
23	13	-2.57	0.01	0.02
	14	2.55	0.01	-0.00
24	13	8.10	-0.01	0.03
	16	-8.09	0.05	-0.16
25	16	2.22	0.38	0.20
	15	-2.23	-0.38	0.10
26	15	2.45	-0.07	-0.19
	14	-2.48	0.07	-0.13
27	14	-0.48	0.06	0.08
	18	0.49	-0.02	0.10
28	18	-1.92	-0.07	-0.11
	17	1.94	0.05	-0.17
29	17	-1.74	0.33	0.08
	16	1.75	-0.33	0.18
30	17	-0.01	0.18	0.09
	15	0.01	-0.18	0.09
31	16	9.93	-0.03	-0.21
	19	-9.92	0.07	-0.02
32	19	1.88	-0.01	-0.00
	18	-1.91	0.00	-0.01
33	18	-2.20	0.03	0.02
	20	2.21	0.01	0.05
34	19	11.29	0.01	0.01
	22	-11.29	0.03	-0.05
35	19	-1.40	0.01	0.01
	20	1.38	0.01	0.00
36	20	1.31	-0.03	-0.07
	21	-1.29	0.04	-0.09
37	21	1.17	0.18	0.05

	22	-1.11	0.16	0.01
38	21	-0.02	0.08	0.04
	23	0.02	-0.08	0.04
39	20	-3.41	0.04	0.02
	24	3.42	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	-0.75	-0.03	-0.04
	23	0.77	0.02	-0.08
41	23	-0.67	0.14	0.03
	22	0.67	-0.14	0.08
42	22	12.10	-0.01	-0.12
	25	-12.09	0.05	-0.01
43	25	0.70	-0.01	-0.01
	24	-0.73	-0.00	-0.01
44	24	-4.08	0.02	-0.01
	26	4.09	0.02	0.03
45	25	-0.21	0.01	0.01
	26	0.19	0.01	0.01
46	25	12.40	0.03	-0.00
	28	-12.40	0.01	0.05
47	27	0.11	-0.01	-0.00
	28	-0.10	0.01	-0.01
48	26	0.14	0.00	-0.01
	27	-0.12	0.00	0.01
49	27	-0.03	-0.01	-0.01
	29	0.03	0.02	-0.01
50	29	0.40	0.02	0.02
	30	-0.42	-0.00	0.02
51	26	-4.24	0.02	-0.03
	30	4.25	0.02	0.01
52	28	0.39	-0.04	-0.02
	29	-0.40	0.05	-0.01
53	28	12.17	0.01	-0.03
	31	-12.16	0.03	-0.01
54	30	-0.47	-0.00	-0.01
	31	0.49	0.01	-0.01
55	30	-3.87	0.02	-0.02
	32	3.87	0.02	0.04
56	31	0.95	0.01	0.01
	32	-0.97	0.00	0.02
57	31	11.43	0.03	0.01
	34	-11.42	-0.00	0.07
58	33	-0.90	-0.17	-0.05
	34	0.90	0.17	-0.08
59	33	-1.01	0.03	0.11
	32	0.98	-0.04	0.05
60	32	-3.00	-0.01	-0.11
	36	3.01	0.05	-0.05
61	33	-0.03	-0.13	-0.07
	35	0.03	0.14	-0.07
62	35	1.55	0.05	0.13
	36	-1.57	-0.04	0.09
63	34	1.42	-0.22	-0.11
	35	-1.43	0.22	-0.07
64	34	10.18	0.05	0.12
	37	-10.18	-0.01	0.01
65	37	-1.67	-0.01	-0.01
	36	1.64	-0.00	-0.00
66	36	-1.59	0.01	-0.04
	38	1.60	0.03	-0.02
67	37	2.12	0.01	0.01
	38	-2.15	0.01	0.01
68	37	8.39	0.06	-0.00
	40	-8.38	-0.02	0.19
69	39	-2.00	-0.38	-0.09
	40	2.00	0.38	-0.21
70	39	-2.18	0.06	0.19
	38	2.16	-0.07	0.11
71	38	0.32	-0.02	-0.10
	42	-0.31	0.06	-0.10
72	39	-0.03	-0.19	-0.09
	41	0.03	0.19	-0.09
73	40	2.56	-0.44	-0.23
	41	-2.56	0.44	-0.11
74	41	2.76	0.08	0.20
	42	-2.78	-0.06	0.13
75	40	6.10	0.10	0.25
	43	-6.09	-0.06	0.15
76	42	-2.86	0.02	0.03
	43	2.89	-0.01	0.04
77	42	2.82	-0.01	-0.06
	44	-2.81	0.05	-0.08
78	43	2.98	0.03	0.07
	44	-3.00	-0.01	0.04
79	43	3.35	-0.24	-0.26
	45	-3.35	0.26	-0.35
80	45	0.61	0.03	0.07
	49	-0.63	-0.01	0.06
81	44	-3.01	0.06	0.11
	46	3.03	-0.06	0.17

	82	44	5.47	-0.01	-0.07
		49	-5.46	0.03	0.02
	83	45	3.05	0.28	0.29
		47	-3.04	-0.26	0.38
	84	46	-2.91	-0.65	-0.13
		47	2.92	0.65	-0.39
	85	46	-0.02	-0.09	-0.04
		48	0.02	0.09	-0.04
	86	49	-0.42	0.02	0.05
		50	0.45	-0.01	0.02
	87	49	5.96	-0.19	-0.14
		51	-5.95	0.21	-0.36
	88	47	0.11	0.25	0.40
		50	-0.11	-0.23	0.18
	89	47	3.35	-0.68	-0.40
		48	-3.36	0.68	-0.14
	90	48	3.50	0.07	0.19
		51	-3.52	-0.05	0.09
	91	50	0.09	-0.00	-0.02
		53	-0.11	0.02	-0.06
	92	50	-0.14	-0.08	-0.18
		52	0.14	0.10	-0.05
	93	51	0.55	0.02	0.03
		52	-0.52	-0.01	0.05
	94	51	-0.03	0.13	0.24
		53	0.03	-0.11	0.06

END OF ANALYSIS/ CERCHA DE BANDA 058.41.1.BT2 /LOAD CASE £ 1

/ DISPLACEMENT PLOT / COLOR BOARD REQUIRED /



DISP x 50.0

/ PRESS ANY KEY TO CONTINUE <R=REPLOT> /