

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE POCETAS CERÁMICAS POR MEDIO DEL DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA DESMOLDADO SEMIAUTOMÁTICO.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

SANTILLÁN MARTÍNEZ LUIS NAPOLEÓN

DIRECTOR: ING. JOSE PEREZ

CODIRECTOR: ING. PABLO CAIZA

Sangolquí, 2005-03

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE POCETAS CERÁMICAS POR MEDIO DEL DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA DESMOLDADO SEMIAUTOMÁTICO” fue realizado en su totalidad por Luis Napoleón Santillán Martínez, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. José Pérez
DIRECTOR

Ing. Pablo Caiza
CODIRECTOR

Sangolquí, 2005 - 03 - 02

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
POCETAS CERÁMICAS POR MEDIO DEL DISEÑO DE UNA
MÁQUINA PARA DESMOLDADO SEMIAUTOMÁTICO”

ELABORADO POR:

Santillán Martínez Luis Napoleón

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Mayor, Ingeniero, Hugo Ruíz
DECANO

Sangolquí, 2005 - 03 - 02

DEDICATORIA.

Este esfuerzo está dedicado a mis padres como el más franco reconocimiento a su trabajo diario, disciplina en mi formación, paciencia, y el apoyo incondicional con el que me han permitido finalizar con éxito una etapa más en mi formación integral.

SANTILLÁN MARTÍNEZ LUIS NAPOLEÓN.

AGRADECIMIENTO.

A mis padres, por haber sido el soporte incondicional durante toda mi vida

A mi esposa, por el ímpetu con el que apoyó este esfuerzo.

A mis maestros, y especialmente al director y codirector de este trabajo por el profesionalismo y atención con los que me han dirigido académicamente.

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	iii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	ix
INDICE DE CONTENIDOS	xi
RESUMEN	xvii
INTRODUCCION	19
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	xxi
2. JUSTIFICACIÓN:	xxii
3. OBJETIVO GENERAL:	xxiv
4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	xxiv
5. ALCANCE:	xxiv
SITUACIÓN ACTUAL	25
1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS	27
1.1.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS CERÁMICOS	32
1.2 CONDICIONES INICIALES DE TRABAJO EN LA SECCIÓN A MODIFICARSE	39
1.3 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA SECCIÓN	44
1.4 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LAS MOLDURAS	45
1.4.1 MOLDE HEMBRA PARA EL ANILLO	45
1.4.2 CILINDRO PARA MOLDE HEMBRA DEL ANILLO	46
1.4.3 MOLDE MACHO PARA EL ANILLO	46
1.4.4 MOLDES LATERALES DEL CUERPO DE LA POCETA	46
1.4.5 NÚCLEO DEL CUERPO DE LA POCETA	46
1.4.6 BASE DEL CUERPO DE LA POCETA	46
1.5 DETERMINACIÓN DE PESOS DE LAS MOLDURAS	47
1.6 PERFILERÍA DISPONIBLE EN EL MERCADO	48
PROPUESTA DEL NUEVO PROCESO	49
2.1 ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS NECESARIOS EN LAS MOLDURAS	51
2.1.1 PARA FABRICACIÓN DE ANILLO	51
2.1.2 PARA FABRICACIÓN DEL CUERPO DE LA POCETA	52
2.1.3 PARA UNIÓN ENTRE ANILLO Y CUERPO	53
2.1.4 PARA DESMOLDADO DE LA PIEZA TERMINADA	55
2.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS A DISEÑAR	56
DISEÑO DE MAQUINARIA	59
3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESMOLDADO DEL ANILLO	61
3.1.1 BANCO-SOPORTE PARA EL ANILLO	75
3.1.2 PRENSAS PARA UNIÓN ENTRE LOS MOLDES MACHO Y HEMBRA DEL ANILLO	77
3.1.3 PUENTE GRÚA PARA MOVIMIENTO DEL ANILLO	79
3.1.3.1 Vigas del puente	79
3.1.3.2 Troles	84
3.1.3.3 Elevador	85

3.1.3.4	Sistema neumático del elevador.....	88
3.1.4	PÓRTICO CENTRAL DE LA MÁQUINA PARA SOPORTE DEL PUENTE.....	93
3.1.4.1	Determinación de cargas y análisis.....	94
3.1.4.2	Vigas y columnas.....	102
3.1.4.3	Brazos para traveses carril.....	103
3.1.4.4	Traveses carril.....	103
3.1.5	PÓRTICO LATERAL DE LA MÁQUINA PARA SOPORTE DEL PUENTE.....	103
3.1.5.1	Determinación de cargas.....	104
3.1.5.2	Vigas y columnas.....	104
3.1.5.3	Brazos para traveses carril.....	104
3.1.5.4	Traveses carril.....	105
3.2	MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE DESMOLDADO DEL ANILLO POR ELEMENTOS FINITOS CON WORKING MODEL 4D.....	105
3.2.1	ENSAMBLADO DEL MODELO EN WORKING MODEL 4D.....	105
3.2.2	Datos de prueba.....	107
3.2.3	Resultados y análisis.....	107
3.3	SISTEMA DE DESMOLDADO DEL CUERPO.....	111
3.3.1	BANCO-SOPORTE PARA EL CUERPO.....	111
3.3.2	PUENTE GRÚA PARA MOVIMIENTO DEL CUERPO.....	111
3.3.2.1	Diseño de vigas del puente.....	112
3.3.2.2	Troles.....	115
3.3.2.3	Elevador.....	115
3.3.2.4	Sistema neumático del elevador.....	118
3.3.2.5	Vigas y columnas en pórtico móvil del puente.....	121
3.3.3	MESA PARA DESMOLDADO DEL CUERPO.....	121
3.3.4	SOPORTE MÓVIL PARA PIEZA DESMOLDADA.....	125
3.3.5	BANCO TRANSPORTADOR DE PIEZAS DESMOLDADAS.....	128
3.4	MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE DESMOLDADO DEL CUERPO POR ELEMENTOS FINITOS CON WORKING MODEL 4D.....	129
3.4.1	ENSAMBLADO DEL MODELO EN WORKING MODEL 4D.....	129
3.4.2	Datos de prueba.....	131
3.4.3	Resultados y análisis.....	131
	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	137
4.1	COSTOS DE MANO DE OBRA.....	139
4.2	COSTO DE MATERIALES E INSUMOS.....	140
4.3	COSTOS DE DIRECCIÓN TÉCNICA.....	142
4.4	RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	143
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
5.1	CONCLUSIONES.....	149
5.2	RECOMENDACIONES.....	150
	ANEXOS.....	151
	FOTOGRAFÍAS.....	153
	ESQUEMAS.....	155
	PLANOS.....	157
	TABLAS.....	159
	REFERENCIAS.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Pesos de moldes y pasta cerámica.....	47
Tabla 3.1	Modelo, resultados análisis punto crítico.....	65
Tabla 3.2	Modelo, resultados análisis manual punto crítico.....	69
Tabla 3.3	Reacciones máximas en pórtico para análisis.....	71
Tabla 3.4	Características de la sección utilizada en pórtico para análisis	72
Tabla 3.5	Determinación de cargas para diseño del puente.....	81
Tabla 3.6	Índices de trabajo en elementos estructurales del puente.....	83
Tabla 3.7	Reacciones máximas del puente sobre las vigas carril.....	84
Tabla 3.8	Determinación de cargas para elevador móvil.....	86
Tabla 3.9	Determinación de cargas para cilindro neumático.....	90
Tabla 3.10	Carga sobre pórtico central generada por anillo cerámico.....	94
Tabla 3.11	Carga sobre pórtico central generada por cuerpo cerámico...	95
Tabla 3.12	Reacciones de la estructura sobre los apoyos	99
Tabla 3.13	Máquina, índices de trabajo de los miembros estructurales...	100
Tabla 3.14	Puente, índices de trabajo en los miembros estructurales.....	114
Tabla 3.15	Apoyos para el puente, reacciones generadas.....	114
Tabla 3.16	Cargas para selección de cilindro neumático del elevador....	119
Tabla 3.17	Cargas para diseño de mesa desmoldadora.....	122
Tabla 3.18	Banco soporte de piezas desmoldadas, índices de trabajo...	129
Tabla 4.1	Costos estimados de mano de obra.....	140
Tabla 4.2	Costo de materiales estructurales.....	141
Tabla 4.3	Costo de materiales sistema neumático.....	142
Tabla 4.4	Flujo de caja del proyecto para el primer año.....	144
Tabla 4.5	Tasa interna de retorno.....	144
Tabla 4.6	Valor Actual Neto	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Fotografía 1.1	Máquina para fabricación de pocetas Kingsley.....	40
Fotografía 1.2	Sistema de alimentación de pasta.....	42
Figura 3.1	Modelo, primer esfuerzo principal.....	62
Figura 3.2	Modelo, segundo esfuerzo principal.....	62
Figura 3.3	Modelo, tercer esfuerzo principal.....	63
Figura 3.4	Modelo, esfuerzos de Von Mises.....	63
Figura 3.5	Modelo, factor de seguridad.....	64
Figura 3.6	Pórtico para análisis en S.A.P.2000.....	70
Figura 3.7	Índices de trabajo en pórtico para análisis.....	71
Figura 3.8	Sección del elemento analizado.....	73
Figura 3.9	Análisis estructural soportes para anillo cerámico.....	76
Figura 3.10	Factor de seguridad en soportes para anillo cerámico.....	76
Figura 3.11.	Análisis estructural de prensas para anillo cerámico.....	78
Figura 3.12	Factor de seguridad en prensas para anillo cerámico.....	78
Figura 3.13	Estimación de peso del elevador.....	80
Figura 3.14	Estimación de peso para carro soporte de pocetas.....	81
Figura 3.15	Pórtico para análisis estructural del puente.....	82
Figura 3.16	Análisis estructural elevador móvil.....	87
Figura 3.17	Factor de seguridad para elevador móvil.....	88
Figura 3.18	Estimación de peso para elevador móvil.....	89
Figura 3.19	Datos para selección de cilindro neumático.....	91
Figura 3.20	Cilindro neumático escogido.....	93
Figura 3.21(a)	Estimación de peso para prensas de anillo cerámico.....	95
Figura 3.21(b)	Estimación de peso para prensas del cuerpo cerámico....	96
Figura 3.22	Estructura reticular de la máquina.....	97
Figura 3.23	Aplicación de cargas en pórticos central y laterales.....	98
Figura 3.24	Cargas puntuales sobre pórtico central	98
Figura 3.25	Simulación virtual del transportador para el anillo	106
Figura 3.26	Resultados de la simulación	108

Figura 3.27	Resultados de la simulación	109
Figura 3.28	Resultados de la simulación	110
Figura 3.29	Resultados de la simulación	110
Figura 3.30	Estructura reticular para soporte del puente	113
Figura 3.31(a)	Análisis de esfuerzos en el elevador.....	116
Figura 3.31(b)	Análisis de esfuerzos en el elevador.....	117
Figura 3.32	Cilindro neumático para el elevador del cuerpo.....	121
Figura 3.33	Brazo para soporte de moldes laterales.....	123
Figura 3.34	Análisis estructural del brazo soporte para moldes laterales	123
Figura 3.35	Análisis estructural de vigas corredizas.....	124
Figura 3.36	Análisis estructural de la mesa desmoldadora.....	124
Figura 3.37	Análisis estructural, soporte móvil (1).....	126
Figura 3.38	Factor de seguridad, soporte móvil (1).....	126
Figura 3.39	Análisis estructural soporte móvil (2).....	127
Figura 3.40	Factor de seguridad, soporte móvil (2).....	127
Figura 3.41	Simulación virtual de mesa desmoldadora.....	131
Figura 3.42	Resultados de la simulación	132
Figura 3.43	Resultados de la simulación	132
Figura 3.44	Resultados de la simulación	133
Figura 3.45	Resultados de la simulación	133
Figura 3.46	Resultados de la simulación	134
Figura 3.47	Resultados de la simulación	134

RESUMEN

Este proyecto se ha desarrollado con base en la necesidad de una empresa ecuatoriana (EDESA S.A.) de mejorar sus procesos productivos y por otra parte, se ha aprovechado esta oportunidad para que este diseño se presente como proyecto de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, otorgado por la Escuela Politécnica del Ejército.

El proyecto en su alcance se restringe al estudio del mejoramiento del sistema de fabricación de piezas en la sección de Vaciado Alpha de EDESA S.A., en donde se elaboran las piezas de cerámica sanitaria para exportación.

El trabajo contempla inicialmente un análisis de la situación antes de implementar las modificaciones, además, se han elaborado planos de la sección en los que se determina la posición de las máquinas originales y el espacio disponible para el desarrollo del proyecto. Posteriormente se ha desarrollado un proceso de diseño de cada uno de los elementos necesarios para conseguir una máquina neumática semiautomática que facilite el movimiento de las molduras, ahorre espacio de trabajo y disminuya los tiempos necesarios para transporte y ensamble de las partes que constituyen la pieza cerámica. Una vez finalizada esta etapa, se presenta la documentación técnica necesaria para la construcción del modelo, por esta razón se han realizado impresiones de los planos y esquemas que permitan la construcción y el montaje del proyecto. Finalmente se ha hecho un análisis económico que recomienda la implementación y puesta en marcha del proyecto.

INTRODUCCION

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En el país está planteado el reto empresarial de participar en una economía de libre mercado y globalización, por esta razón las industrias se han visto obligadas a mejorar sus sistemas de producción a fin de conseguir productos de mejor calidad a menor precio, que sean capaces de competir con sus similares tanto en el mercado nacional como internacional.

En el caso de la empresa EDESA, que exporta al mercado norteamericano cerca del 70% de su producción, tiene en Asia y concretamente en China un competidor muy peligroso que ha invadido mercados en todo el mundo con sus bajos costos de producción y venta.

Esta industria ecuatoriana, forma parte de un reducido número de empresas nacionales con presencia en mercados internacionales, que de manera inmediata necesitan tecnificar sus procesos de producción a fin de no cerrar sus puertas al verse absorbidas por la competencia interna o externa que si ha realizado inversiones en investigación y desarrollo de nuevos procesos para la fabricación de sus productos.

Esta presión ha impulsado a EDESA, que en algún momento de su historia fue monopolio, a buscar otras maneras de producir, y dar mayor atención a sus modelos de elite que son generalmente los más rentables. La empresa ha visto conveniente apoyar el desarrollo de maquinaria que permita obtener ventajas en la fabricación de sus productos, sin recurrir a la compra de costosa tecnología de producción que puede ser adquirida con fabricantes italianos especialmente.

El problema a solucionar es el incremento en la cantidad diaria de piezas producidas en el modelo más rentable de la fábrica, la poceta de cerámica sanitaria modelo KINGSLEY. Es facilitar su proceso de fabricación, es hacerlo más rápido, es cuidar a la gente que trabaja diariamente con los riesgos de daños vertebrales, y que por la falta de fuentes de trabajo no puede escoger un empleo menos riesgoso cuando transportan a mano molduras con pesos promedios de 60 Kg. alrededor de seis veces diarias por cada pieza fabricada.

El desarrollo de este proyecto analizará y presentará una alternativa de diseño de maquinaria que cumpla con los requerimientos planteados por la industria sin que sean necesarios endeudamientos para realizar inversiones en la compra de tecnología europea para estos fines.

2. JUSTIFICACIÓN:

Se ha mencionado anteriormente dos alternativas para modernizar los procesos de producción en EDESA: la primera, con la adquisición de tecnología importada que en las actuales condiciones económicas de la empresa está fuera de discusión. Y la segunda alternativa, más económica indudablemente, que es apoyarse en los conocimientos de profesionales nacionales que presenten soluciones a problemas industriales con el desarrollo de nuevos diseños de maquinaria, que por cierto abre interesantes perspectivas de empleo a nivel de ingeniería para asistir a la industria ecuatoriana.

El desarrollo de este diseño beneficiará económicamente a la fábrica con un incremento de un 80% en la capacidad de producción diaria del modelo Kingsley, elaborado actualmente en la sección de vaciado ALPHA de EDESA

sin incrementar el área disponible para el trabajo, y sin aumentar el tiempo necesario para su fabricación.

Actualmente la sección ALPHA fabrica diariamente 144 piezas modelo Kingsley en un área de 1906 m², este proyecto propone incrementar la capacidad de fabricación a 260 piezas diarias aproximadamente, es decir, unas 116 piezas más de las que actualmente se producen. Tomando en cuenta el porcentaje de rotura actual, cercano al 35% en el modelo de poceta Kingsley a lo largo de todo el proceso de fabricación. De las 116 piezas extras fabricadas se aportarían diariamente un promedio de 75 piezas buenas después de todo el proceso, lo que significa un beneficio económico diario de aproximadamente 3750 dólares, ya que el costo de producción tiene un promedio de 50 dólares por pieza y el costo de venta se acerca a los 100 dólares.

Desde el punto de vista laboral, este diseño facilitará la fabricación de los productos al incorporar al proceso maquinaria y elementos semiautomáticos como puentes grúa con elevadores neumáticos, mesas móviles para desmoldado de piezas, etc. que darán agilidad al proceso de movimiento de moldes y permitirán reducir drásticamente el esfuerzo realizado por los obreros en el necesario transporte de partes, que como se mencionó, actualmente es manual.

El incremento de producción se conseguirá en base a dos factores: en primer lugar un manejo más rápido de los moldes utilizados para la producción de las piezas. Y en segundo lugar, se aprovechará de manera más eficiente el espacio disponible para producir las pocetas, que por su sistema manual de producción desperdicia espacio en las múltiples manipulaciones necesarias.

3. OBJETIVO GENERAL:

Proporcionar la información técnica necesaria para incrementar la producción en un 80% en el proceso de fabricación de pocetas cerámicas modelo Kingsley.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Realizar un análisis de la situación actual.
- Proponer los cambios para mejoramiento del proceso de fabricación.
- Diseñar en forma estructural y mecánica y modelar el sistema de desmoldado del anillo.
- Diseñar en forma estructural y mecánica y modelar el sistema de desmoldado del cuerpo.
- Realizar un análisis económico de los sistemas involucrados.

5. ALCANCE:

- El análisis será orientado a la sección de vaciado ALPHA de EDESA.
- El diseño se hará para el desmoldado de la poceta cerámica modelo Kingsley.
- Se generarán cálculos de diseño.
- Se generarán planos de la máquina.
- Se hará un presupuesto referencial para la construcción de la máquina.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN ACTUAL.

1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS.

La cerámica es el resultado de un complejo proceso productivo, es la suma articulada de varios trabajos concurrentes, fino e importante por sí mismo, y también por su relación con otros sectores y prácticas económicas.

La fabricación de la cerámica comienza con la obtención de arcillas, caolines, feldespatos y demás componente que en contra de lo que puede suponerse, la localización de éstos elementos idóneos no sólo exige un conocimiento del medio, sino que fundamentalmente tiene un carácter especializado, pues de sus calidades depende todo el proceso. Localizados, probados y transportados a la planta, los materiales plásticos y no plásticos entran en el proceso, como no plásticos el Feldespato y Sílice son cuidadosamente pesados y pulverizados en molinos de tambor giratorio por vía húmeda en períodos de hasta 12 horas, igualmente los materiales plásticos, Arcillas y Caolines, son pesados y cargados en mezcladoras para su disgregación y homogeneización.

Una vez obtenidos los productos de molienda de materiales plásticos y no plásticos, cada uno cumpliendo estrictas condiciones de peso específico, viscosidad, granulometría. Se almacenan por separado en cisternas con agitadores para evitar su sedimentación, siguiendo el proceso, mediante bombas neumáticas de diafragma se mueven estos productos hasta depositarlos en mezcladores en los que también se adicionan productos químicos diversos, que en conjunto consiguen la fórmula de preparación diseñada por el laboratorio, a la descarga de los mezcladores la pasta es nuevamente tamizada y almacenada en cisternas con agitadores, desde las cuales es conducida por bombeo hasta las máquinas de vaciado.

Una vez en las máquinas, se introduce la pasta en los moldes de yeso que están montados en filas de hasta 50 moldes por máquina, cuando los moldes se encuentran llenos de pasta se suspende la alimentación y se da inicio al “tiempo de formación”, que no es más que el tiempo necesario para que la pasta se solidifique al punto de que la pieza sea estructuralmente firme para que se sustente sola, este tiempo de formación es de aproximadamente una hora. Transcurrida esta hora de formación se comienza con el desmoldado de las piezas, este proceso exige del trabajador extremo cuidado, ya que cualquier manipulación brusca en este estado provocará grietas que a simple vista son invisibles pero que a medida que la pieza avanza en el proceso se hacen evidentes, especialmente después de que han pasado por el horno. Es entonces cuando las grietas invisibles se transforman en aberturas de grandes dimensiones que son causa para desechar el producto cuando la materia prima ya no es reutilizable.

En el proceso de desmoldado los vaciadores son los encargados de abrir los orificios que no son diseñados para formarse en el molde¹, especialmente para los anclajes, además se encargan de pulir la pieza, que no es más que retirarle rebabas presentes luego del desmoldado y corregir pequeñas imperfecciones con la ayuda de esponjas húmedas. Una vez terminado este trabajo se deja la pieza en reposo por períodos que pueden ir desde pocas horas hasta un día completo dependiendo de la complejidad del modelo fabricado, este tiempo de reposo es necesario para que la pieza seque hasta un punto en que pueda ser manipulada sin riesgo a deformaciones, concluido este período de inmovilidad las piezas se introducen en secadores, en los que pasan un promedio de 10 horas a temperaturas que llegan hasta los 100 °C en un proceso que exige un estricto control de las curvas de temperatura y humedad en función del tiempo con la finalidad de evitar la formación de grietas en los bordes de las piezas por condiciones bruscas de secado.

¹ Vaciadores, es el nombre asignado al personal que labora en el proceso de vaciado en la fabricación de piezas cerámicas.

Los moldes mencionados anteriormente, que se utilizan en las máquinas de vaciado para dar forma a la pasta cerámica. Se fabrican por colado de yeso en matrices de fibra de vidrio que también son diseñadas y construidas en la misma planta. Cuando el yeso ha fraguado en un tiempo de aproximadamente 5 minutos, se retira de las matrices y se somete a un proceso de secado por un tiempo cercano a 65 horas hasta cuando se ha evacuado cerca del 85% de su humedad y entonces se encuentra apto para absorber de manera efectiva el exceso de agua presente en la pasta cerámica y de esta forma provocar compactación y endurecimiento. Ahora queda clara la razón de utilizar moldes de yeso para la formación de las piezas con pasta cerámica y también se hace evidente la necesidad de reemplazar los moldes cuando su capacidad de absorción haya disminuido por saturación capilar del yeso con las sales presentes en la pasta cerámica. El promedio actual en el número de colajes por molde hasta llegar a la saturación del yeso es de 90 piezas por molde. A partir de este número de llenadas, el tiempo de formación se incrementa y la eficiencia del proceso disminuye.

Con una descripción rápida de la fabricación de la pasta cerámica, de los moldes para la pasta y del proceso artesanal de pulido de piezas luego de ser desmoldadas, es necesario hablar de otro proceso alternativo que es la fabricación de los esmaltes que se aplicarán sobre las piezas luego que han salido del proceso de secado y han sido debidamente inspeccionadas en crudo.

La fabricación del esmalte parte al igual que la pasta, de la obtención de los materiales adecuados: feldespato, sílice y caolín como materias primas en estado natural y componentes químicamente preparados como son colorantes, talco, fritas, etc. y agua. Todos estos materiales pesados, molidos y tamizados hasta llegar a las condiciones descritas por fórmula, que obviamente no puede ser revelada en este documento.

Con la información previa y siguiendo en nuestro recorrido por el proceso habíamos llegado hasta los secadores de piezas después de la sección de colado o vaciado. El siguiente paso es una inspección y pulido en crudo, en esta parte del proceso general, un inspector revisa el estado físico de la pieza, se ayuda en la detección de grietas con la aplicación de diesel I sobre los sectores de mayor incidencia, el diesel actúa al absorberse en la pieza como tinta penetrante en un ensayo no destructivo, revelando la presencia de micro grietas en la pasta cerámica. Si ha pasado esta prueba, entonces lo siguiente es pulir la pieza con esponjas duras hasta dejarla visiblemente sin rebabas o imperfecciones superficiales, pues el proceso siguiente será la aplicación del esmalte.

Una vez inspeccionada en crudo, la pieza es esmaltada con pistolas de atomización hasta que el esmalte depositado alcance un espesor de aproximadamente 30 micras, la aplicación del esmalte en cada pieza no lleva más de uno 45 segundos y el tiempo de secado es inmediato, de manera que terminada la aplicación de esmalte la pieza puede ser manipulada para su traslado en coches hasta los sitios de cuarentena de esmaltado en donde reposan durante por lo menos 1 hora antes de ingresar al horno, con la finalidad de que pueda evaporarse el exceso de líquido que ha sido depositado con el esmalte. Posteriormente, cuando ha pasado el tiempo necesario en las zonas destinadas a cuarentena, la pieza se carga en vagonetas que son los carros de acero y material refractario encargados de llevar las piezas por su recorrido en el interior de los hornos.

Los hornos son de tipo túnel con flujo de carga y descarga constante, en los que ingresan las vagonetas cargadas de piezas cada 20 minutos aproximadamente, en una longitud de sesenta metros que es el largo aproximado de los hornos, se controla el tiempo y la temperatura a la que serán sometidas las piezas durante todo su recorrido. El tiempo necesario desde que una vagoneta entra al horno hasta cuando sale por el otro extremo es de

aproximadamente 12 horas, en este último paso y a temperaturas en la zona de quema de hasta 1200 °C han sucedido todas las transformaciones químicas y mecánicas en la pasta cerámica, y también se han hecho evidentes las grietas que no hayan sido detectadas en los controles anteriores, pues el horno es un juez inflexible y revela cualquier falla anterior en un estado en el cual la materia prima ya no es reutilizable.

Cuando el producto ha salido de los hornos pasa a las líneas de Inspección Final, en las que un grupo de personal especializado es capaz de detectar fisuras internas en los productos por medio del sonido producido por las piezas al ser golpeadas con esferas de alúmina, se inspeccionan fallas en el esmalte, diferencias de tono, porosidades superficiales y con tintas penetrantes fisuras no apreciables a simple vista, que se han producido por enfriamientos bruscos a la salida del horno². A todos los defectos anteriormente mencionados podemos adicionar muchos más, hasta formar una lista de 98 defectos que pueden ser detectados por el personal y son reportados mediante capturadores electrónicos para alimentar una base de datos automática en la que se capta información detallada de cada uno de los procesos³, el seguimiento de la pieza puede llegar si el caso lo amerita, a determinar la procedencia de las materias primas con las que se ha preparado la pasta y el esmalte utilizado en la fabricación de una pieza determinada.

El siguiente paso es colocar los accesorios necesarios en los productos que los tengan y embalarlos para su almacenamiento en las bodegas de despachos. De este último tránsito en la fábrica, los productos serán distribuidos al mercado nacional o a cualquiera de los países que la planta exporta.

² Al hablar de enfriamientos bruscos, nos referimos a sutiles desviaciones de la curva de temperatura en función del tiempo, que deben seguir los productos dentro del horno.

³ La información ingresada en los teclados capturadores entre otros datos contiene los códigos de obrero y fecha de manipulación en: vaciado, inspección cruda, esmaltado. Posición de carga en las vagonetas, número de horno, modelo, color, etc.

1.1.1 GLOSARIO DE TÉRMINOS CERÁMICOS

Este glosario incluye los términos cerámicos más comunes, y en su elaboración se ha tratado de resumir los conceptos a un nivel accesible para inexpertos sin un conocimiento profundo del tema, en conjunto es una muy buena guía para comprender ágilmente la terminología utilizada en el proceso de fabricación de piezas cerámicas.

1.1.1.1 **Agua.** El concepto del agua es muy importante en cerámica. Se puede oír hablar de agua física o de agua química, y también de agua de formación o de combinación. Las primeras denominaciones, física o de formación, corresponden al agua o la humedad que agregamos físicamente a la pasta, y que se evaporará o será eliminada mediante el secado. El agua química o de combinación es la que está químicamente combinada con la arcilla no olvidemos que ésta es un silicato de alúmina hidratado: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, y que el agua se descompone y desprende de las piezas a partir de los 450° C del ciclo de horneado.

1.1.1.2 **Alfarería.** Se puede concebir como un sinónimo de cerámica, y proviene del término árabe alfahar, que parece significar el taller donde se confeccionan piezas cerámicas. Muchos se refieren a ella como la artesanía de la cerámica, lo que se podría aceptar como contrapartida de la cerámica industrial que produce piezas necesarias en la industria de la construcción, como sanitarios, tabiques, instalaciones eléctricas y otras.

1.1.1.3 **Alúmina.** Es el óxido de aluminio: Al_2O_3 . que junto con la sílice es el ingrediente más importante en la constitución de las arcillas y los barnices, proporcionándoles resistencia y aumentando su temperatura de maduración.

1.1.1.4 **Arcilla.** Según Bernard Leach en su Manual del Ceramista: "Ciertas tierras y rocas pulverizadas forman, cuando se combinan con el agua, una pasta suficientemente homogénea con la que se modelan formas llamadas piezas verdes, las cuales al endurecerse por la acción del fuego, se convierten en el producto llamado cerámica". La fórmula química de la arcilla pura es $Al_2O_3 + 2SiO_2 + 2H_2O$. Existen muchas formas de clasificar la arcilla pero en general este término será utilizado como sinónimo de barro o pasta.

1.1.1.5 **Atmósfera.** Esta palabra en cerámica se refiere exactamente al tipo de atmósfera o ambiente existente dentro del horno en el momento de la quema. La atmósfera es oxidante cuando es rica o abundante en oxígeno, y reductora cuando el oxígeno es escaso y por lo tanto la combustión incompleta y humeante. La diferencia en los resultados de estos dos tipos de quema se da por lo general en el color de las piezas obtenidas, tanto si son sancochos como si se queman con esmalte aplicado.

1.1.1.6 **Barbotina.** Mezcla líquida, pero espesa, de agua y arcilla. Se usa para pegar partes de una misma pieza trabajadas separadamente.

1.1.1.7 **Barniz.** Suspensión líquida de minerales finamente molidos, y que se aplica a las piezas cerámicas, por lo general una vez bizcochadas, por medio de pincel, baño de inmersión, o aspersion con algún tipo de pistola, spray o soplete. Estas piezas barnizadas se queman nuevamente en el horno, hasta la temperatura necesaria para obtener la fusión de la mezcla de los ingredientes, el barniz se convierte entonces en un recubrimiento vítreo firmemente adherido al cuerpo de arcilla. También se lo denomina esmalte, y ambas expresiones se aplican por igual al acabado vítreo resultado de estas operaciones.

1.1.1.8 **Bizcocho.** Pieza de cerámica cocida sin esmalte y a baja temperatura, por lo general como preparación para la aplicación de éste. Para definir este estado de la cerámica se utiliza también la palabra sancocho.

1.1.1.9 **Calcinación.** Consiste en quemar un material cerámico a una temperatura moderada, con el fin de extraer el agua química o el bióxido de carbono.

1.1.1.10 **Caolín.** Arcilla pura que se usa en la preparación de pastas y barnices de porcelana. Después de la quema su color es blanco y su fórmula química es la de la arcilla ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se la conoce también como arcilla china y, efectivamente, caolín deriva de la palabra china "kao-lin" que significa montaña de arcilla.

1.1.1.11 **Cerámica.** Arte o técnica para producir objetos duros y resistentes, moldeados con la mezcla de arcilla y agua, y luego horneados a una temperatura de 600°C o más. Ver también alfarería.

1.1.1.12 **Colorantes.** Son óxidos metálicos como los de cobre, hierro, cobalto y otros, que sirven para colorear bases de barniz incoloras. Básicamente podría decirse que son el contenido de color de los barnices o esmaltes. Cada uno presenta colores característicos, por ejemplo el cobalto quema azul, el cobre, verde y hasta rojos. Además el color resultante se puede cambiar o forzar en forma dramática, según si las piezas se queman en atmósfera oxidante o reductora, o si los esmaltes contienen otros ingredientes con los que interactúan.

1.1.1.13 **Conos pirométricos.** son pequeñas pirámides, de unos 5 cm de altura que sirven para medir la temperatura del horno; están fabricados con determinadas composiciones que se doblan y funden al alcanzar determinada temperatura. Los diferentes conos se diferencian con números (04, 05,.06, ..) y cada uno representa un rango de temperatura.

1.1.1.14 **Contracción.** Durante el secado, y debido a la pérdida de humedad, las piezas de arcilla sin quemar sufren un encogimiento que puede llegar hasta el 20% de su tamaño original. Posteriormente, en la quema, se reducirán un poco más todavía. Ese cambio puede ser sorprendente.

1.1.1.15 **Cuero.** Estado de las piezas de cerámica crudas que ya han perdido la mayor parte del agua física, y que se reconoce porque ya no obedecen a la presión de los dedos. Su consistencia es rígida, y es el mejor momento para esgrafiar, bruñir o engobar.

1.1.1.16 **Chamote.** Arcilla calcinada, luego triturada o molida que se agrega a arcillas demasiado plásticas para conferirles resistencia y también para reducir el encogimiento. También se lo conoce como grog o chamota.

1.1.1.17 **Engobe.** En principio, podríamos decir que es la mezcla de arcilla y agua, en una suspensión espesa, coloreada con óxidos metálicos o pigmentos cerámicos, que se utiliza para la decoración de piezas crudas, en estado de cuero. Por lo general se aplica con pincel o por inmersión. Es la decoración por excelencia de las cerámicas americanas prehispánicas.

1.1.1.18 **Frita.** Barniz parcial o completo, fundido en el horno hasta alcanzar la condición de vidrio, enfriado y luego molido. Luego se usa para

esmaltar piezas o en la preparación de otros barnices. Con este procedimiento se elimina la toxicidad del plomo y la solubilidad de los fundentes alcalinos.

1.1.1.19 **Fundente.** Además de la sílice (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3), los barnices deben contar con fundentes, de estos tres elementos necesarios para la formación de los barnices. Según las temperaturas que se desee alcanzar estos elementos varían: el plomo y los álcalis para las más bajas, y el sodio y el potasio de los feldespatos para las altas.

1.1.1.20 **Horno.** Cámara construida con paredes refractarias y provista de un equipo de calentamiento alimentado por diferentes combustibles (electricidad, gas, diesel, leña, etc.), y que al alcanzar altas temperaturas, hace posible el horneado o quema de las piezas para sancocho y también esmaltes. Hay infinidad de modelos de hornos, desde los improvisados con tambores o tanques metálicos cubiertos con ladrillos refractarios hasta los grandes hornos continuos o de túnel de la cerámica industrial, donde las piezas entran en pequeños vagones, como trenes, pasan a lo largo de muchos metros por las diferentes temperaturas, y al final del túnel salen quemadas o barnizadas, según la aplicación.

1.1.1.21 **Madurez.** Estado en que la pasta cerámica desarrolla su mayor dureza y densidad. En cuanto a los barnices, la madurez se refiere al punto en que funden completamente, adhiriéndose íntimamente a la pasta y adquiriendo una textura agradable al tacto.

1.1.1.22 **Molde.** Elemento generalmente de yeso, que contiene una forma hueca y que será llenado con pasta en forma de suspensión líquida espesa. El molde puede ser de una varias partes según lo complejo de la pieza; la partes se encajan mediante broches, que son pequeñas cuñas que en

el lado contrario corresponden a hoyos. Los broches evitan que el molde se descuadre y la pasta se escurra, para sujetar firmemente las partes se utilizan prensas manuales, cuerdas, ligas de goma o hule, etc.

1.1.1.23 **Molino de bolas.** Jarra o tubo cilíndrico de porcelana con bolas del mismo material en su interior, que al girar permite moler o desmenuzar materiales secos o húmedos que servirán como ingredientes para pastas o barnices. Debido a su peso y tamaño, lo usual es que el molino sea movido por un motor eléctrico. El sentido de usar bolas de porcelana para moler, es que al ser un material muy duro, la porcelana se desgasta poco y no contamina el material que se está moliendo.

1.1.1.24 **Opacificantes.** Se utilizan para opacar las bases transparentes de un barniz. Se usan óxidos como el de estaño, que por su composición química impide que penetre la luz a través del barniz en el que ha sido agregado.

1.1.1.25 **Pasta.** Es una mezcla de arcillas y otros ingredientes susceptible de ser quemada, sirve para fabricar las piezas cerámicas.

1.1.1.26 **Pirómetro.** Instrumento para medir la temperatura dentro del horno; hay de tipo eléctrico y mecánico, análogos y digitales. La diferencia significativa con los termómetros es que los pirómetros se meten dentro del horno y están expuestos directamente al fuego (en griego, piro significa fuego). Hornos industriales modernos pueden tener pirómetros integrados, y a través de sus lecturas una computadora programa la quema.

1.1.1.27 **Plasticidad.** Característica de la arcilla que le permite ser modelada y retener la forma permanentemente.

1.1.1.28 **Porcelana.** Cerámica blanca vitrificada y translúcida que quema a las más altas temperaturas (alrededor de 1325°C). Existen varios tipos de porcelana reconocidos: de China, de huesos, dura, de cáscara de huevo, etc. Otras formas más corrientes de porcelana se utilizan también como aislantes en fusibles, torres de alta tensión y otras instalaciones eléctricas.

1.1.1.29 **Refractarios.** Son materiales con altos contenidos de alúmina y sílice que debido a su alto punto de fusión, los hace resistentes a temperaturas muy altas. Por esta razón son usados como placas y accesorios para hornos.

1.1.1.30 **Sílice.** Es el óxido de silicio (SiO_2). Lo encontramos en la naturaleza como pedernal o cuarzo. Junto con la alúmina (Al_2O_3) es el componente que forma la base de las arcillas. Con la sílice, la alúmina y posteriormente con el agregado de fundentes obtendremos los barnices que recubrirán los cuerpos cerámicos.

1.1.1.31 **Vaciado.** Equivalente a moldeado. Es el proceso para la confección de piezas que se realiza vertiendo una pasta líquida pero espesa en moldes de yeso; como éste absorbe el agua más cercana, permite que se forme una capa de pasta más firme sobre la pared del molde. Este proceso tomará desde unos pocos minutos hasta horas, dependiendo de las piezas, la humedad y el grosor deseado de la pared de la pieza. Obtenidas las condiciones deseadas, se extrae o elimina la pasta líquida restante. Más tarde, cuando la pieza se haya secado algo más, adquiriendo la consistencia suficiente para ser manipulada, se desprende del molde fácilmente.

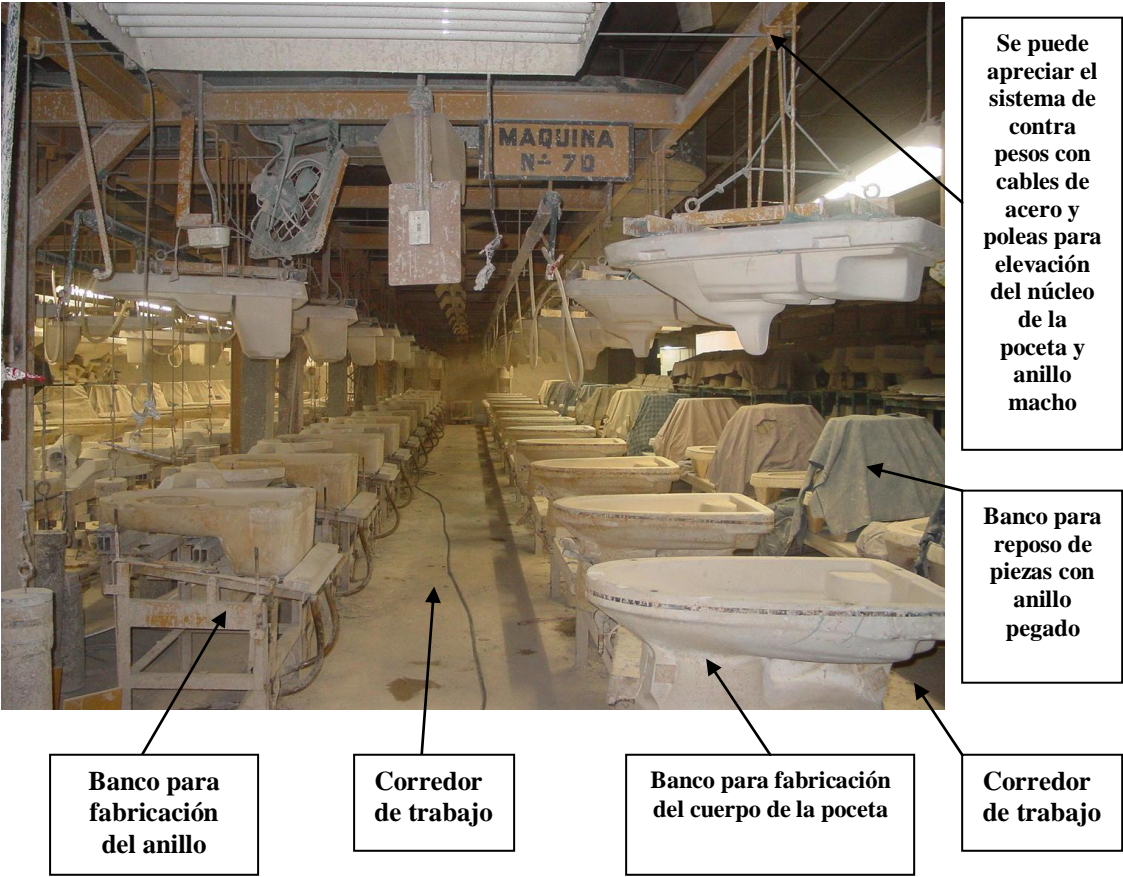
1.2 CONDICIONES INICIALES DE TRABAJO EN LA SECCIÓN A MODIFICARSE.

La sección de vaciado ALPHA de EDESA, es el sector encargado de producir los modelos élite de la planta. En un área de 1906 m², al momento se encuentran distribuidas 6 máquinas para la fabricación de pocetas modelo Kingsley, una máquina para la fabricación de pocetas modelo Vácuti, y una máquina para urinario modelo Lawton. Todos ellos, modelos exclusivamente para exportación.

Las máquinas utilizadas para la producción de pocetas Kingsley, que son el objetivo de este estudio, tienen una longitud de 24 metros y un promedio de 4.5 metros de ancho, espacio en el que se encuentran distribuidas 12 posiciones de llenado, es decir 12 moldes de yeso. Cada máquina cuenta con un operador principal (vaciador) y un ayudante, encargados y responsables de la producción diaria de las piezas.

En una breve descripción cada máquina consta: de un banco para fabricación del anillo, que es el lugar en el que se encuentran distribuidos los moldes con sus respectivas conexiones de pasta, aire, agua. Un banco para la fabricación de la base, al igual que para el anillo tiene distribuidos los moldes, y cada uno de los ellos tiene sus conexiones de pasta, aire y agua. Y por último se ha instalado un banco en el que se depositan las piezas cuando ha sido pegado el anillo con la base y han sido desmoldadas totalmente. Lo expuesto se puede visualizar rápidamente en la fotografía siguiente (Ver Fotografía 1.1). Y luego, con medidas generales se podrá mirar una vista de planta de los componentes de una máquina con 12 moldes para la fabricación de pocetas

modelo Kingsley en el esquema presentado como anexo. (Ver anexos, esquema 1.1



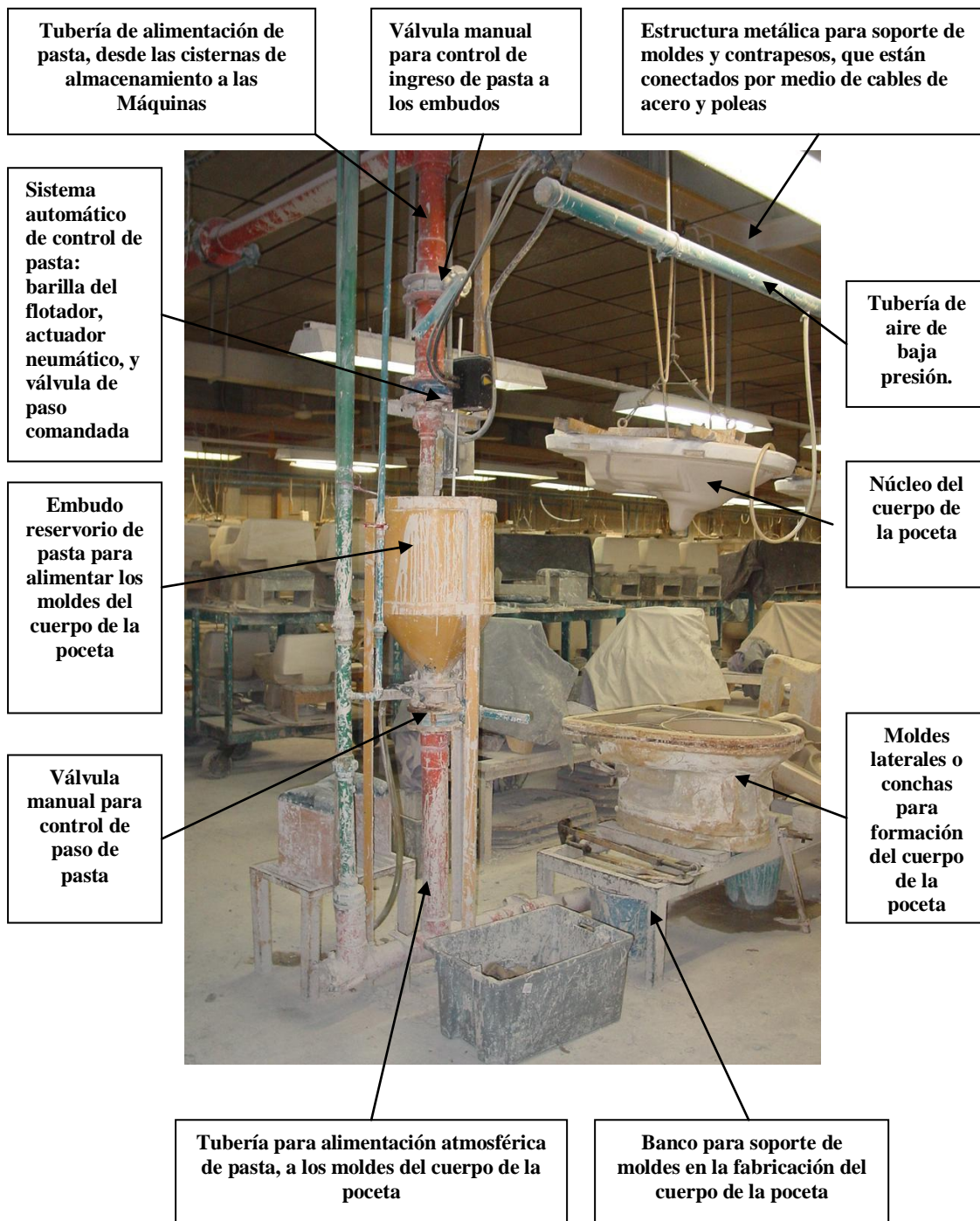
Fotografía 1.1 Máquina para fabricación de pocetas modelo Kingsley. De izquierda a derecha se observan: Banco para fabricación del anillo, corredor de trabajo, banco para fabricación del cuerpo, corredor de trabajo, banco para reposo de piezas con anillo pegado.

El proceso de fabricación del modelo de pocetas Kingsley es uno de los más laboriosos y cuidadosos en la Planta, por esta razón se ha seleccionado y entrenado con mucha dedicación al personal que trabaja en esta sección. Al momento se labora en dos turnos, el primer grupo inicia sus tareas a las cinco de la mañana, con la verificación del estado de los moldes y conexiones

correctas de pasta y aire de baja presión (2–3 psi.), luego de constatar el estado de los moldes se los sella con prensas manuales y eléctricamente se abren válvulas para permitir el ingreso de pasta a embudos que actúan como tanques de reserva de pasta, el nivel de pasta en estos embudos se controla con flotadores que actúan sobre electro válvulas y actuadores neumáticos, desde estos tanques de abastecimiento y valiéndonos del principio de vasos comunicantes se alimenta de pasta a una flauta que permite la entrada atmosférica en cada uno de los moldes ubicados en los bancos tanto para la fabricación del anillo como de la base de la poceta (Ver Fotografía 1.2). Cada banco, de anillos y de bases, tiene un sistema de alimentación de pasta diferente. El tiempo necesario para llenar todos los moldes en la máquina es de aproximadamente 10 minutos.

Terminada esta etapa de llenado, se suspende automáticamente la alimentación de pasta a los embudos y se deja reposar en los moldes por un período de 100 minutos aproximadamente, durante este tiempo el yeso del que se encuentran formados los moldes cumple su función de retirar el agua en exceso presente en la pasta cerámica, provocando su compactación y formación o endurecimiento. Transcurrido este tiempo y proceso, se abren manualmente los moldes retirando las partes necesarias que permitan hacer los trabajos de reparación con pasta más líquida, brochas⁴, y esponjas húmedas, estas labores de reparación se las efectúa en las pequeñas grietas presentes en la pieza luego de su parcial desmoldado o desconche, posteriormente con la ayuda de “formaletas”, se abren los orificios del anillo que permiten el flujo de agua para el funcionamiento de la pieza, por otra parte, en la base también se realizan similares trabajos, el desmoldado parcial, las reparaciones y apertura de huecos ha tomado aproximadamente una hora.

⁴ Para el caso del anillo se retira el “molde macho del anillo”, y para el caso de la base, se retira el “núcleo”. Más adelante, en la sección de levantamiento de planos de las molduras se podrán apreciar claramente estos componentes.



Fotografía 1.2 Sistema de embudos para alimentación atmosférica automática de pasta a los moldes en los bancos de trabajo.

El paso siguiente, pegar el anillo en la base. Para lo cual se utiliza barbotina o pasta con viscosidad más alta que la utilizada para la formación de piezas, preparada en el laboratorio con el explícito propósito de ser empleada como pega entre partes de cerámica cuando aún se encuentra la pasta húmeda. Para el pegado del anillo se distribuye de manera uniforme la barbotina sobre las superficies que van a ser unidas, luego de forma manual se mueven los moldes hembra del anillo con la pasta formada en su interior para llevarlos al otro banco sobre la base, se acomodan perfectamente los moldes del anillo y base y con suaves movimientos se provoca el desmoldado del anillo sobre la base, se retorna el molde hembra del anillo vacío a su banco original y seguidamente se ejerce con la mano una ligera presión sobre el anillo que se acaba de depositar para que se adhieran y coincidan perfectamente las partes. Este procedimiento de transporte y pegado se repite individualmente para cada uno de los doce moldes de cada máquina, y en esta etapa del trabajo se han empleado aproximadamente treinta minutos.

Una vez pegado el anillo se esperará una hora más o menos para que la pega actúe y se solidifique formando de las partes, una sola pieza. Mientras tanto, se colocan refuerzos de pasta en las partes más susceptibles de falla, se abren otros orificios necesarios para el funcionamiento de la pieza y se corrigen grietas e imperfecciones visibles en la pasta. Transcurrida esta hora de reposos y al igual que antes, de manera manual se desconcha la pieza de los moldes de la base, y luego de ser depositada en soportes adecuados de espuma química se traslada al banco destinado para reposo de piezas con anillo pegado. Hasta este momento han transcurrido aproximadamente unas cinco horas y cuando los moldes se han desocupado ingresa el segundo grupo de vaciadores para comenzar el trabajo que se ha descrito paso a paso en las líneas anteriores. Mientras el segundo grupo de trabajo empieza sus actividades de verificación, llenado de moldes, etc. El primer grupo completará sus ocho horas de trabajo diario en el acabado final de la pieza, corrigiendo grietas visibles, impregnando con sellos de alto relieve el código de obrero responsable de la producción, la fecha de fabricación, puliendo la pieza y al final del trabajo cubriendo la producción con mantas con el objetivo de crear un

microclima en cada pieza en donde la temperatura y humedad varíen lentamente, evitando que las piezas se tricen en los bordes por secado brusco.

Terminado el trabajo de fabricación en verde de la pieza, se deja en reposo hasta el siguiente día, cuando pueda ser manipulada con mayor facilidad para ser ingresada al proceso de secado, inspección cruda, esmaltado, etc. Como parte de la secuencia de fabricación de la cerámica que se había descrito con detenimiento anteriormente.

El desarrollo de este trabajo llegará a presentar un diseño que colabore con la ejecución de los pasos para la producción de este modelo de pieza cerámica hasta dejarla depositada sobre el banco de reposo con el anillo pegado.

1.3 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LA SECCIÓN.

A continuación, y con la finalidad de tener una clara visión de la distribución de las máquinas dentro de la sección a modificar se dará una descripción del área y como apoyo se presenta el plano de distribución de la zona (Ver anexos, plano 1.1).

La sección de vaciado ALPHA tiene un área de 1906 m² útiles para producción, en la determinación del espacio se han descontado los lugares ocupados por el secador de piezas y por el corredor de ingreso.

En esta zona tenemos en total ocho máquinas que han sido numeradas sin un orden lógico, pero que en el ambiente general de la fábrica mantienen

coherencia con la secuencia de su construcción. Las máquinas que se destinan a la fabricación de pocetas modelo Kingsley son las siguientes: MAQUINA N° 70, MAQUINA N° 71, MAQUINA N° 72, MAQUINA N° 75, MAQUINA N° 76 y MAQUINA N° 88. La MAQUINA N° 89 es utilizada para la fabricación de pocetas modelo Vácuti. Y por último, la MAQUINA N° 77 es utilizada para fabricar urinarios modelo Lawton.

El plano de anexo y las aclaraciones realizadas permiten tener una idea general de la sección de vaciado ALPHA, la ubicación de las máquinas, y los modelos de piezas cerámicas fabricados en cada una de ellas. Ahora, es necesario visualizar esquemáticamente una máquina con sus componentes principales, a fin de conseguir este objetivo se han elaborado esquemas tridimensionales que se presentan como anexos (Ver anexos, esquema 1.2).

1.4 LEVANTAMIENTO DE PLANOS DE LAS MOLDURAS.

En esta parte del trabajo se presentan los planos de cada uno de los moldes utilizados para la fabricación de la poceta cerámica modelo Kingsley, y por motivos de confidencialidad industrial se han incluido solamente un reducido conjunto de medidas, las más relevantes.

1.4.1 MOLDE HEMBRA PARA EL ANILLO.

El gráfico esquemático del molde hembra para el anillo se presenta como anexo (Ver anexos, esquema 1.3).

1.4.2 CILINDRO PARA MOLDE HEMBRA DEL ANILLO.

El gráfico esquemático del cilindro para el molde hembra del anillo se presenta como anexo (Ver anexos, esquema 1.4).

1.4.3 MOLDE MACHO PARA EL ANILLO.

El gráfico esquemático del molde macho para el anillo se presenta como anexo (Ver anexos, esquema 1.5).

1.4.4 MOLDES LATERALES DEL CUERPO DE LA POCETA.

El gráfico esquemático de los moldes laterales del cuerpo de la poceta se presenta como anexo (Ver anexos, esquema 1.6).

1.4.5 NÚCLEO DEL CUERPO DE LA POCETA.

El gráfico esquemático del núcleo para el cuerpo de la poceta se presenta como anexo (Ver anexos, esquema 1.7).

1.4.6 BASE DEL CUERPO DE LA POCETA

El gráfico esquemático de la base para el cuerpo de la poceta se presenta como anexo (Ver anexos, esquema 1.8).

1.5 DETERMINACIÓN DE PESOS DE LAS MOLDURAS.

Una vez identificados los moldes necesarios en la fabricación de una poceta de modelo Kingsley, será preciso conocer los pesos de cada uno de estos elementos y también de la pasta cerámica necesaria para la formación tanto del anillo como del cuerpo, a fin de que sean éstas las cargas de trabajo consideradas en el diseño estructural de la máquina. En la tabla a continuación se presentan los mencionados pesos.

Tabla 1.1 Pesos de moldes y pasta cerámica para pocetas Kingsley

PESOS DE PASTA CERÁMICA Y MOLDURAS.	
Descripción	Peso (Kg.)
Molde hembra para el anillo	53,7
Cilindro para molde hembra del anillo	7,5
Molde macho para el anillo	72,92
Moldes laterales del cuerpo de la poceta	43,86
Núcleo del cuerpo de la poceta	68,3
Base del cuerpo de la poceta	34,8
Soporte de espuma para reposo de la pieza con anillo pegado	2,92
Pasta para formación del anillo	8,12
Pasta para formación del cuerpo	40,96
Pieza completa húmeda	49,08
Pieza completa + dos moldes laterales + dos prensas para unión de los moldes laterales + soporte de espuma para la pieza con anillo pegado	145,72

1.6 PERFILERÍA DISPONIBLE EN EL MERCADO.

Se buscaron y cotizaron los materiales disponibles para el diseño con los distribuidores de acero más representativos en nuestro medio, la perfilería normalmente distribuida se presenta como anexo (Ver anexos, Tabla 1.2 – 1.3 – 1.4).

CAPÍTULO II

PROPUESTA DEL NUEVO PROCESO

2.1 ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS NECESARIOS EN LAS MOLDURAS.

2.1.1 PARA FABRICACIÓN DE ANILLO.

El proceso de fabricación del anillo comienza con la verificación física de los moldes cuando el equipo de vaciadores inicia sus labores, una vez hecha la verificación se necesitan en secuencia los siguientes pasos.

a) Aplicación de antiadherentes.- Es necesario luego de la revisión física de los moldes aplicarles una delgada capa de talco, para que actúe como antiadherente entre la pasta y el molde de yeso. (Ver anexo, Fotografía 2.1)

b) Prensado o cierre del molde.- Mediante prensas instaladas en el banco para reposo de los moldes, se sellan las partes necesarias, el molde hembra ubicado en la parte inferior y el molde macho en la parte superior. (Ver anexo, Fotografía 2.2)

c) Apertura de moldes.- Una vez transcurrido el tiempo necesario para la formación de la pasta cerámica dentro del molde del anillo, se procede a su apertura: en primer lugar se liberan las prensas, luego ayudados por el contrapeso ligado al molde macho, se procede a levantarlo. (Ver anexo, Fotografía 2.3)

d) Trabajos sobre la pasta.- Una vez separados los moldes, la pasta formada en la parte hembra queda apoyada sobre el banco de soporte,

plenamente visible y al alcance de los obreros para que puedan realizar trabajos de curado de pasta y apertura de orificios de funcionamiento de la pieza, con la ayuda de formaletas. (Ver anexo, Fotografía 2.4)

En este recorrido por el proceso de fabricación del anillo se hace evidente la necesidad de rediseñar el banco para soporte de los moldes a fin de conseguir una mejor distribución de éstos en la máquina, que nos lleve a incrementar el número de piezas fabricadas en el mismo espacio físico. El rediseño de los bancos soporte partirá de un rediseño en el sistema de prensado ya que el método actual es en mucho, responsable de la pérdida de espacio.

2.1.2 PARA FABRICACIÓN DEL CUERPO DE LA POCETA.

De manera similar que en la fabricación del anillo, este proceso comienza con la verificación física de las cuatro partes del molde necesarias para la confección de la base de la pieza, terminada esta inspección los pasos necesarios en secuencia son los siguientes:

a) Aplicación de antiadherentes.- Se aplica una delgada capa de talco sobre los moldes para evitar que la pasta se pegue en el molde de yeso, mediante almohadillas llenas de este producto. (Ver anexo, Fotografía 2.1)

b) Prensado o cierre del molde.- Se utilizan prensas manuales para cerrar las conchas o moldes lateralmente luego de que han sido ubicados sobre el molde base. A continuación se coloca el núcleo o molde tapa. Estos elementos: base, conchas y núcleo, son prensados verticalmente mediante la utilización de prensas manuales ancladas en el banco de reposo. (Ver anexo, Fotografía 2.2)

c) Apertura de moldes.- Cuando los moldes se han cerrado correctamente se permite el ingreso de la pasta cerámica en su interior, y si el tiempo necesario para la formación de la pieza ha transcurrido, se procede a la apertura del molde. En primer lugar se liberan las prensas manuales que mantienen la presión vertical sobre las partes del molde y con la ayuda del contrapeso se levanta el núcleo dejando expuesta la pasta, al alcance del obrero. (Ver anexo, Fotografía 2.5)

d) Trabajos sobre la pasta.- Al retirar el núcleo se pueden efectuar los trabajos sobre la pasta que se ha formado dentro del molde, en este paso de la fabricación se procede a curar fisuras, y a pegar partes adicionales. (Ver anexo, Fotografía 2.6 y 2.7)

2.1.3 PARA UNIÓN ENTRE ANILLO Y CUERPO.

Cuando han sido fabricados de manera simultanea y en bancos paralelos, por un lado el anillo y por otro lado el cuerpo de la poceta. Cuando se han realizado todos los trabajos de curado en la pasta, y se han abierto parte de los orificios necesarios para el funcionamiento hidráulico de la pieza, es hora de unir las partes.

a) Transporte del anillo.- Con la colaboración del ayudante se trasladan los moldes hembra del anillo con la pasta contenida en su interior, hasta ser ubicados sobre los espacios libres en el banco para fabricación del cuerpo de la poceta. (Ver anexo, Fotografía 2.8)

b) Aplicación de barbotina.- Para unir las partes se aplica Barbotina en los bordes del cuerpo que harán contacto con la pasta cerámica del anillo. (Ver anexo, Fotografía 2.9)

c) Colocación del anillo.- Con la ayuda del asistente se sujeta el molde hembra del anillo y se lo lleva sobre el molde del cuerpo de la poceta y con suaves movimientos se obliga a que la pasta contenida en el molde hembra del anillo se desmolde y se deposite sobre la pasta que constituye el cuerpo. A continuación el vaciador ejerce presión ligeramente sobre el anillo de pasta depositado, a fin de que la barbotina escurra por los bordes de contacto, asegurando de esta manera su correcta adherencia. (Ver anexo, Fotografías 2.10 y 2.11)

d) Retorno del molde del anillo.- Una vez colocados los anillos en su lugar el molde hembra vacío del anillo es ubicado nuevamente en su banco de reposo, en espera de un nuevo proceso de fabricación. Al igual que antes, este movimiento fue realizado entre los dos obreros encargados de la máquina. (Ver anexo, Fotografía 2.12)

e) Trabajos sobre la pasta.- Con el anillo pegado en su lugar, se continúa con los trabajos de curado de pasta y pegado de soportes mientras se da el tiempo necesario para que la pega seque lo suficiente a fin de que las partes formen una sola pieza susceptible de ser manipulada sin atentar con su estructura y estabilidad.

De todo lo que se ha expuesto con detenimiento en esta sección, se considera necesario asistir al personal con el diseño de maquinaria que le permita mover los moldes hembra con la pasta incluida hasta depositarlos directamente sobre los moldes del cuerpo ubicados frente a frente en el banco paralelo, para esta tarea se montará un puente grúa que se deslice a lo largo

del corredor de trabajo elevando y trasladando los moldes del anillo a su destino final y luego de que se haya depositado la pasta cerámica del anillo en su sitio, retorne con el molde hembra vacío a su banco de reposo. De manera, que el diseño de maquinaria será orientado para asistir a los obreros en los literales (a, c y d) detallados anteriormente.

2.1.4 PARA DESMOLDADO DE LA PIEZA TERMINADA.

Los movimientos utilizados para desmoldar la base luego de que el anillo de pasta ha sido pegado son los siguientes:

a) Desmoldado parte inferior de la poceta.- Para este trabajo el vaciador y su ayudante retiran las prensas horizontales que mantienen unidas las conchas o moldes laterales, y luego inclinan todo el conjunto unos 90° hasta dejarlo reposando sobre una de las conchas para poder retirar el molde inferior de la pieza. (Ver anexo, Fotografía 2.13)

b) Desmoldado primera concha lateral.- Una vez retirado el molde inferior del cuerpo y colocado en el banco en la posición de trabajo, y con la pieza todavía inclinada lateralmente, se mueve la concha que ha quedado expuesta en la parte superior y se la deposita sobre el molde inferior en su posición de trabajo. (Ver anexo, Fotografía 2.14)

c) Desmoldado segunda concha lateral.- Para remover la segunda concha, en el mismo sentido se vuelve a rotar otros 90° hasta cuando la pieza quede apoyada en el soporte de espuma con el anillo hacia abajo, entonces se quita la segunda concha lateral y se arma con los otros moldes del cuerpo de la poceta. (Ver anexo, Fotografías 2.15 y 2.16)

d) Armado de moldes.- Cuando la pieza se ha terminado de desmoldar, se arman, cierran y prensan nuevamente los moldes. Ahora se encuentran listos para un nuevo proceso de llenado.

e) Acabados en la pieza.- Con los moldes armados inmediatamente se comienza con los trabajos de reparación de grietas y acabados con esponjas y brochas sobre la pasta cerámica de la pieza que ahora se encuentra en el soporte de espuma que servirá para que la poceta sea trasladada hasta el banco de reposo en el que se mantendrá hasta el día siguiente para iniciar su recorrido en las siguientes etapas de fabricación.

Para esta fase del proceso se diseñarán los implementos mecánicos necesarios para ayudar en el desmoldado de la pieza con anillo pegado hasta dejarla depositada sobre su soporte para que sea llevada hasta las zonas definidas para su estadía.

Con la construcción de un puente grúa que se deslice a lo largo del segundo corredor de trabajo solidariamente con una mesa a la que se incorporen brazos mecánicos para abrir lateralmente las conchas, se conseguirá asistir a los obreros en esta compleja operación de desmoldado.

2.2 EQUIPOS Y ACCESORIOS A DISEÑAR.

- Diseño de soportes para moldes del anillo.
- Diseño de prensas para moldes del anillo.

- Diseño de pórticos y puente grúa para movimiento del anillo hasta depositarlo sobre los moldes del cuerpo de la pieza.
- Diseño de pórticos y puente grúa para movimiento de la pieza con anillo pegado hasta depositarla en la mesa para apertura de moldes laterales del cuerpo de la pieza.
- Diseño de la mesa para apertura de moldes laterales del cuerpo de la pieza

CAPÍTULO III

DISEÑO DE MAQUINARIA

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE DESMOLDADO DEL ANILLO.

Este capítulo de diseño de maquinaria será desarrollado en base a resultados obtenidos del COSMOS/DesignSTAR, y con la finalidad de que el lector tenga fundamentos para la correcta interpretación de los resultados entregados por el software al examinar las piezas mecánicas. Es conveniente que se desarrolle el estudio de una pieza o elemento modelo en el que se muestre el análisis de resultados basándonos en su procedencia y mecánica de cálculo. De manera que, lo primero será construir la pieza en el sistema CAD preferido para luego generar el archivo adecuado que nos permita abrir el modelo en COSMOS/DesignSTAR.

Transferido el modelo al COSMOS se deberán crear estudios, asignar materiales, definir cargas, definir restricciones, definir condiciones de bordes en la malla, crear la malla necesaria, correr el análisis y finalmente visualizar los resultados.

Más adelante, se muestran pantallas capturadas al examinar estructuralmente el modelo escogido. Se presentan gráficos con las distribuciones de los tres esfuerzos principales y de Von Mises, y en cada uno de ellos se ha determinado el valor respectivo en el punto escogido para análisis, ver figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4. Finalmente se muestra en la figura 3.5, el factor de seguridad general calculado por el programa en base al elemento sometido a las exigencias más severas en toda la malla.

Los resultados obtenidos del programa para el punto crítico de nuestro modelo se presentan en la tabla 3.1.

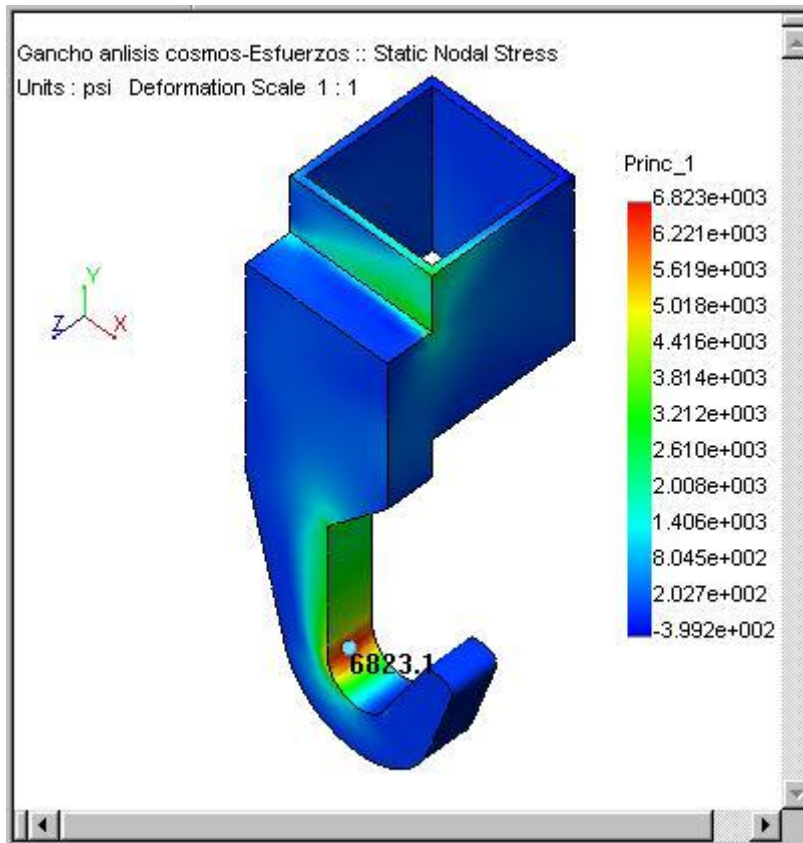


Figura 3.1 Vista del modelo, se muestra el primer esfuerzo principal

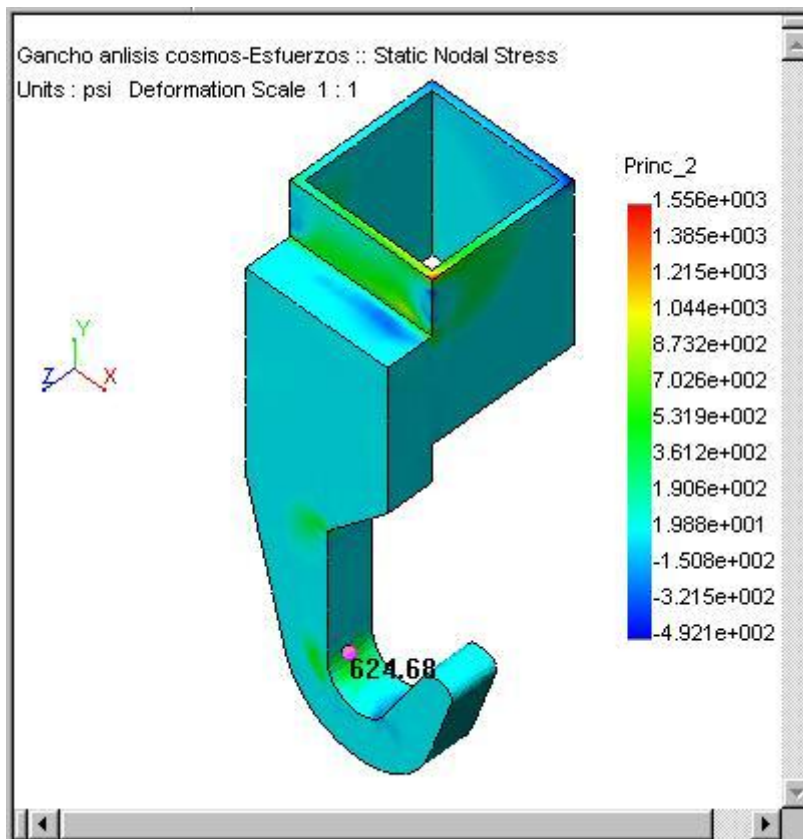


Figura 3.2 Vista del modelo, se muestra el segundo esfuerzo principal

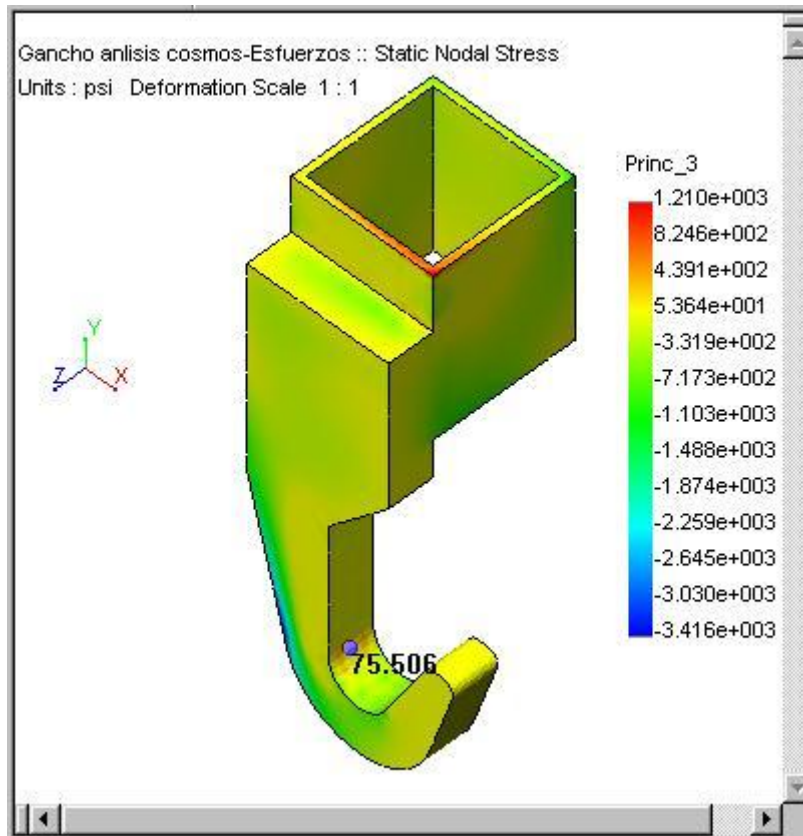


Figura 3.3 Vista del modelo, se muestra el tercer esfuerzo principal

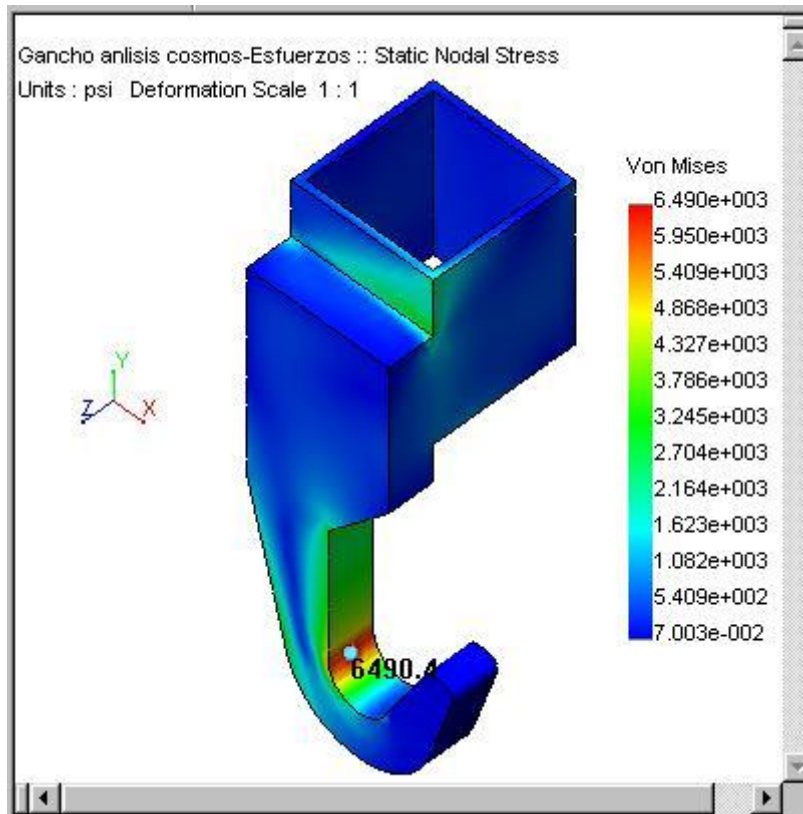


Figura 3.4 Vista del modelo, se muestran los esfuerzos de Von Mises.

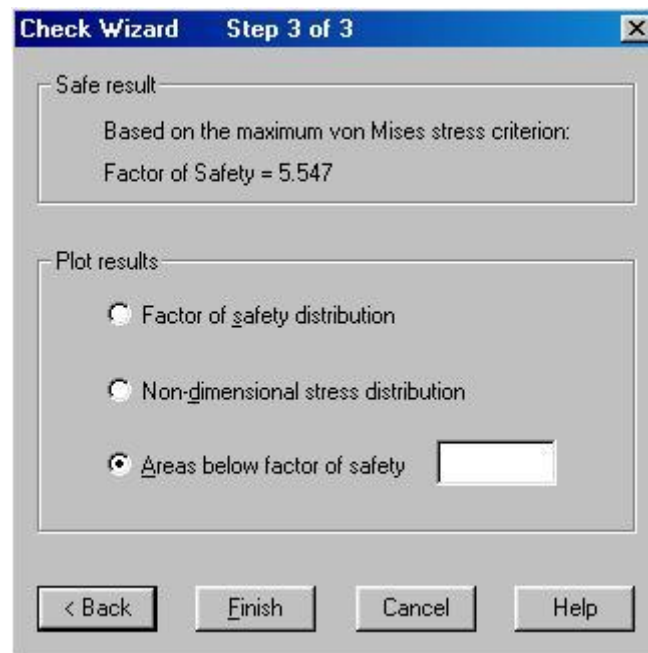


Figura 3.5 Factor de seguridad general del modelo (F.S. = 5.547)

El software utilizado basa su trabajo en tecnología de elementos finitos, que le permite manejar y resolver simultáneamente gran cantidad de ecuaciones a fin de obtener para cada elemento de la malla los valores de esfuerzos normales para los tres ejes, valores de esfuerzos cortantes en los tres planos, los valores de los tres esfuerzos principales y finalmente el esfuerzo de Von Mises, con el que se determinará el factor de seguridad general para el modelo estudiado.

En los datos de la tabla 3.1 tenemos resultados de los esfuerzos normales en los ejes X, Y, Z, y esfuerzos cortantes en los tres planos. Estos valores son producto de la interacción entre todos y cada uno de los elementos

infinitesimales de la malla, partiendo de las condiciones de carga, restricciones, y demás parámetros definidos para el modelo..

Para el cálculo de los esfuerzos principales y para el cálculo de los esfuerzos de Von Mises que nos llevarán a la determinación del factor de seguridad general, nos apoyaremos en los resultados previos de esfuerzos normales y cortantes y en el uso de ecuaciones de resistencia de materiales.

Tabla 3.1 Resultados del análisis en el punto crítico del modelo.

Parámetro de diseño	Valor	Unidad
Sx: (Esfuerzo normal dirección x)	586.06	psi
Sy: (Esfuerzo normal dirección y)	6312.7	psi
Sz: (Esfuerzo normal dirección z)	624.53	psi
Txy: (Esfuerzo cortante plano xy)	-1784.1	psi
Txz: (Esfuerzo cortante plano xz)	15.728	psi
Tyz: (Esfuerzo cortante plano yz)	-15.934	psi
P1: (Esfuerzo principal 1)	6823.1	psi
P2: (Esfuerzo principal 2)	624.68	psi
P3: (Esfuerzo principal 3)	75.506	psi
Von Mises: (Esfuerzo de Von-Mises)	6490.4	psi
F.S. (Factor de seguridad)	5.547	

La teoría de Von Mises es conocida también como la teoría de la máxima energía de distorsión, es decir, la energía asociada con los cambios de forma de los materiales. Esta teoría establece que un componente estructural dado es seguro siempre y cuando: la energía máxima de distorsión aplicada por unidad de volumen sea menor que, la energía de distorsión por unidad de volumen necesaria para hacer fluir una probeta del mismo material sometida a tensión.

Por lo tanto, el criterio de seguridad de esta teoría se cumple siempre y cuando $\sigma_{Von-Mises} \leq \sigma_{Fluencia}$. La ecuación siguiente (Ec. 3.1) define la relación existente entre los esfuerzos principales y los esfuerzos de Von Mises.

$$\sigma_{Von-Mises} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

σ_1 = Esfuerzo principal 1

σ_2 = Esfuerzo principal 2

σ_3 = Esfuerzo principal 3

Los esfuerzos principales y de Von Mises soportados por cada uno de los elementos infinitesimales se calculan a partir de esfuerzos normales y cortantes en cada elemento bajo fórmulas de resistencia de materiales. Las ecuaciones (3.1), (3.2), (3.3) y (3.4) nos permiten calcular estos esfuerzos.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$\begin{aligned} & \sigma_n^3 - (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)\sigma_n^2 + (\sigma_x\sigma_y + \sigma_x\sigma_z + \sigma_y\sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{yz}^2)\sigma_n - \\ & (\sigma_x\sigma_y\sigma_z - \sigma_x\tau_{yz}^2 - \sigma_y\tau_{xz}^2 - \sigma_z\tau_{xy}^2 + 2\tau_{xy}\tau_{xz}\tau_{yz}) = 0 \end{aligned} \quad \text{Ec. 3.4}$$

En esta última ecuación (Ec. 3.4), los tres esfuerzos principales corresponden a las respectivas raíces de la misma, y de esta manera obtendremos el tercer esfuerzo principal para cada elemento.

Finalmente, el factor de seguridad general se define como la relación entre el esfuerzo de fluencia del material escogido y el máximo esfuerzo de Von Mises registrado entre todos los elementos infinitesimales del modelo.

$$F.S. = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{Von-Mises}}$$

Ec. 3.5

Con las ecuaciones de resistencia de materiales definidas y con los datos de esfuerzos normales y cortantes calculados por el software para el punto mayormente exigido, se han realizado manualmente los cálculos para conseguir determinar al final el factor de seguridad general.

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{586.06 + 6312.7}{2} + \sqrt{\left(\frac{586.06 - 6312.7}{2}\right)^2 + (-1784.1)^2}$$

$$\sigma_1 = 6823.044$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{586.06 + 6312.7}{2} - \sqrt{\left(\frac{586.06 - 6312.7}{2}\right)^2 + (-1784.1)^2}$$

$$\sigma_2 = 75.715$$

$$\sigma_n^3 - (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)\sigma_n^2 + (\sigma_x\sigma_y + \sigma_x\sigma_z + \sigma_y\sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{yz}^2)\sigma_n - (\sigma_x\sigma_y\sigma_z - \sigma_x\tau_{yz}^2 - \sigma_y\tau_{xz}^2 - \sigma_z\tau_{xy}^2 + 2\tau_{xy}\tau_{xz}\tau_{yz}) = 0$$

$$\sigma_3 = 624.677$$

$$\sigma_{Von-Mises} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}{2}}$$

$$\sigma_{Von-Mises} = \sqrt{\frac{(6823.044 - 75.715)^2 + (75.715 - 624.677)^2 + (6823.044 - 624.677)^2}{2}}$$

$$\sigma_{Von-Mises} = 6490.283$$

$$F.S. = \frac{\sigma_{Fluencia}}{\sigma_{Von-Mises}}$$

$$F.S. = \frac{36000}{6490.283}$$

$$F.S. = 5.546$$

Los datos de los procesos manuales mencionados se han ingresado en la tabla 3.2, con el objetivo de enfrentarlos con los resultados de la tabla 3.1.

Tabla 3.2.. Resultados del cálculo manual de esfuerzos principales, esfuerzos de Von Mises y factor de seguridad con la aplicación de las ecuaciones: (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) y (3.5), a partir de los datos de esfuerzos normales y cortantes de la tabla 3.1.

Parámetro calculado	Valor	Unidad
P1: (Esfuerzo principal 1)	6823.044807	psi
P2: (Esfuerzo principal 2)	75.715192	psi
P3: (Esfuerzo principal 3)	624.677829	psi
Von Mises: (Esfuerzo de Von-Mises)	6490.283896	psi
F.S. (Factor de seguridad)	5.546753513	

En conclusión, y luego de comparar los datos de las tablas 3.1 y 3.2 tenemos claro el sistema de manejo de datos del programa y hemos podido comprobar que el software, más allá de la tecnología de elementos finitos que le permite manejar gran cantidad de datos, está apoyado en los conocimientos clásicos de mecánica de materiales y por lo tanto estamos en capacidad de interpretar y manejar adecuadamente sus resultados.

Otro programa que será utilizado para el estudio estructural en este trabajo es el S.A.P.2000, del que también se realizará un análisis sobre su metodología de cálculo, para el efecto se estudiará un pórtico de la máquina que corresponde a los marcos para soporte de las vigas de los puentes móviles. Ver pórtico mostrado en la Figura 3.6

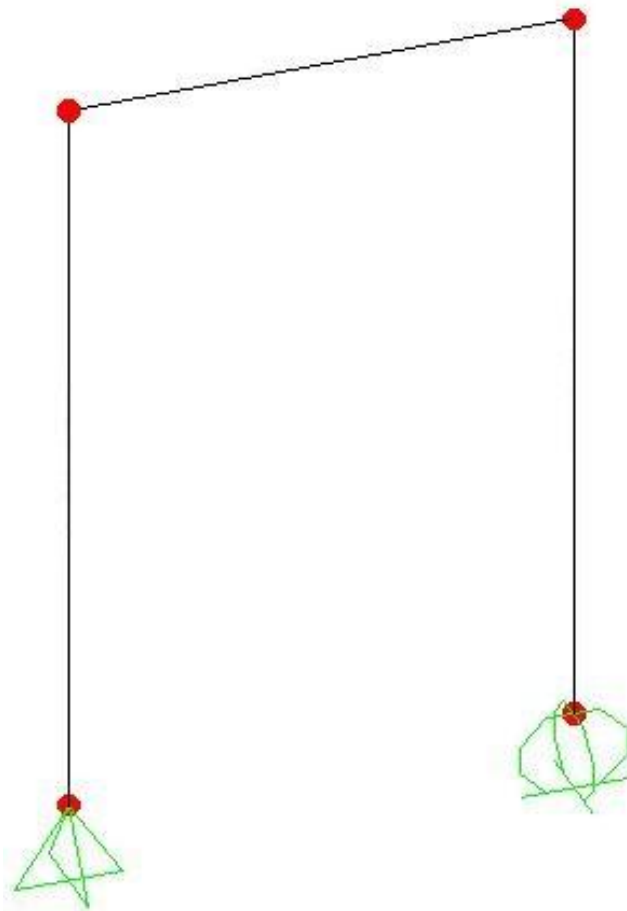


Figura 3.6 Pórtico para análisis en S.A.P.2000.

Con las condiciones de carga aplicadas sobre la viga, de una tonelada por metro como carga distribuida a lo largo del elemento y cinco toneladas de carga puntual en el centro del mismo, se ha corrido el análisis de esta estructura en el S.A.P.2000 y se han obtenido para cada elemento los índices de trabajo mostrados en la figura 3.7.

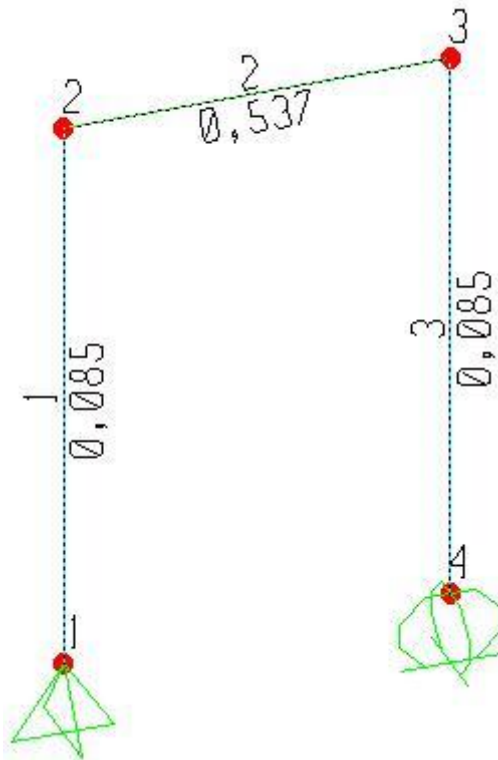


Figura 3.7 Índices de trabajo de los elementos en el pórtico de ejemplo.

Tabla 3.3 Reacciones máximas calculadas para los apoyos del pórtico, en las juntas 1 y 4

LOAD COMBINATION MULTIPLIERS							
UNITS	lb-in						
COMBO	COMBO TYPE	CASE	FACTOR	LOAD TYPE	TITLE		
MUVI11	ADD	MUERTA	1	STATIC(DEAD)	DSTL2		
MUVI11	ADD	VIVA	1	STATIC(LIVE)	DSTL2		
JOINT REACTIONS							
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	MUVI11	-5,45E-11	0	12487,86	0	0	0
4	MUVI11	0	0	12487,86	0	0	0

Para comprender el manejo de datos realizado por el programa se realizará un cálculo manual según normas AISC-ASD89 para compararlo con los resultados del software, para esto, se han tabulado los resultados de las reacciones máximas en los apoyos del pórtico en la tabla 3.3

Al revisar los datos de la tabla anterior se puede apreciar que las reacciones predominantes están en el eje tres, con las columnas trabajando exclusivamente a compresión con una carga de 12487.86 lb. Que será el dato con el que se trabajará para el cálculo manual.

Adicionalmente, es necesario conocer las características de sección en el perfil utilizado para las columnas, y en este caso según norma AISC-ASD89, para un perfil W10x49 tenemos el listado de propiedades en la tabla 3.4, además tenemos la ubicación de ejes correspondiente a estas características en la figura 3.8

Tabla 3.4 Características de la sección utilizada en las columnas del pórtico de ejemplo

Section ID:	W10x49
L	236.220 in
A	14.400 in ²
i22	93.400 in ⁴
i33	272.000 in ⁴
s22	18.680 in ³
s33	54.509 in ³
r22	2.547 in
r33	4.346 in
E	29000996.83
fy	36.000.005 lb/in ²

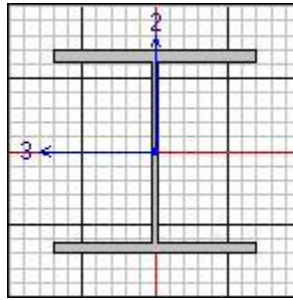


Figura 3.8 Sección del elemento W10x49, se visualizan los ejes 2 y 3 a partir de los cuales se han definido sus propiedades en la tabla 3.4.

Con los datos previos se procede con el cálculo del índice de trabajo del elemento # 3 mostrado en la figura 3.7.

Esfuerzo axial:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{12487.856}{14.400} = 867.212 \frac{lb}{in^2} = f_a (stress)$$

Cálculo del esfuerzo admisible a compresión como columna:

$$\lambda = \frac{k * l}{r_{min}} \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$\lambda = \frac{1.35 * 236.22}{2.547} = 125.204$$

Según teoría de Euler

$$\lambda_c = C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \quad \text{Ec. 3.8}$$

Para acero A-36 ($\lambda_c = 126.1$)

Si $\lambda \leq \lambda_c$ se diseñará en la zona dos del diagrama de Euler para estabilidad, en donde el esfuerzo admisible a compresión es:

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{\lambda^2}{2 * C_c^2}\right) * S_y}{\left[\frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left(\frac{\lambda}{C_c}\right) - \frac{1}{8} \left(\frac{\lambda}{C_c}\right)^3\right]} \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$F_a = 9524.2431 \frac{lb}{in^2}$$

De aquí, el índice de trabajo es:

$$I_t = \frac{f_a(stress)}{F_a(allowable)} \quad \text{Ec. 3.10}$$

$$I_t = \frac{f_a(stress)}{F_a(allowable)} = \frac{867.212}{9524.243} = 0.09$$

Que coincide con el índice de trabajo obtenido directamente del software en la figura 3.7, en la que para el elemento 3 se tiene un valor de 0.085.

De esta manera se demuestra que el programa de análisis estructural S.A.P.2000 maneja internamente diagramas y ecuaciones utilizadas por la norma AISC-ASD89, y al igual que en el caso del COSMOS/DesignSTAR analizado con anterioridad, estamos en capacidad de interpretar y manejar correctamente los resultados obtenidos de los análisis.

3.1.1 BANCO-SOPORTE PARA EL ANILLO.

El rediseño del banco para soporte del anillo deberá permitir reubicar los moldes, consiguiendo incrementar la cantidad de piezas producidas por unidad de área destinada a la fabricación del modelo Kingsley. El rediseño contempla bancos o soportes individuales para cada molde con un sistema de prensado central que omita la utilización de las cuatro prensas tradicionales de levas excéntricas que ocupan demasiado espacio en los bordes laterales de los moldes. Esquemas tridimensionales de los soportes rediseñados y su ubicación dentro de la estructura pueden mirarse en los anexos. (Ver anexos, Esquemas 3.1 y 3.2).

El diseño estructural del sistema de bancos para soporte de los moldes del anillo y sus prensas se ha efectuado con la ayuda del programa COSMOS/DesignSTAR y en las figuras 3.9 y 3.10 se presentan los resultados del análisis.

1) Los planos de los elementos del nuevo soporte para el anillo se pueden encontrar como anexo. (Ver anexos, Planos 3.1 , 3.2 y 3.3)

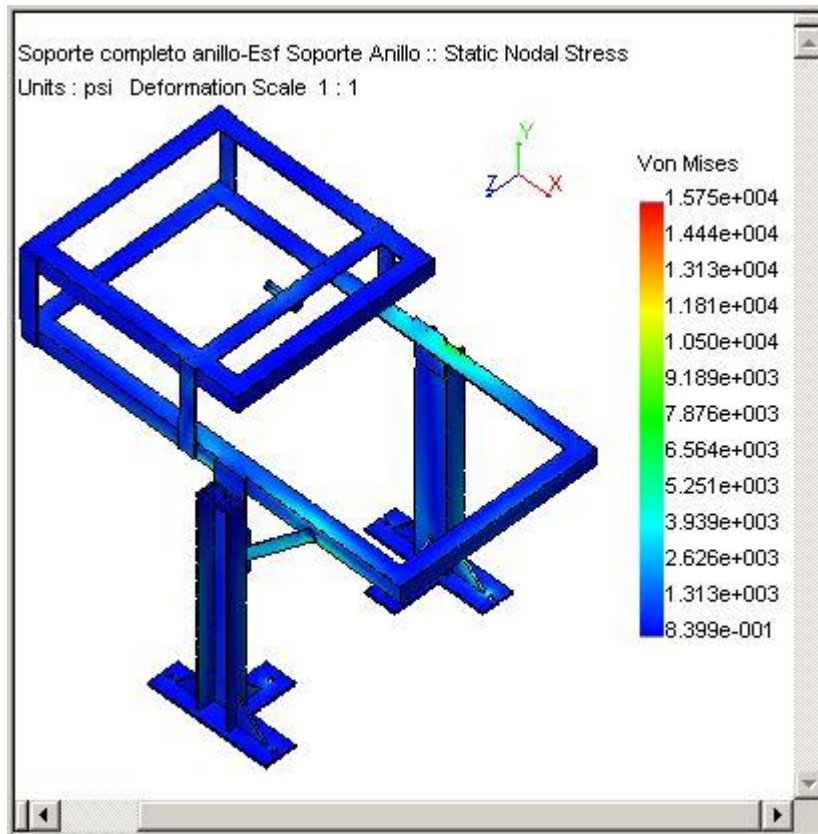


Figura 3.9 Análisis estructural del sistema de soporte para el molde hembra en la fabricación del anillo

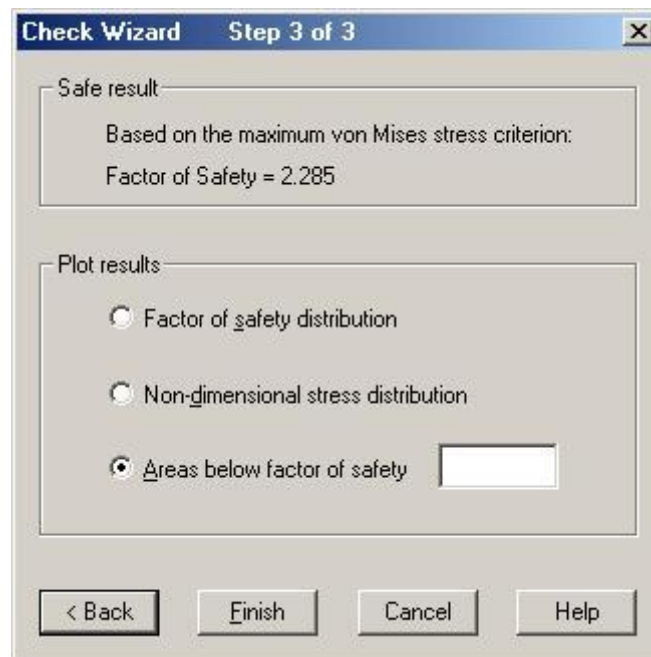


Figura 3.10 Factor de seguridad calculado por el programa de análisis para el soporte del anillo (Factor de Seguridad = 2.285)

3.1.2 PRENSAS PARA UNIÓN ENTRE LOS MOLDES MACHO Y HEMBRA DEL ANILLO.

El antiguo sistema de prensado de moldes para fabricación del anillo de pasta para la poceta es responsable de una buena parte del espacio desperdiciado en el proceso de producción, razón por la que ha sido necesario rediseñarlo, pasando de la utilización de las cuatro prensas de leva excéntrica a un sistema central de prensado en el que se aprovecha el orificio central del molde de yeso para presionar macho y hembra mediante una columna central roscada. Lo expuesto puede verse en los siguientes esquemas. (Ver anexos, Esquemas 3.3 y 3.4).

De igual forma que en el análisis del soporte para los moldes, en el caso de la prensa se muestran los resultados del análisis estructural en las figuras 3.11 y 3.12.

Los planos de este sistema de prensado pueden encontrarse en los anexos (Ver anexos, Planos 3.4, 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8)

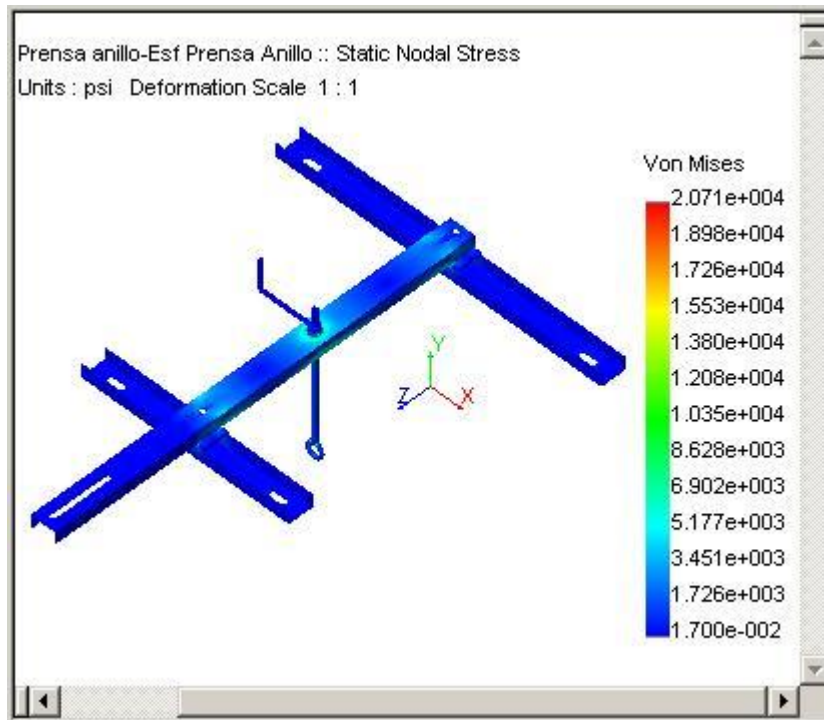


Figura 3.11 Análisis estructural del sistema de prensas para los moldes macho y hembra en la fabricación del anillo

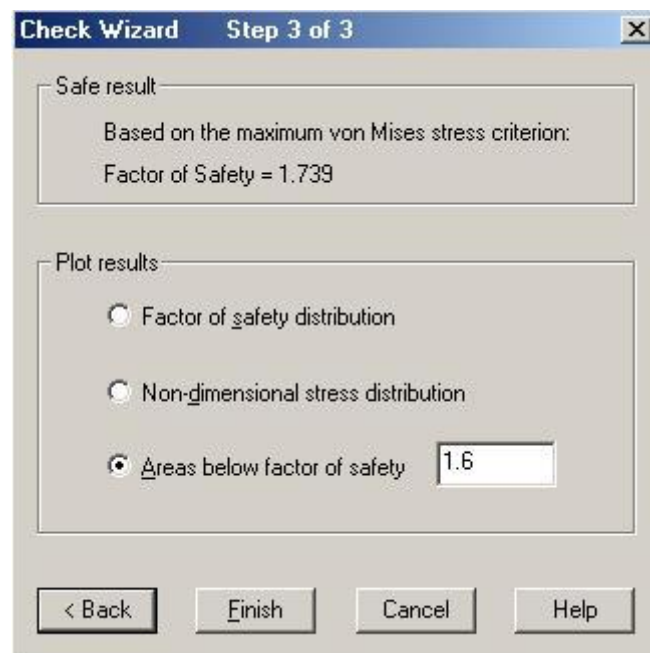


Figura 3.12 Factor de seguridad calculado por el programa de análisis para el sistema de prensas del anillo (Factor de Seguridad = 1.739)

3.1.3 PUENTE GRÚA PARA MOVIMIENTO DEL ANILLO.

Como se había previsto, se diseñará un puente grúa que se deslice a lo largo del corredor central de trabajo, movilizándolo los moldes del anillo con un elevador neumático que nos permita ingresar hasta los moldes para recogerlos mediante brazos y pivotes, levantarlos, trasladarlos hasta depositar la pasta sobre sus respectivos cuerpos, y luego regresar con el molde vacío para dejarlo reposando en su lugar de origen. Lo descrito puede apreciarse visualmente en los anexos (Ver anexos, Esquema 3.5).

3.1.3.1 Vigas del puente.

Para diseñar las vigas del puente será necesario hacer el análisis estructural con las cargas de trabajo en el programa S.A.P. 2000. Y, tomando en cuenta que el puente para el movimiento del anillo y el puente para movimiento de la pieza completa llevarán el mismo tipo de elevador neumático y tendrán la misma configuración. Se realizará un solo análisis de cargas de trabajo, con las condiciones más exigentes, que en este caso las tendrá el puente que transportará la pieza con anillo pegado más las conchas o moldes laterales.

A continuación en nuestro análisis de cargas se calcula el peso del elevador que se deslizará a lo largo de las vigas carril del puente. Esta estimación de masa se ha hecho en el programa Working Model 4D, a partir de los planos tridimensionales generados en AutoCAD y exportados al mencionado software. (Ver Figura 3.13). Otra de las cargas que llevará el

puede ser el Soporte móvil encargado de evacuar las piezas luego de que en ellas se han retirado todos los moldes. En la Figura 3.13 miramos una estimación de masa computada por el software Working Model 4D para el elevador neumático. De manera idéntica se calculará esta vez la masa del soporte móvil que tiene como función transportar las piezas desmoldadas por carriles especialmente diseñados para el efecto. (Ver Figura 3.14).

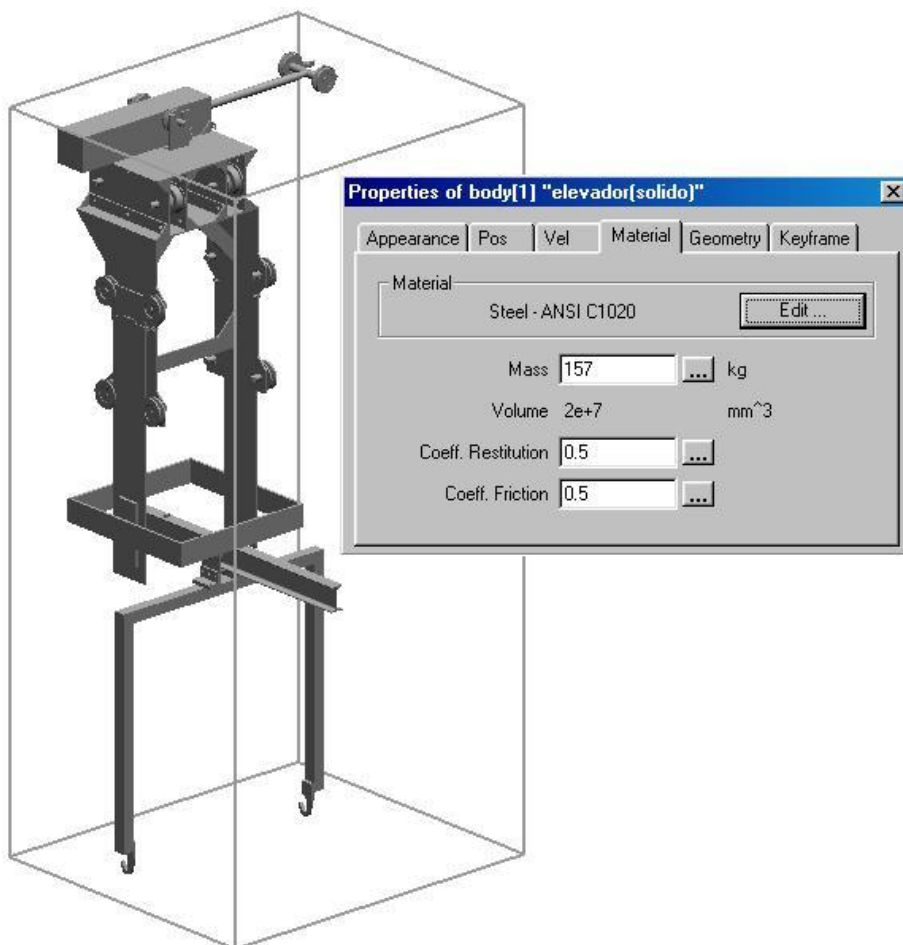


Figura 3.13 Estimación de peso del elevador, mediante planos de sólidos en 3 dimensiones transferidos desde el AutoCAD al Working Model. La masa calculada para el elevador es de 157 Kg.

Tabla 3.5 Determinación de cargas para diseño del puente

CARGAS PARA DISEÑO DEL PUENTE		
Descripción	Peso (Kg)	Cantidad
Elevador Neumático	157	1
Soporte movil para pieza desmoldada	4,6	1
Moldes laterales del cuerpo de la poceta	43,86	2
Pieza completa húmeda	49,08	1
Prensas horizontales para conchas	1,5	2
SUMATORIO TOTAL DE CARGAS	(301,4 Kg.)	

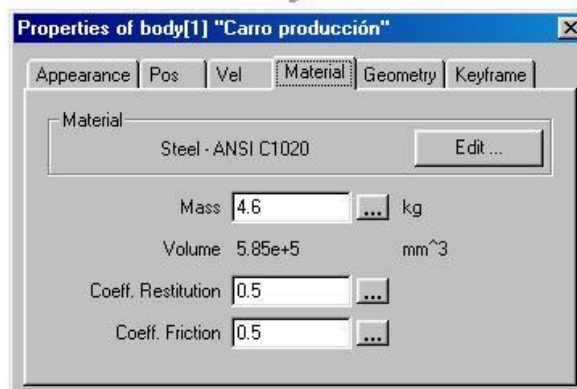
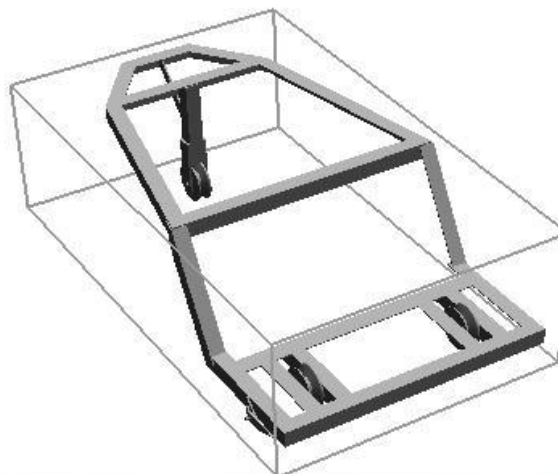


Figura 3.14 Estimación de peso del carro soporte para piezas desmoldadas, mediante planos de sólidos en 3 dimensiones transferidos desde el AutoCAD al Working Model. La masa calculada para el soporte es de 4.6 Kg.

Con los datos de carga calculados más los datos medidos de pesos de los moldes y demás elementos, tenemos ahora las condiciones de carga que soportarán las vigas del puente mayormente exigido. (Ver Tabla 3.5)

El análisis estructural se correrá en el software S.A.P.2000 en el cual por condiciones de seguridad y de imprevistos en las exigencias de funcionamiento se considerarán para el análisis de carga móvil, vehículos de dos cargas puntuales de 90Kg cada una, con una separación de 250 mm entre los puntos de apoyo, además se han definido dos líneas de carga, ajustándolos de esta manera a las condiciones geométricas de diseño del elevador, y consiguiendo al final una carga viva mayorada de 360 Kg.

Con la finalidad de analizar posteriormente los resultados obtenidos en el S.A.P.2000, es conveniente identificar los elementos de la estructura. Por esta razón se ha adjuntado la Figura 3.15 que es una vista real de la pantalla del software utilizado para el análisis en la que se han mostrado las etiquetas de los elementos, las etiquetas de las juntas y los apoyos utilizados

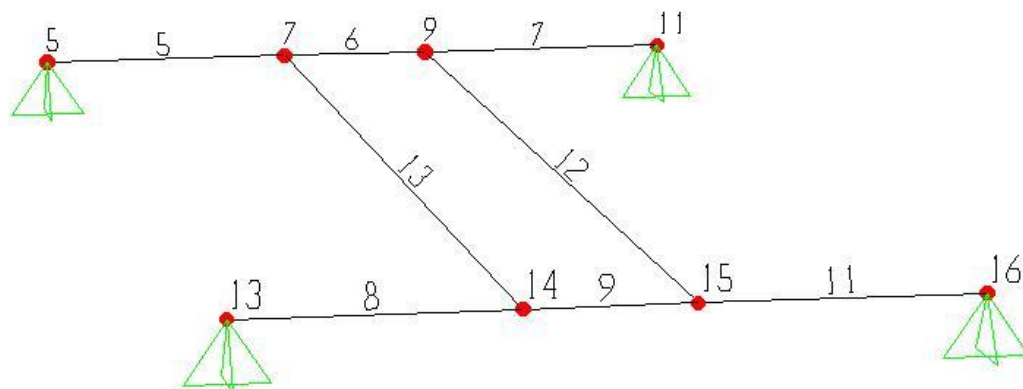


Figura 3.15 Números de etiquetas de elementos, juntas y tipo de apoyos utilizados para el análisis del puente en el programa S.A.P.2000.

Los resultados del análisis y diseño estructural del puente con las condiciones de trabajo mayoradas se presentan en la Tabla 3.6, en la que se han filtrado los datos a fin de conseguir que se visualicen únicamente los mayores índices de trabajo bajo cualquier combinación de cargas en cada uno de los elementos de la estructura del puente. Como se puede ver en la tabla la estructura satisface perfectamente las exigencias de carga, los índices de trabajo son bajos y los elementos más esforzados son precisamente las vigas carril por las que se deslizará el elevador transportando los moldes.

En la Tabla 3.7 se muestran los resultados de las reacciones en los apoyos, que a su vez serán las cargas provocadas por el puente sobre las vigas que lo soportarán en su tránsito a lo largo del corredor de trabajo, en esta tabla, al igual que para el análisis anterior se han obtenido solamente los valores máximos bajo cualquier combinación de cargas, se puede ver que el valor mas alto de estas cargas se acerca a los 185 Kg.

Tabla 3.6 Índices de trabajo de los miembros estructurales del puente.

SAP2000 V7,21 File: Puente Cargas Móviles Units: Kgf-m													
STEEL STRESS CHECK OUTPUT (AISC-ASD89)													
FRAME ID	SECTION ID	MOMENT INTERACTION CHECK					SHEAR22		SHEAR33				
		COMBO	RATIO	=	AXL +	B33 +	B22	COMBO	RATIO	COMBO	RATIO		
5	UPN12	CARGMOV (T)	0.069	=	0	+	0.069	+	0	CARGMOV	0.022	CARGMOV	0
6	UPN12	CARGMOV (C)	0.069	=	0	+	0.069	+	0	CARGMOV	0.008	CARGMOV	0
7	UPN12	CARGMOV (T)	0.069	=	0	+	0.069	+	0	CARGMOV	0.022	CARGMOV	0
8	UPN12	CARGMOV (C)	0.069	=	0	+	0.069	+	0	CARGMOV	0.022	CARGMOV	0
9	UPN12	CARGMOV (T)	0.069	=	0	+	0.069	+	0	CARGMOV	0.008	CARGMOV	0
11	UPN12	CARGMOV (C)	0.069	=	0	+	0.069	+	0	CARGMOV	0.022	CARGMOV	0
12	IPN10	CARGMOV (T)	0.191	=	0	+	0.191	+	0	CARGMOV	0.039	CARGMOV	0
13	IPN10	CARGMOV (T)	0.191	=	0	+	0.191	+	0	CARGMOV	0.039	CARGMOV	0

Tabla 3.7 Cargas máximas que el puente provocará sobre las vigas guía de la estructura principal, al deslizarse a lo largo del corredor de trabajo.

SAP2000 V7,21							
File: Puente cargas móviles							
Units Kgf-m							
LOAD COMBINATION MULTIPLIERS							
COMBO	TYPE	CASE	FACTOR	TYPE	TITLE		
MAXIMOS	ENVE				Reacciones máximas		
DSTL1			1	COMBO			
CARGMOV			1	COMBO			
JOINT REACTIONS							
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
5	Minima	0	0	15,5488	0	0	0
5	Maxima	0	0	184,9364	0	0	0
11	Minima	0	0	15,5488	0	0	0
11	Maxima	0	0	184,9364	0	0	0
13	Minima	0	0	15,5488	0	0	0
13	Maxima	0	0	184,9292	0	0	0
16	Minima	0	0	15,5488	0	0	0
16	Maxima	0	0	184,9292	0	0	0

Realizado satisfactoriamente el análisis estructural, se procederá con la generación de esquemas y planos. Para poder apreciar el Puente para movimiento del anillo en forma integral se ha preparado el siguiente esquema (Ver anexos, Esquema 3.6)

Los planos de las partes mostradas en el esquema 3.6 pueden encontrarse en los anexos (Ver anexos, Plano 3.9).

3.1.3.2 Troles.

Una vez diseñado el cuerpo del puente es necesario diseñar su sistema de sujeción, guiado y deslizamiento. Para esto conocemos las reacciones

generadas por el puente móvil (ver Figura 3.15 y Tabla 3.7), que son las cargas que tendrán que soportar cada una de las cuatro ruedas encargadas de guiar el puente a lo largo de la estructura principal y que estarán alojadas dentro de los brazos de soporte (Ver anexos, Esquema 3.6). A continuación pueden mirarse los planos correspondientes al brazo para soporte del puente y sus ruedas guía. (Ver anexos, Planos 3.10, 3.11, 3.11-01, 3.11-02, 3.11-03, 3.11-04).

3.1.3.3 Elevador.

Es el elemento encargado de desplazarse a lo largo de las vigas de carga del puente levantando y transportando los moldes de un banco de reposo a otro, debe tener la capacidad de recoger y entregar su carga deslizándose entre otros moldes que se han removido con anterioridad para ejecutar trabajos previos a su intervención. El incrementar el alcance de los brazos de carga es la razón por la que se ha incorporado en el sistema una viga carril para desplazamiento de éstos en la misma dirección de las vigas de carga del puente.

Uno de los parámetros importantes a tomarse en cuenta en el diseño general del elevador fue el espacio vertical disponible, limitado por los cables de los contrapesos en la parte superior de la estructura, por esta restricción el pistón neumático encargado de levantar la carga se ha dispuesto horizontalmente sobre la carcasa del elevador y está conectado mediante cables a la parte móvil del mismo (Ver anexos, Esquema 3.5).

A continuación se presentan en detalle los planos del elevador fijo y sus partes. (Ver anexos, Planos desde 3.12, hasta 3.20-03).

Siguiendo esta exposición de partes y antes de mostrar los planos correspondientes al elevador móvil, será necesario hacer el análisis estructural del mismo, mediante el programa de diseño por elementos finitos COSMOS/DesignSTAR con las cargas de trabajo que soportará. Y, tomando en cuenta que el elevador para movimiento del anillo y el elevador para movimiento de la pieza cerámica completa con moldes incluidos tendrán la misma configuración. Se realizará un solo análisis de cargas de trabajo con las condiciones más exigentes, que en este caso las tendrá el elevador que transportará la pieza con anillo pegado más los moldes laterales y demás accesorios.

En la Tabla 3.8 se presenta el análisis de cargas actuantes, y a continuación en las figuras 3.16 y 3.17 se muestran los resultados del análisis estructural. La carga total aplicada a la pieza según datos de la Tabla 3.8 se aproxima a los 145 Kg. Y para efectos de análisis estructural se ha incrementado esta carga hasta obtener una aplicación de total de 160 Kg. De manera que se ha realizando la corrida del programa con las restricciones necesarias y cargas aplicadas de 80 Kg. en cada uno de los dos brazos.

Tabla 3.8 Determinación de cargas para diseño de elevador móvil

CARGAS PARA DISEÑO DE ELEVADOR MOVIL		
Descripción	Peso (Kg)	Cantidad
Soporte movil para pieza desmoldada	4,6	1
Moldes laterales del cuerpo de la poceta	43,86	2
Pieza completa húmeda	49,08	1
Prensas horizontales para conchas	1,5	2

SUMATORIO TOTAL DE CARGAS (144,4 Kg.)

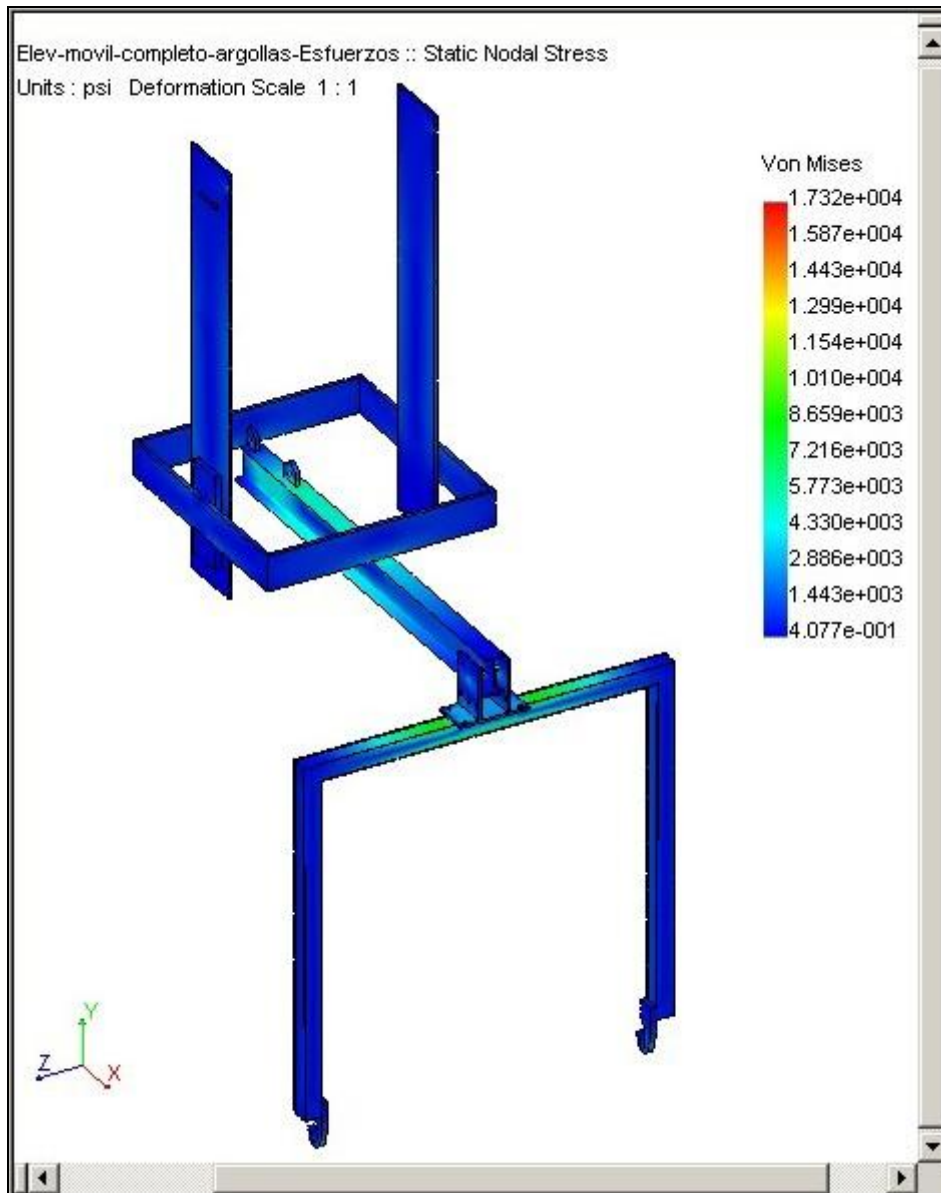


Figura 3.16 Análisis estructural del elevador móvil.

De los datos arrojados por el análisis estructural obtendremos un factor de seguridad superior a dos, cuando la máxima exigencia de esfuerzos es de 17320 psi, en un diseño que contempla la utilización de acero estructural capaz de resistir 36000 psi para llegar a fluencia. Ver figura 3.17



Figura 3.17 Factor de seguridad para el elevador (F.S. = 2.079)

A continuación se presentan detalladamente los planos constructivos del elevador móvil. (Ver anexos, Planos desde 3.21, hasta 3.24-04)

3.1.3.4 Sistema neumático del elevador

En el proceso de selección del cilindro neumático necesario para la operación del elevador emplearemos software de neumática proporcionado por FESTO para este propósito.

En primer lugar debemos determinar la carga que deberá elevar el cilindro y a la par las condiciones necesarias de operación, como: tipo de cilindro, tipo de embolo para seguridad anti-giro, recorrido, posibilidades de exploración del pistón, etc. En la determinación de la carga consideraremos el peso del molde hembra para formación del anillo, el peso de la pasta cerámica

y la prensa interna del tanque y a todo esto será necesario sumarle el peso de la parte móvil del elevador.

En la figura 3.18 se puede ver el cálculo de masa de la parte móvil del elevador mediante estimaciones computadas a partir de los planos de AutoCAD. La carga aplicada al cilindro neumático se presenta en la Tabla 3.9, y con los datos obtenidos en la mencionada tabla, es necesario analizar la forma en que se aplicará la carga sobre el cilindro .por el diseño del elevador. (Ver anexos, Esquema 3.7). Del análisis del diagrama de cuerpo libre sabemos que las condiciones de carga de la Tabla 3.9 para la selección del cilindro neumático deben duplicarse, de manera que deberemos escoger un cilindro neumático con capacidad de carga superior a 196.2 Kg. o 1920 N. Por motivos de seguridad la carga real será mayorada en aproximadamente un 60%, de modo que en las condiciones de selección del cilindro se ingresará una carga de 3000 N.

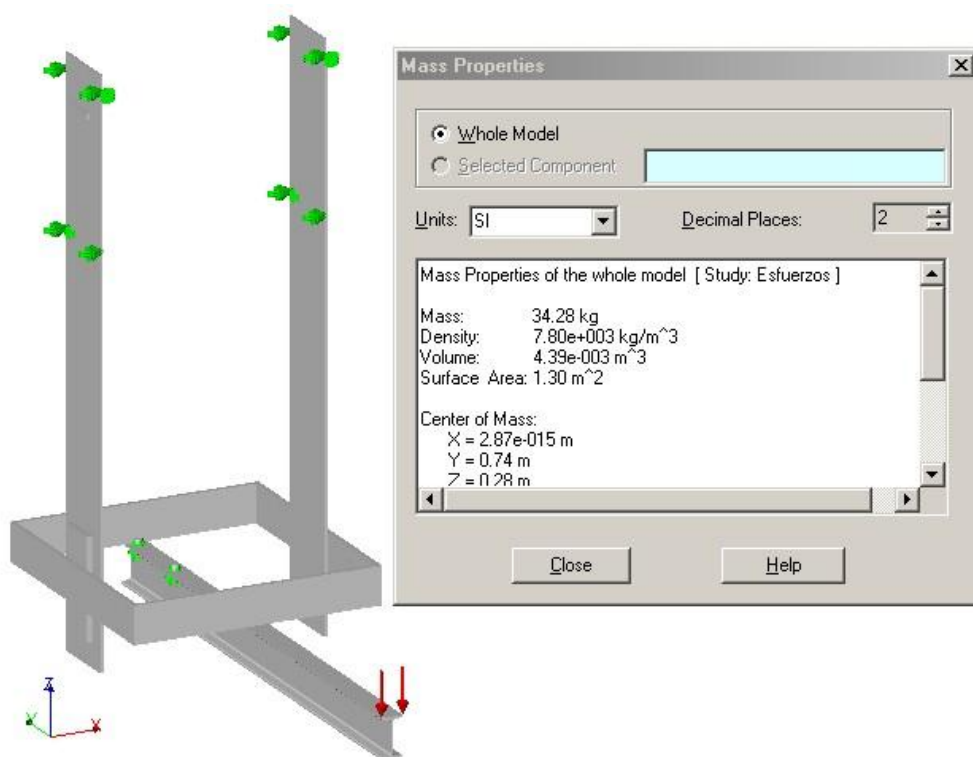


Figura 3.18 Estimación computada de masa para elevador móvil.

En lo concerniente a desplazamientos, y analizando el mismo Esquema 3.7, se ha conseguido con la configuración de carga planteada reducir a la mitad la longitud necesaria del émbolo en el cilindro neumático, puesto que para elevar la carga una distancia X mm. es necesario que el émbolo se desplace $X/2$ mm. Solucionando de esta manera una de las limitaciones más gravitantes en la selección de un cilindro neumático.

En el diseño del elevador se ha optimizado al máximo su capacidad de recorrido vertical para elevación de carga, consiguiendo un desplazamiento de 510 mm, distancia que es suficiente para facilitar los movimientos de las piezas. Basados en este parámetro físico-estructural, y tomando en cuenta las aclaraciones realizadas en base al diagrama de cuerpo libre, definimos el recorrido necesario para el émbolo del cilindro en una distancia mayor o igual a 255 mm.

Tabla 3.9 Determinación de cargas para selección de cilindro neumático para elevador.

CARGAS PARA SELECCIÓN DE CILINDRO EN ELEVADOR		
Descripción	Peso (Kg)	Cantidad
Molde hembra para el anillo	53,7	1
Pasta para formación del anillo	8,12	1
Prensa interna para el tanque	2	1
Estructura de elevador móvil	34,28	1
SUMATORIO TOTAL DE CARGAS	(98,1 Kg.)	

Cuando se han definido ya las condiciones de carga y desplazamiento del cilindro, debemos tomar en cuenta también las restricciones que deben

observarse en cuanto a seguridad anti-giro del émbolo, para impedir la rotación de las poleas incorporadas al final del vástago.

Con la información obtenida podemos definir las condiciones para la selección del cilindro adecuado en el software correspondiente. Ver figura 3.19.

Siguiendo con el proceso de selección, el software proporciona varios elementos que están en capacidad de cumplir con las condiciones exigidas, pero el artículo escogido es el cilindro marca FESTO, de código DNC-100-320PPV-A, que presenta las características mostradas a continuación de la figura 3.19.

Actuadores lineales		Unidad	Activo
Función	De doble efecto		<input checked="" type="checkbox"/>
Ejecución	Con vástago de émbolo		<input checked="" type="checkbox"/>
Posibilidad de consulta	Posibilidad de exploración (magnética)		<input checked="" type="checkbox"/>
Amortiguación	Amortiguación regulable		<input checked="" type="checkbox"/>
Seguro antigiro			<input type="checkbox"/>
Variante			<input type="checkbox"/>
Norma			<input type="checkbox"/>
Código de tipo			<input type="checkbox"/>
Diametro		[mm]	<input type="checkbox"/>
Fuerza de avance	0.0.. 3000.0	.48250.0	[N] <input checked="" type="checkbox"/>
Carrera	mayor/igual 255	[mm]	<input checked="" type="checkbox"/>

42 Artículo encontrado

Copyright © 1998 Festo AG & Co.

Figura 3.19 Datos de ingreso para selección de cilindro neumático del elevador

Núm. Pieza	163474
Tipo	DNC-100-320PPV-A
Denominación de artículo	Cilindro de doble efecto

Características y propiedades

Forma de funcionamiento	de doble efecto
Tipo de montaje	Tornillo
Forma exterior	Perfil
Forma émbolo	redondo
Forma vástago	redondo
cumple norma ISO	ISO 6431
cumple norma VDMA	VDMA 24562
Forma de exploración	magnético
Forma de amortiguación	Neumática regulable
Longitud de amortiguación	32 mm
Seguridad antigiro	sin
Tamaño nominal del émbolo	100 mm
Carrera	320 mm
Diámetro del vástago	25 mm
Tipo de rosca (vástago) (KK)	M
Diámetro de la rosca (métr.)	20 mm
Paso de rosca	1,5 mm
Longitud de la rosca (vástago)	40 mm
Longitud total	553 mm
Presión de servicio mín.	0,6 bar
Presión de trabajo máx.	10 bar
Temperatura ambiente mín.	-20 °C
Temperatura ambiente máx.	80 °C
Tipo de conexión tapa cojinete	(EE)Rosca
Tipo de rosca (tapa delantera)	G
Diámetro de la rosca (pulg.)	1/2 inch

Criterio LABS	libre
Tipo de conexión tapa terminal	Rosca
Tipo de rosca (tapa terminal)	G
Diámetro de la rosca (pulg.)	1/2 inch
Fuerza útil (teór.) a 6 bar, avance	4712 N
Fuerza útil (teór.) a 6 bar, retorno	4418 N
Fuerza transversal	160 N
Carga de pandeo máx. admis.	20000 N
Carga de flexión	900 N
Consumo de aire a 6 bar, afluencia	17,6 l/←-->
Consumo de aire a 6 bar, retorno	16,48 l/←-->
Fluido de servicio	Aire comprimido filtrado



Figura 3.20 Imagen del cilindro neumático escogido.

3.1.4 PÓRTICO CENTRAL DE LA MÁQUINA PARA SOPORTE DEL PUENTE

En esta parte del trabajo, cuando se ha enfocado claramente el diseño y forma de funcionamiento de la máquina, es hora de analizar la estructura reticular principal, que servirá de soporte para las cargas puntuales generadas

por los moldes de yeso y para las cargas móviles generadas por los puentes al momento de su desplazamiento a lo largo de la misma.

Con la finalidad de simular el comportamiento integral de la estructura, el análisis será desarrollado en el programa SAP2000 con la presencia de todos los elementos y cargas de trabajo, para esto es necesario visualizar la configuración completa de moldes y contrapesos dentro de la estructura. (Ver anexos, Esquema 3.8).

3.1.4.1 Determinación de cargas y análisis.

En el pórtico central de la estructura intervienen cargas generadas por los moldes necesarios para la formación del anillo y también cargas por los moldes que se utilizan en la fabricación del cuerpo de la poceta. En las tablas 3.10 y 3.11 se determinan las magnitudes de las cargas mencionadas. En las figuras 3.21 y 3.22 respectivamente se presentan las estimaciones de masa computadas para el sistema de prensado del anillo y cuerpo.

Tabla 3.10 Carga generada por el molde macho del anillo y su sistema de prensado, sobre el pórtico central de la estructura.

CARGAS POR MOLDE MACHO Y PRENSA DEL ANILLO SOBRE PÓRTICO PRINCIPAL		
Descripción	Peso (Kg)	Cantidad
Molde macho para el anillo	72,92	1
Prensa para molde macho del anillo	6,16	1
SUMATORIO TOTAL DE CARGAS	(79,08 Kg.)	

Tabla 3.11 Carga generada por el núcleo del cuerpo de la poceta y su sistema de prensado, sobre el pórtico central de la estructura.

**CARGAS POR NÚCLEO DEL CUERPO DE LA POCETA
Y PRENSA SOBRE PÓRTICO PRINCIPAL**

Descripción	Peso (Kg)	Cantidad
Núcleo del cuerpo de la poceta	68,3	1
Prensa para núcleo de la poceta	4,37	1

SUMATORIO TOTAL DE CARGAS (72,67 Kg.)

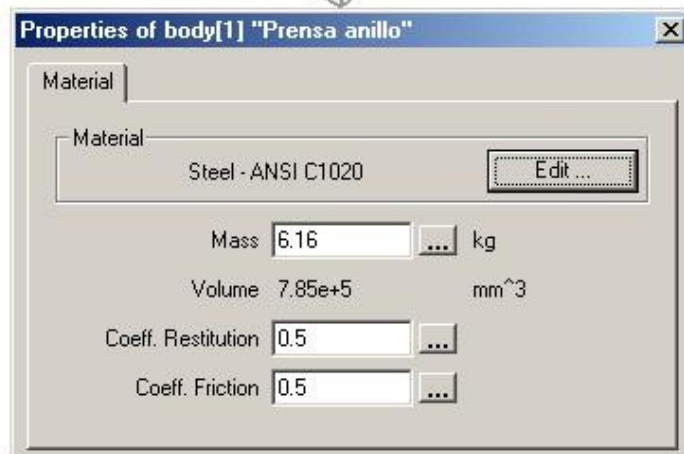
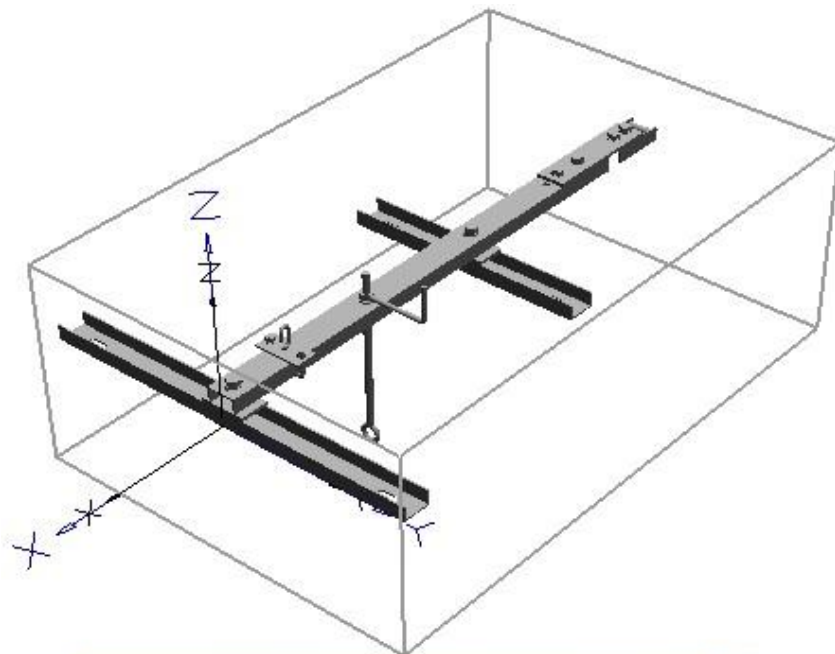


Figura 3.21(a) Estimación computada de masa de la prensa utilizada en la formación del anillo

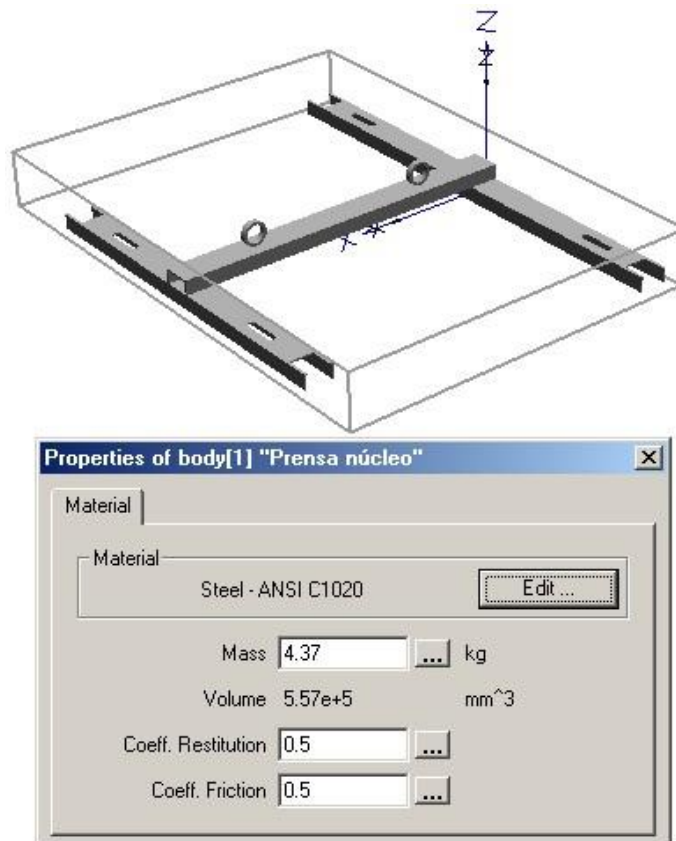


Figura 3.21(b) Estimación computada de masa de la prensa utilizada para el núcleo en la formación del cuerpo de la poceta.

Determinadas las cargas con las que trabajará la estructura, que en el caso del molde macho del anillo y su prensa es de 79.08 Kg. Ver tabla 3.10⁵. Y en el caso del núcleo de yeso para la fabricación del cuerpo y su prensa es de 72.67 Kg. Ver tabla 3.11⁶. Se procederá con el análisis estructural integral en el programa S.A.P.2000, considerando las cargas vivas puntuales por la acción de moldes y contrapesos, y también las cargas móviles presentes por el deslizamiento del puente grúa con su elevador a lo largo de los corredores de trabajo de la máquina.

⁵ En el análisis estructural con S.A.P.2000, se utilizará una carga mayorada de 100Kg.

⁶ En el análisis estructural con S.A.P.2000, se utilizará una carga mayorada de 100Kg.

Para análisis posterior de resultados obtenidos es conveniente identificar los elementos de la estructura. Por esta razón se ha adjuntado la Figura 3.22 que es una vista real de la pantalla del software utilizado para el análisis en la que se han mostrado las etiquetas de las juntas y los apoyos utilizados

En el programa de análisis se ha construido un modelo que contempla la construcción de tres módulos consecutivos, teniendo en cada módulo la posibilidad de fabricar diez piezas en cada lote de llenado, ver anexos, Esquema 3.8.

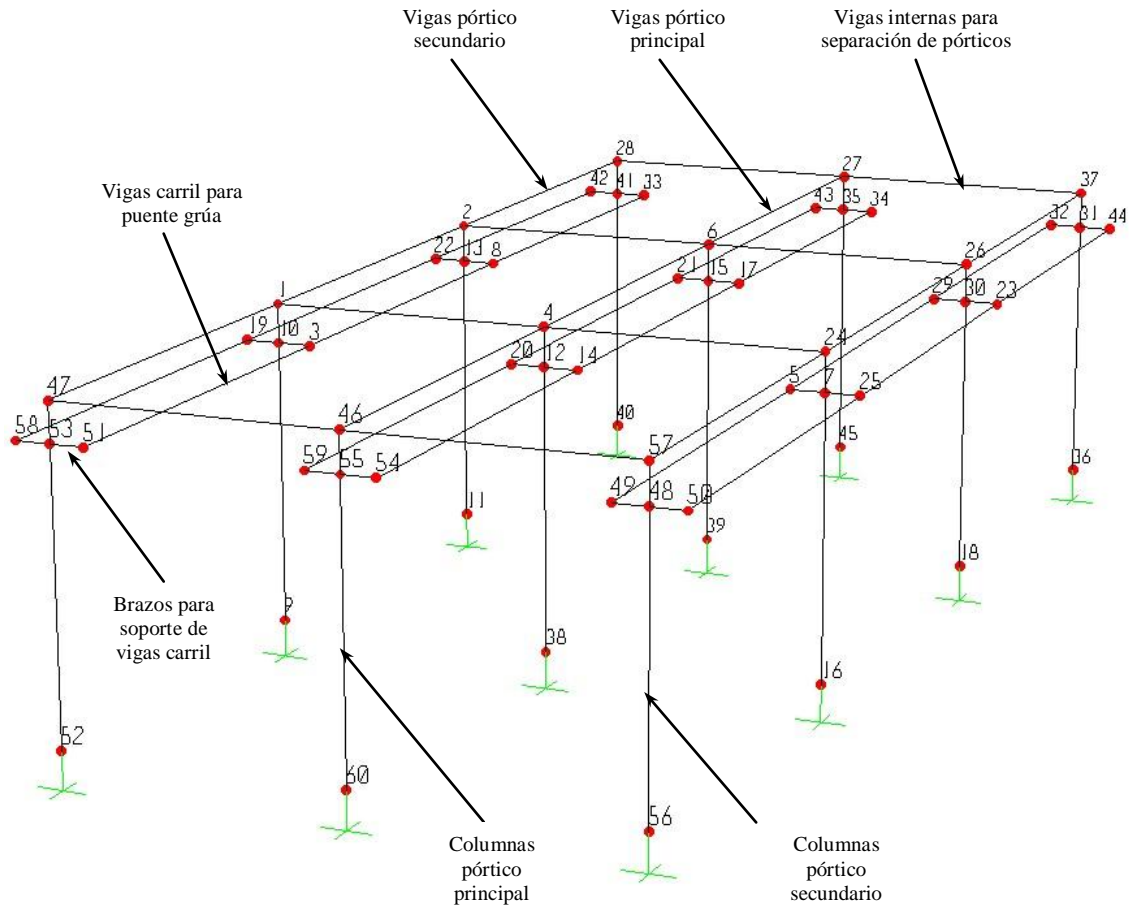


Figura 3.22 Etiquetas con los nombres de los elementos, números de cada junta y tipo de apoyos utilizados para el análisis de la estructura reticular en el programa S.A.P.2000.

Adicionalmente y para facilitar la visualización de la aplicación de cargas para el análisis estructural, se han incluido también pantallas capturadas desde el S.A.P.2000 en las que se muestran la distribución de cargas en los tres pórticos, ver figura 3.23. Y un acercamiento a la viga del pórtico central, en la que se han incluido los valores de las cargas, en Kg. Ver figura 3.24. Finalmente, para tener una clara idea de la distribución de cargas y su razón se sugiere analizar en conjunto el esquema 3.8 y las figuras 3.22, 3.23 y 3.24

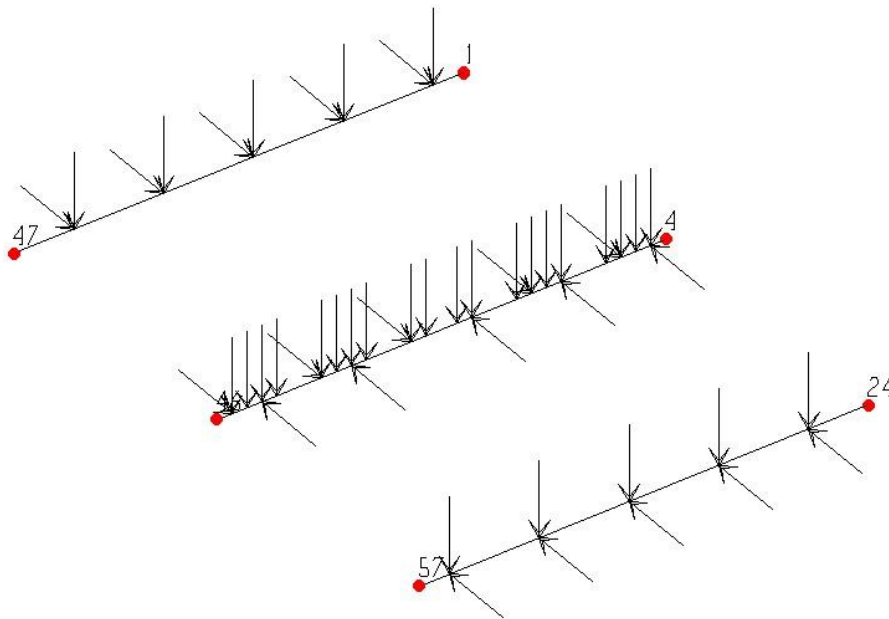


Figura 3.23 Aplicación de cargas puntuales en las vigas del pórtico central y los dos pórticos laterales

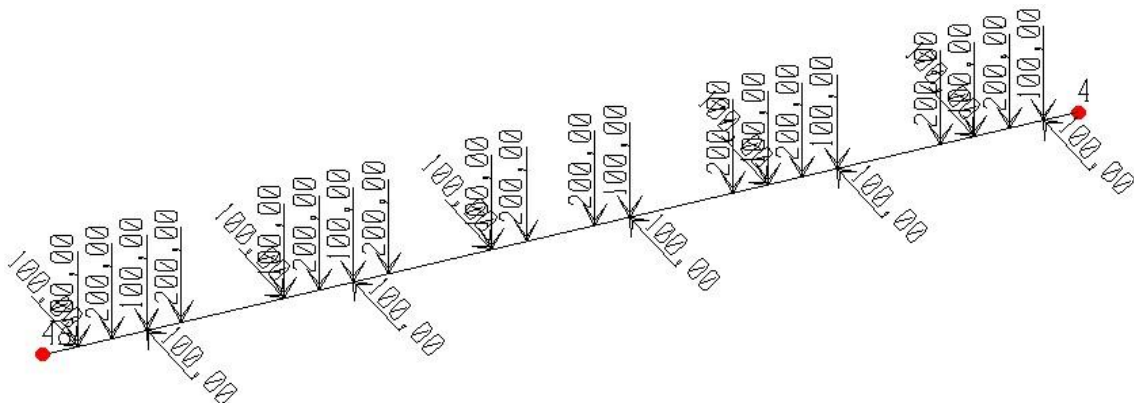


Figura 3.24 Pantalla capturada de S.A.P.2000. Acercamiento en viga de carga del pórtico central, se puede apreciar los valores de carga en Kg. utilizados para el análisis.

Tabla 3.12 Cargas máximas que la estructura provocará sobre los apoyos, para la tabla se han considerado las mayores reacciones de las diferentes combinaciones de cargas fijas y móviles.

SAP2000 V7,21							
File: MDA-TOTAL-CARGAS MÓVILES							
Units Kgf-m							
LOAD COMBINATION MULTIPLIERS							
COMBO	TYPE	CASE	FACTOR	TYPE	TITLE		
MAXIMOS	ENVE				MAXIM		
DSTL1			1	COMBO			
DSTL2			1	COMBO			
CONMOV			1	COMBO			
JOINT REACTIONS							
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
9	Minima	-0,733	-84,7633	324,4333	-26,5587	-1,0418	-7,97E-03
9	Maxima	0,0904	20,8482	1862,0977	94,5183	0,263	4,22E-03
11	Minima	-0,0347	-84,9443	324,4333	-26,2412	-0,1639	-5,53E-03
11	Maxima	0,7887	20,6672	1862,4366	94,8358	1,141	6,67E-03
16	Minima	-0,7887	-20,6672	324,4333	-94,8358	-1,141	-5,53E-03
16	Maxima	0,0347	84,9443	1862,4366	26,2412	0,1639	6,67E-03
18	Minima	-0,0904	-20,8482	324,4333	-94,5183	-0,263	-7,97E-03
18	Maxima	0,733	84,7633	1862,0977	26,5587	1,0418	4,22E-03
36	Minima	-1,6639	-15,586	167,7906	-84,1432	-2,1345	-1,78E-04
36	Maxima	-0,1963	75,5955	1255,5184	21,2686	-0,235	0,0117
38	Minima	-8,9335	-77,9594	424,7355	-95,34	-10,0505	-0,022
38	Maxima	-0,3399	78,4778	5114,8295	94,3328	-0,3816	0,0204
39	Minima	0,3399	-78,4778	424,7355	-94,3328	0,3816	-0,022
39	Maxima	8,9335	77,9594	5114,8295	95,34	10,0505	0,0205
40	Minima	-1,6077	-78,2012	167,7906	-16,666	-2,0348	-0,0129
40	Maxima	-0,1963	12,9803	1291,957	88,7457	-0,235	1,39E-06
45	Minima	-29,349	-71,3513	254,8069	-76,6256	-32,7597	-0,0215
45	Maxima	-1,1656	63,62	2861,3856	91,7341	-1,2973	0,0201
52	Minima	0,1963	-75,5955	167,7906	-21,2686	0,235	-1,78E-04
52	Maxima	1,6639	15,586	1255,5184	84,1432	2,1345	0,0117
56	Minima	0,1963	-12,9803	167,7906	-88,7457	0,235	-0,0129
56	Maxima	1,6077	78,2012	1291,957	16,666	2,0348	1,39E-06
60	Minima	1,1656	-63,62	254,8069	-91,7341	1,2973	-0,0215
60	Maxima	29,349	71,3513	2861,3857	76,6256	32,7597	0,0201
Máximos totales:		29,349	84,9443	5114,8295	95,34	32,7597	0,0205
Mínimos totales:		-29,349	-84,9443	167,7906	-95,34	-32,7597	-0,022

Tabla 3.13 Índices de trabajo de los miembros de la estructura, analizada con cargas vivas puntuales y móviles.

SAP2000 V7,21													
File: MDA-TOTAL-CARGAS MÓVILES													
Units Kgf-m													
STEEL STRESS CHECK OUTPUT (AISC-A SD 89)													
FRAME	SECTION	MOMENT INTERACTION CHECK			SHEAR 22		SHEAR 33						
ID	ID	COMBO	RATIO = AXL + B33 + B22			COMBO	RATIO	COMBO	RATIO				
3	IPN10	CONMOV (C)	0,35	=	0,00	+	0,31	+	0,04	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
4	IPN10	CONMOV (C)	0,34	=	0,00	+	0,31	+	0,03	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
5	IPN10	CONMOV (C)	0,35	=	0,00	+	0,31	+	0,04	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
11	IPN10	CONMOV (C)	0,46	=	0,00	+	0,31	+	0,15	CONMOV	0,10	CONMOV	0,01
13	IPN10	CONMOV (C)	0,46	=	0,00	+	0,31	+	0,15	CONMOV	0,10	CONMOV	0,01
21	IPN10	CONMOV (C)	0,46	=	0,00	+	0,31	+	0,15	CONMOV	0,10	CONMOV	0,01
22	IPN10	CONMOV (C)	0,46	=	0,00	+	0,31	+	0,15	CONMOV	0,10	CONMOV	0,01
23	IPN10	CONMOV (C)	0,34	=	0,00	+	0,31	+	0,03	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
25	IPN10	CONMOV (C)	0,35	=	0,00	+	0,31	+	0,04	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
26	IPN10	CONMOV (C)	0,34	=	0,00	+	0,31	+	0,03	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
29	IPN10	CONMOV (C)	0,35	=	0,00	+	0,31	+	0,04	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
31	IPN10	CONMOV (C)	0,34	=	0,00	+	0,31	+	0,03	CONMOV	0,10	CONMOV	0,00
38	IPN10	CONMOV (T)	0,36	=	0,00	+	0,25	+	0,11	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
50	IPN10	CONMOV (T)	0,72	=	0,00	+	0,25	+	0,47	CONMOV	0,08	CONMOV	0,03
59	IPN10	CONMOV (T)	0,72	=	0,00	+	0,25	+	0,47	CONMOV	0,08	CONMOV	0,03
60	IPN10	CONMOV (T)	0,33	=	0,00	+	0,25	+	0,08	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
66	IPN10	CONMOV (T)	0,36	=	0,00	+	0,25	+	0,11	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
68	IPN10	CONMOV (T)	0,33	=	0,00	+	0,25	+	0,08	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
77	IPN10	CONMOV (T)	0,36	=	0,00	+	0,25	+	0,11	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
78	IPN10	CONMOV (T)	0,33	=	0,00	+	0,25	+	0,08	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
85	IPN10	CONMOV (T)	0,72	=	0,00	+	0,25	+	0,47	CONMOV	0,08	CONMOV	0,03
95	IPN10	CONMOV (T)	0,72	=	0,00	+	0,25	+	0,47	CONMOV	0,08	CONMOV	0,03
99	IPN10	CONMOV (T)	0,36	=	0,00	+	0,25	+	0,11	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
100	IPN10	CONMOV (T)	0,33	=	0,00	+	0,25	+	0,08	CONMOV	0,08	CONMOV	0,01
8	IPN14	CONMOV (T)	0,38	=	0,00	+	0,38	+	0,00	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
9	IPN14	CONMOV (C)	0,78	=	0,61	+	0,15	+	0,01	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
10	IPN14	CONMOV (C)	0,54	=	0,31	+	0,16	+	0,06	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
12	IPN14	CONMOV (C)	0,78	=	0,61	+	0,15	+	0,01	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
14	IPN14	CONMOV (C)	0,54	=	0,31	+	0,16	+	0,06	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
15	IPN14	CONMOV (C)	0,78	=	0,61	+	0,15	+	0,01	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
16	IPN14	CONMOV (C)	0,54	=	0,31	+	0,16	+	0,06	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
17	IPN14	CONMOV (C)	0,78	=	0,61	+	0,15	+	0,01	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
18	IPN14	CONMOV (C)	0,54	=	0,31	+	0,16	+	0,06	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
19	IPN14	CONMOV (T)	0,39	=	0,00	+	0,38	+	0,01	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
20	IPN14	CONMOV (T)	0,38	=	0,00	+	0,38	+	0,00	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
24	IPN14	CONMOV (T)	0,38	=	0,00	+	0,38	+	0,00	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
30	IPN14	CONMOV (T)	0,38	=	0,00	+	0,38	+	0,00	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
32	IPN14	CONMOV (T)	0,39	=	0,00	+	0,38	+	0,01	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
41	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
52	IPN14	CONMOV (C)	0,57	=	0,41	+	0,14	+	0,02	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
53	IPN14	CONMOV (C)	0,48	=	0,17	+	0,15	+	0,17	CONMOV	0,01	CONMOV	0,01
54	IPN14	CONMOV (C)	0,58	=	0,42	+	0,14	+	0,02	CONMOV	0,01	CONMOV	0,00
55	IPN14	CONMOV (C)	0,50	=	0,18	+	0,15	+	0,17	CONMOV	0,01	CONMOV	0,01
56	IPN14	CONMOV (T)	0,52	=	0,00	+	0,49	+	0,03	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
57	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
61	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00
67	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01	CONMOV	0,05	CONMOV	0,00

Tabla 3.13 (CONTINUACIÓN) Índices de trabajo de los miembros de la estructura, analizada con cargas vivas puntuales y móviles.

SAP2000 V7,21									
File: MDA-TOTAL-CARGAS MÓVILES									
Units Kgf-m									
STEEL STRESS CHECK OUTPUT (AISC-A SD 89)									
FRAME	SECTION	MOMENT INTERACTION CHECK				SHEAR 22		SHEAR 33	
ID	ID	COMBO	RATIO = AXL + B33 + B22			COMBO	RATIO	COMBO	RATIO
69	IPN14	CONMOV (T)	0,52	=	0,00	+	0,49	+	0,03
82	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01
83	IPN14	CONMOV (C)	0,57	=	0,41	+	0,14	+	0,02
84	IPN14	CONMOV (C)	0,48	=	0,17	+	0,15	+	0,17
86	IPN14	CONMOV (C)	0,58	=	0,42	+	0,14	+	0,02
88	IPN14	CONMOV (C)	0,50	=	0,18	+	0,15	+	0,17
93	IPN14	CONMOV (T)	0,52	=	0,00	+	0,49	+	0,03
94	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01
98	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01
104	IPN14	CONMOV (T)	0,50	=	0,00	+	0,49	+	0,01
106	IPN14	CONMOV (T)	0,52	=	0,00	+	0,49	+	0,03
1	IPN16	CONMOV (C)	0,29	=	0,08	+	0,18	+	0,04
2	IPN16	CONMOV (C)	0,29	=	0,08	+	0,18	+	0,04
27	IPN16	CONMOV (C)	0,29	=	0,08	+	0,18	+	0,04
28	IPN16	CONMOV (C)	0,29	=	0,08	+	0,18	+	0,04
35	IPN16	CONMOV (C)	0,44	=	0,04	+	0,08	+	0,31
65	IPN16	CONMOV (C)	0,43	=	0,04	+	0,08	+	0,31
75	IPN16	CONMOV (C)	0,43	=	0,04	+	0,08	+	0,31
101	IPN16	CONMOV (C)	0,44	=	0,04	+	0,08	+	0,31
7	IPN18	CONMOV (C)	0,66	=	0,02	+	0,18	+	0,46
34	IPN18	CONMOV (C)	0,66	=	0,02	+	0,18	+	0,46
40	IPN18	CONMOV (C)	0,64	=	0,03	+	0,12	+	0,50
70	IPN18	CONMOV (C)	0,64	=	0,03	+	0,12	+	0,50
81	IPN18	CONMOV (C)	0,64	=	0,03	+	0,12	+	0,50
107	IPN18	CONMOV (C)	0,64	=	0,03	+	0,12	+	0,50
6	IPN20	CONMOV (C)	0,68	=	0,03	+	0,63	+	0,01
39	IPN20	CONMOV (C)	0,47	=	0,04	+	0,42	+	0,01
44	IPN20	CONMOV (C)	0,64	=	0,42	+	0,05	+	0,17
45	IPN20	CONMOV (C)	0,61	=	0,51	+	0,04	+	0,06
46	IPN20	CONMOV (C)	0,64	=	0,42	+	0,05	+	0,17
47	IPN20	CONMOV (C)	0,61	=	0,51	+	0,04	+	0,06
73	IPN20	CONMOV (C)	0,71	=	0,21	+	0,04	+	0,46
74	IPN20	CONMOV (C)	0,45	=	0,29	+	0,04	+	0,13
80	IPN20	CONMOV (C)	0,47	=	0,04	+	0,42	+	0,01
108	IPN20	CONMOV (C)	0,71	=	0,21	+	0,04	+	0,46
109	IPN20	CONMOV (C)	0,45	=	0,29	+	0,04	+	0,13

Máximos totales:	Moment interaction check	Shear 22	Shear 33
		0,78	0,12

En cuanto a cargas móviles, se consideraron para el análisis vehículos de dos cargas puntuales de 200Kg cada una y con una separación de

1000mm. entre los puntos de apoyo ⁷. Además se han definido seis líneas de carga que corresponden a las vigas guía de los puentes ajustando de esta manera el estudio a las condiciones geométricas de diseño de la estructura.

Los resultados del estudio se presentan en las tablas 3.12 y 3.13, en la primera tabla se han considerado los máximos valores de reacciones generadas por la estructura en sus apoyos. En esta selección se ha tomado para cada punto los mayores valores sin importar a que combinación de carga pertenezcan, razón por la que, puntualmente esta combinación no se ha utilizado para el proceso de diseño. Además, en la parte inferior de la tabla se presentan los máximos valores de reacciones encontrados en todo el análisis, y serán estos valores los que deberán ser utilizados para el posterior diseño de las cimentaciones.

En la tabla 3.13 se muestran los valores de los índices de trabajo a los que están sometidos cada uno de los elementos de la estructura y también el tipo de perfil utilizado en cada miembro. Se ha filtrado la información para obtener las máximas exigencias en cada miembro tomando en cuenta todas las combinaciones de carga definidas, además se muestra la evaluación de índices de trabajo para cargas axiales, cortantes y de momento flector.

3.1.4.2 Vigas y columnas.

Cuando se ha realizado satisfactoriamente el análisis estructural completo de la sección reticular de la máquina en el S.A.P.2000, corresponde ahora desarrollar y presentar planos constructivos (Ver anexos, Planos desde P 3.25, hasta P 3.25-05).

⁷ Ver tabla 3.7, la máxima reacción generada por el puente sobre las vigas carril es de 184.93 Kg., para efectos de diseño se ha remplazado esta carga por una de 200Kg. La separación de las cargas corresponde a la distancia entre los apoyos del puente (1000mm)

3.1.4.3 Brazos para traveses carril.

Los brazos que soportan las vigas carril para el puente grúa se han diseñado en conjunto con la estructura reticular completa de la máquina, y se encuentran unidos por un extremo mediante soldadura de taller a las columnas y por el otro extremo mediante soldadura en campo a las vigas carril, las dimensiones de los brazos, los detalles de soldadura y las posiciones respecto a la columna se pueden encontrar en el plano constructivo de columnas (Ver anexos, Plano 3.25-02).

3.1.4.4 Traveses carril.

Las vigas carril para el recorrido del puente se construirán con perfiles estructurales IPN-14, armados en su parte superior con ángulos de 40x6 mm que servirán de guías para las ruedas metálicas incorporadas a la estructura del puente. Los detalles de soldaduras en campo, posiciones, etc. Se pueden encontrar en el plano correspondiente (Ver anexos, Plano P 3.25-06).

3.1.5 PÓRTICO LATERAL DE LA MÁQUINA PARA SOPORTE DEL PUENTE.

De la misma manera que en el análisis del pórtico central o principal de la estructura, nos valdremos de esquemas y figuras para visualizar claramente el conjunto estructural y sus partes, así pues para identificar el pórtico secundario del que trataremos en esta ocasión, nos remitiremos al esquema 3.8, a la figura 3.22 y al plano de conjunto correspondiente (Ver anexos, Plano 3.26)

3.1.5.1 Determinación de cargas.

Con la finalidad de hacer un estudio estructural real, en la sección 3.1.4.1 de este capítulo de diseño se determinaron todas las cargas presentes en la estructura, tanto en el pórtico principal o central como en los pórticos laterales o secundarios, y luego de construir el modelo reticular en el software de análisis estructural S.A.P.2000 se aplicaron las diferentes cargas según sea el caso: como cargas puntuales en ciertas ocasiones o como cargas móviles en otras. Y finalmente luego de correr el programa, se han determinado los perfiles idóneos con sus respectivos índices de trabajo, datos que pueden ser encontrados en la tabla 3.13.

3.1.5.2 Vigas y columnas.

Los pórticos laterales de la estructura formados por sus respectivas columnas, viga central y vigas carril, tienen como función soportar las cargas puntuales generadas por los moldes y contrapesos que penden de la viga central y a la vez con las vigas carril soportar el recorrido longitudinal de los puentes: por el corredor interno, el puente que transporta los anillos sobre los cuerpos y en el corredor exterior el puente que transporta la pieza con anillo pegado a su fase de desmoldado total. Para visualizar lo expuesto se ha generado el siguiente esquema. (Ver anexos, Esquema 3.9). El paso siguiente es presentar los respectivos planos constructivos de vigas y columnas (Ver anexos, Planos 3.26-01 y 3.26-02).

3.1.5.3 Brazos para trabes carril.

Los brazos que soportan las vigas carril para el puente grúa se encuentran unidos por un extremo mediante soldadura de taller a las columnas y por el otro

extremo mediante soldadura en campo a las vigas carril, todos los detalles constructivos de los brazos se pueden encontrar en el plano de manufactura de las columnas (Ver anexos, Plano 3.26-02).

3.1.5.4 Trabes carril.

Las vigas carril para el recorrido del puente se construirán con perfiles estructurales IPN-14, armados en su parte superior con ángulos de 40x6 mm que servirán de guías para las ruedas metálicas incorporadas a la estructura del puente. Los detalles de soldaduras en campo, posiciones, etc. Se pueden encontrar en el plano correspondiente (Ver anexos, Plano P 3.26-03).

3.2 MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE DESMOLDADO DEL ANILLO POR ELEMENTOS FINITOS CON WORKING MODEL 4D.

3.2.1 ENSAMBLADO DEL MODELO EN WORKING MODEL 4D.

En esta sección del capítulo de diseño se utilizará el programa Working Model 4D para generar una simulación de funcionamiento del sistema de transporte del anillo, se ensamblarán los componentes importándolos desde el Auto CAD (Ver anexos, Esquema 3.5) y luego de crear las condiciones de simulación adecuadas como:

- Definición de anclajes para elementos fijos que son definidos en el programa como partes solidarias al plano base o tierra en las posiciones puntualizadas para cada elemento.

- Determinación de tipos de restricciones para movimientos, definiéndolos en planos o lo largo de líneas predeterminadas mediante el control de los grados de libertad permitidos para rotaciones o traslaciones, y limitando a discreción estos movimientos.
- Determinación de tipos de contacto entre partes ensambladas, pudiendo ser deslizantes con rozamiento controlado o tipo rodadura.
- Aplicación de fuerzas sobre los elementos, controlando direcciones, magnitudes y puntos de aplicación, etc.

Se correrá la simulación, de la que se ha extraído un video virtual del funcionamiento del sistema de transporte para el anillo. Para ver este archivo en el documento electrónico de un clic en la siguiente dirección <..\Anexos\Fotografías\Cap. 3\Análisis W.M\Movimiento anillo simulación.avi>, en el caso del documento impreso se puede mirar en la figura 3.25 el primer cuadro del clip de video virtual al que se hace referencia en las líneas anteriores

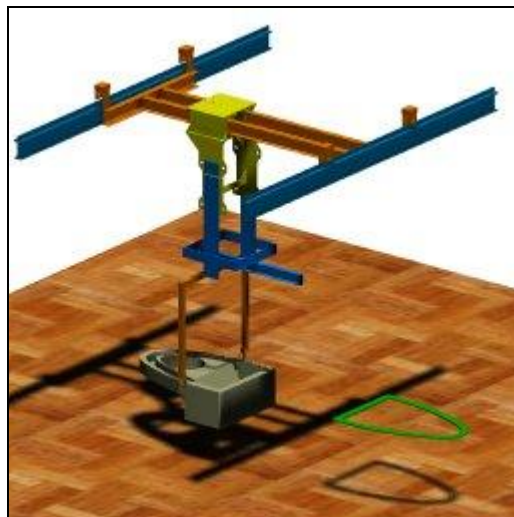


Figura 3.25 Primer cuadro del clip de video virtual de la simulación de movimientos del transportador para el anillo.

3.2.2 Datos de prueba.

En los datos de prueba, a más de las condiciones de contacto y deslizamiento necesarias para la simulación, es preciso emular las fuerzas externas que provocarán los movimientos cuando los operarios manipulen los moldes. Estas fuerzas externas aplicadas a la simulación son:

- a) Para el movimiento del elevador fijo a lo largo del puente, 30N.
- b) Para el movimiento de los brazos de carga a lo largo de la viga en el elevador móvil, 5 N.
- c) Para el movimiento del puente completo a lo largo de las vigas carril en el corredor de trabajo, 50N.
- d) Para el movimiento vertical del elevador móvil por efectos del pistón neumático, 2300 N.

3.2.3 Resultados y análisis.

Con las condiciones de contacto y fuerzas externas aplicadas en el numeral 3.2.2, y luego de correr la simulación, los resultados de aceleraciones provocadas en los elementos del modelo se muestran en las curvas de las figuras 3.26, 3.27, 3.28 y 3.29



Figura 3.26 Aceleración generada sobre el elevador fijo para su desplazamiento sobre las vigas de carga del puente, a partir de la aplicación de una fuerza de 30 N.

Como se puede observar en la figura 3.26, en el intervalo de tiempo desde un segundo hasta casi llegar a los tres segundos, cuando se ha concluido con el desplazamiento necesario del elevador fijo, existe una aceleración constante de aproximadamente 380 mm/s^2 que es provocada por la aplicación de una fuerza externa de 30 N. que emula la fuerza de empuje que tendrá que aplicar el operador de la máquina para desplazar el elevador a lo largo de las vigas del puente transportando el molde del anillo.

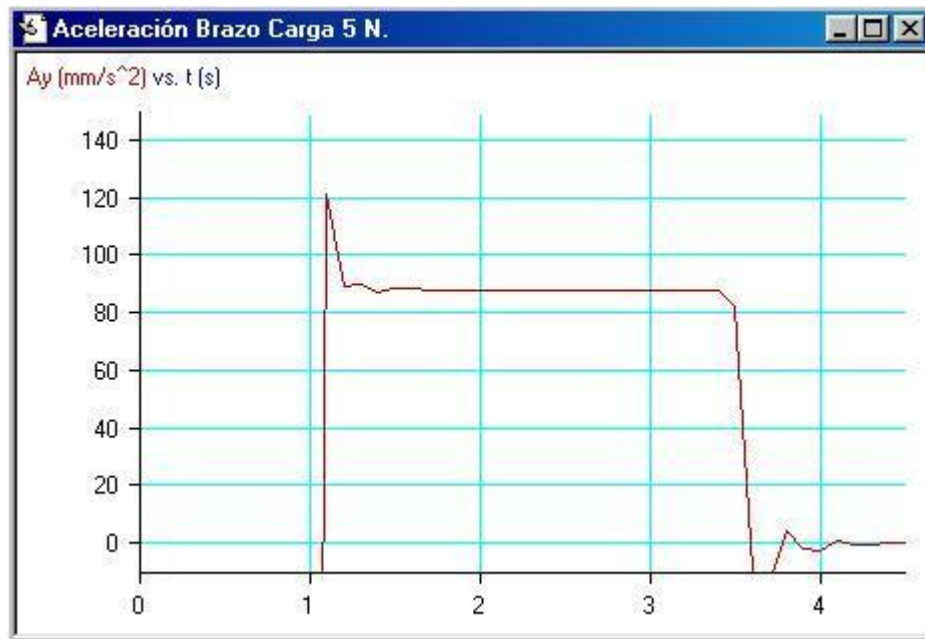


Figura 3.27 Aceleración generada sobre los brazos de carga que transportan el anillo en su recorrido sobre la viga montada en el elevador móvil, a partir de la aplicación de una fuerza de 5 N.

En la figura 3.27, en el intervalo de tiempo entre uno y cuatro segundos, cuando se ha concluido con el desplazamiento necesario de los brazos de carga sobre la viga montada en el elevador móvil para este efecto, existe una aceleración que se estabiliza constante en aproximadamente 87 mm/s^2 que es provocada por la aplicación de una fuerza externa de 5 N. que emula la fuerza de empuje que tendrá que aplicar el operador de la máquina para desplazar los brazos por la viga mencionada.

En la figura 3.28, se presenta la aceleración provocada por la aplicación de una fuerza externa de 50 N. que emula la fuerza de empuje aplicada por el operador de la máquina para desplazar el puente grúa completo a lo largo del corredor de trabajo, en el intervalo de tiempo entre cuatro y siete segundos aproximadamente se ha concluido con el desplazamiento necesario del puente para que se ubique exactamente en su siguiente posición de trabajo y en este intervalo de tiempo se simuló la aplicación de la fuerza que ha provocado una aceleración constante de aproximadamente -240 mm/s^2 .

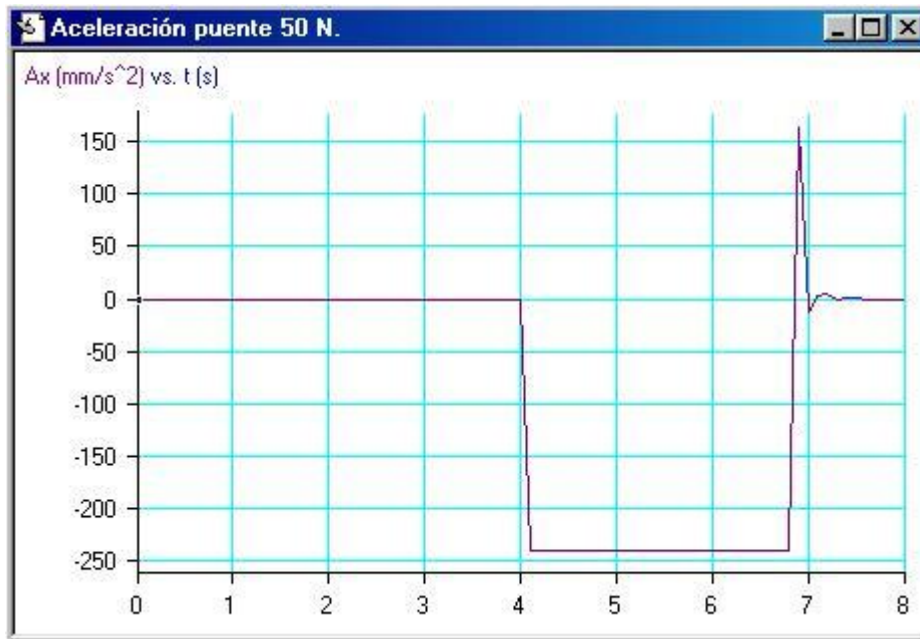


Figura 3.28 Aceleración generada sobre el puente completo en su recorrido sobre las vigas de carga de la estructura principal de la máquina en el corredor de trabajo, a partir de la aplicación de una fuerza de 50 N.



Figura 3.29 Aceleración generada sobre el elevador móvil en su desplazamiento vertical para elevación de carga, el movimiento es provocado por la fuerza aplicada desde el pistón montado en el elevador fijo

En la figura 3.29, tenemos la curva de aceleración que podría seguir el pistón neumático escogido en la sección 3.1.3.4 si en éste no se aplicará ningún control de flujo de aire para regular su velocidad de avance y aceleración, debido a su violenta reacción en un intervalo de apenas 0.3 segundos ha completado su recorrido, estabilizándose en su posición final de trabajo con la carga elevada.

3.3 SISTEMA DE DESMOLDADO DEL CUERPO.

En esta segunda sección del diseño integral es conveniente visualizar más detenidamente las parte y piezas que se desarrollarán en las subsecciones siguientes. (Ver anexos, Esquema E3.10).

3.3.1 BANCO-SOPORTE PARA EL CUERPO.

Cuando se ha concluido la fase de diseño del sistema de desmoldado del anillo, el siguiente paso es el diseño del sistema para desmoldado del cuerpo o pieza con anillo pegado. Para esto comenzaremos por el banco que soporta los moldes para la formación de la base de la pieza cerámica, (Ver anexos, Esquema E3.10) una vez identificado el banco en el esquema anterior se presenta el plano de construcción. (Ver anexos, Plano 3.27).

3.3.2 PUENTE GRÚA PARA MOVIMIENTO DEL CUERPO.

Como se había previsto, se diseñará un puente grúa que se deslice a lo largo del corredor de trabajo lateral, movilizándolo mediante un elevador

neumático los moldes del cuerpo de manera que nos permita recogerlos y mediante brazos y pivotes, levantarlos, girarlos y trasladarlos hasta que se depositen sobre la mesa para desmoldado de conchas laterales, y luego regresar con el molde vacío para dejarlo reposando en su lugar de origen. El sistema de desmoldado propuesto puede apreciarse visualmente en los anexos (Ver anexos, Esquema 3.10).

3.3.2.1 Diseño de vigas del puente.

Para diseñar las vigas del puente que transporta el anillo en la sección 3.1.3.1 se realizó un análisis estructural en el programa S.A.P. 2000, con las cargas de trabajo que entre datos de peso calculados y medidos se presentaron en la tabla 3.5. Y, tomando en cuenta que el puente para el movimiento del anillo y el puente para movimiento de la pieza completa llevarán el mismo tipo de elevador neumático y tendrán la misma configuración. Se realizó un solo estudio de cargas con las condiciones más exigentes, que en este caso las tiene el puente que transportará la pieza con anillo pegado más las conchas o moldes laterales, de manera que en este análisis nos apoyaremos en los datos obtenidos en la tabla 3.5.

El examen estructural en el S.A.P.2000 por seguridad y apego a las condiciones de funcionamiento se lo realizará en base a cargas móviles, con vehículos de dos cargas puntuales que se ajustan a los parámetros geométricos impuestos por el tránsito del elevador. Finalmente los resultados del análisis se presentan en la Tabla 3.14, en la que se filtraron los datos a fin de conseguir que se visualicen los mayores índices de trabajo en cualquier combinación de cargas y, en la Tabla 3.15, en la que se muestran los resultados de las reacciones en los apoyos. Refiérase a la figura 3.30, para ubicar los elementos y juntas en las que se han generado los datos del estudio.

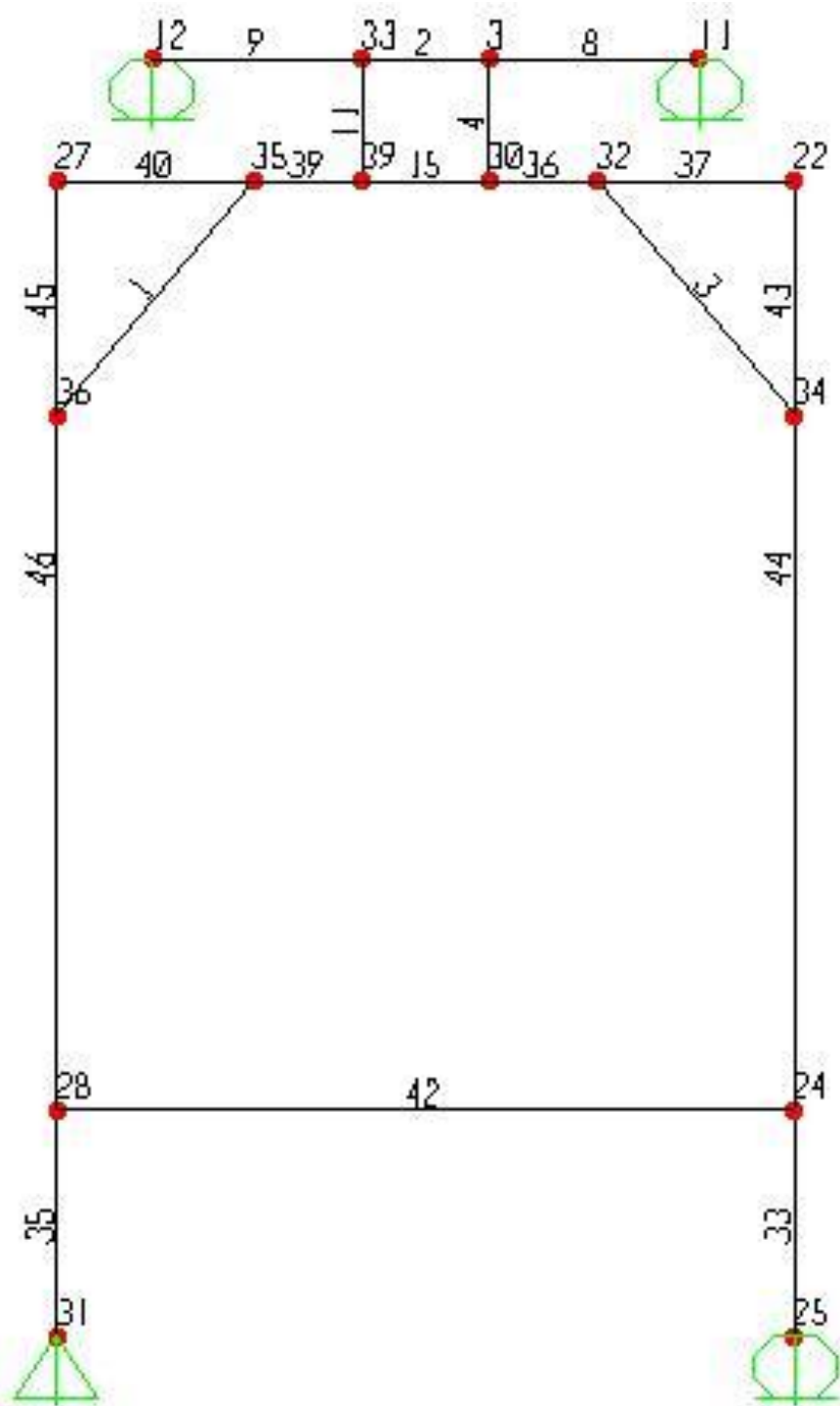


Figura 3.30 S.A.P.2000, números de etiquetas de elementos, juntas y tipo de apoyos utilizados para el análisis de la estructura del puente para desmoldado del cuerpo de las piezas cerámicas.

Tabla 3.14 Índices de trabajo de los miembros estructurales del puente para movimiento de los moldes en la formación del cuerpo de las piezas cerámicas.

SAP2000 V7,21 File: Pnt dsncdra carga móvil Units: Kgf-m STEEL STRESS CHECK OUTPUT (AISC-ASD89)														
FRAME ID	SECTION ID	MOMENT INTERACTION CHECK						SHEAR22		SHEAR33				
		COMBO	RATIO	=	AXL	+	B33	+	B22	COMBO	RATIO	COMBO	RATIO	
1	TUBO50E2	CMCVCMOV	(C)	0.133	=	0.044	+	0.085	+	0.004	CMCVCMOV	0.009	CMCVCMOV	0
2	UPN12	CMCVCMOV	(T)	0.069	=	0	+	0.068	+	0.001	CMCVCMOV	0.008	CMCVCMOV	0
3	TUBO50E2	CMCVCMOV	(C)	0.133	=	0.044	+	0.085	+	0.004	CMCVCMOV	0.009	CMCVCMOV	0
4	IPN10	CMCVCMOV	(C)	0.096	=	0	+	0.096	+	0	CMCVCMOV	0.038	CMCVCMOV	0
8	UPN12	CMCVCMOV	(C)	0.069	=	0	+	0.068	+	0.001	CMCVCMOV	0.022	CMCVCMOV	0
9	UPN12	CMCVCMOV	(C)	0.069	=	0	+	0.068	+	0.001	CMCVCMOV	0.022	CMCVCMOV	0
11	IPN10	CMCVCMOV	(C)	0.096	=	0	+	0.096	+	0	CMCVCMOV	0.038	CMCVCMOV	0
15	TUBO50E2	CMCVCMOV	(C)	0.338	=	0.005	+	0.331	+	0.002	CMCVCMOV	0.033	CMCVCMOV	0
33	IPN8	CMCVCMOV	(C)	0.028	=	0.026	+	0	+	0.002	CMCVCMOV	0	CMCVCMOV	0
35	IPN8	CMCVCMOV	(C)	0.028	=	0.026	+	0	+	0.002	CMCVCMOV	0	CMCVCMOV	0
36	TUBO50E2	CMCVCMOV	(C)	0.338	=	0.005	+	0.331	+	0.002	CMCVCMOV	0.086	CMCVCMOV	0
37	TUBO50E2	CMCVCMOV	(T)	0.067	=	0.019	+	0.047	+	0.002	CMCVCMOV	0.01	CMCVCMOV	0
39	TUBO50E2	CMCVCMOV	(C)	0.338	=	0.005	+	0.331	+	0.002	CMCVCMOV	0.086	CMCVCMOV	0
40	TUBO50E2	CMCVCMOV	(T)	0.067	=	0.019	+	0.047	+	0.002	CMCVCMOV	0.01	CMCVCMOV	0
42	TUBO50E2	CMCVCMOV	(T)	0.079	=	0.005	+	0.074	+	0	CMCVCMOV	0.003	CMCVCMOV	0
43	IPN8	CMCVCMOV	(T)	0.144	=	0.001	+	0.136	+	0.007	CMCVCMOV	0.035	CMCVCMOV	0
44	IPN8	CMCVCMOV	(C)	0.585	=	0.342	+	0.23	+	0.013	CMCVCMOV	0.009	CMCVCMOV	0
45	IPN8	CMCVCMOV	(T)	0.144	=	0.001	+	0.136	+	0.007	CMCVCMOV	0.035	CMCVCMOV	0
46	IPN8	CMCVCMOV	(C)	0.585	=	0.342	+	0.23	+	0.013	CMCVCMOV	0.009	CMCVCMOV	0

Tabla 3.15 Reacciones máximas en los apoyos de la estructura del puente para movimiento de moldes para formación del cuerpo de las piezas cerámicas.

SAP2000 V7,21 File: Pnt dsncdra carga móvil Units Kgf-m							
LOAD COMBINATION MULTIPLIERS							
COMBO	COMBO TYPE	CASE	FACTOR	LOAD TYPE	TITLE		
MAXIMOS	ENVE	CM	1	COMBO	Máximos totales		
MAXIMOS	ENVE	CMCV	1	COMBO	Máximos totales		
MAXIMOS	ENVE	CMCVCMOV	1	COMBO	Máximos totales		
JOINT REACTIONS							
JOINT	LOAD	F1	F2	F3	M1	M2	M3
11	MAXIMOS MAX	0	0	186	0	0	0
11	MAXIMOS MIN	0	0	12	0	0	0
12	MAXIMOS MAX	0	0	186	0	0	0
12	MAXIMOS MIN	0	0	12	0	0	0
25	MAXIMOS MAX	0	0	218	0	0	0
25	MAXIMOS MIN	0	0	28	0	0	0
31	MAXIMOS MAX	0	0	218	0	0	0
31	MAXIMOS MIN	0	0	28	0	0	0

Realizado satisfactoriamente el análisis estructural, se procederá con la generación de esquemas y planos constructivos. (Ver anexos, Esquema 3.11 y Plano 3.28).

3.3.2.2 Troles.

Sistema de sujeción, guiado y deslizamiento. Para esto conocemos las reacciones generadas por el puente móvil (ver Figura 3.30 y Tabla 3.15), que son las cargas que tendrán que soportar cada una de las dos ruedas encargadas de guiar el puente a lo largo de la estructura principal y que estarán alojadas dentro de los brazos de soporte (Ver anexos, Esquema 3.11). A continuación pueden mirarse los planos correspondientes al brazo para soporte del puente y sus ruedas guía. (Ver anexos, Planos 3.29 hasta el 3.30-04).

3.3.2.3 Elevador.

Es el elemento encargado de desplazarse a lo largo de las vigas de carga del puente levantando y transportando los moldes del banco de reposo a la mesa de desmoldado, debe tener la capacidad de recoger y entregar su carga deslizándose entre otros moldes que se han removido con anterioridad para ejecutar trabajos previos a su intervención. El incrementar el alcance de los brazos de carga es la razón por la que se ha incorporado en el sistema una viga carril para desplazamiento de éstos en la misma dirección de las vigas de carga del puente.

Uno de los parámetros importantes a tomarse en cuenta en el diseño general del elevador fue el espacio vertical disponible, por esta restricción el pistón neumático encargado de levantar la carga se ha dispuesto horizontalmente sobre la carcasa del elevador y está conectado mediante cables a la parte móvil.

A continuación se presentan en detalle los planos del elevador fijo y sus partes. (Ver anexos, Planos desde 3.31, hasta 3.39-03).

Antes de mirar los planos correspondientes al elevador móvil, se mostrará el análisis estructural del elevador completo (Ver Figuras 3.31(a) y 3.31(b)), simulado en el programa Working Model 4D. En base a los datos de carga analizados en la Tabla 3.8, que para efectos del estudio estructural se ha mayorado hasta obtener una aplicación de carga total de 160 Kg. 80 Kg. en cada uno de los dos brazos.

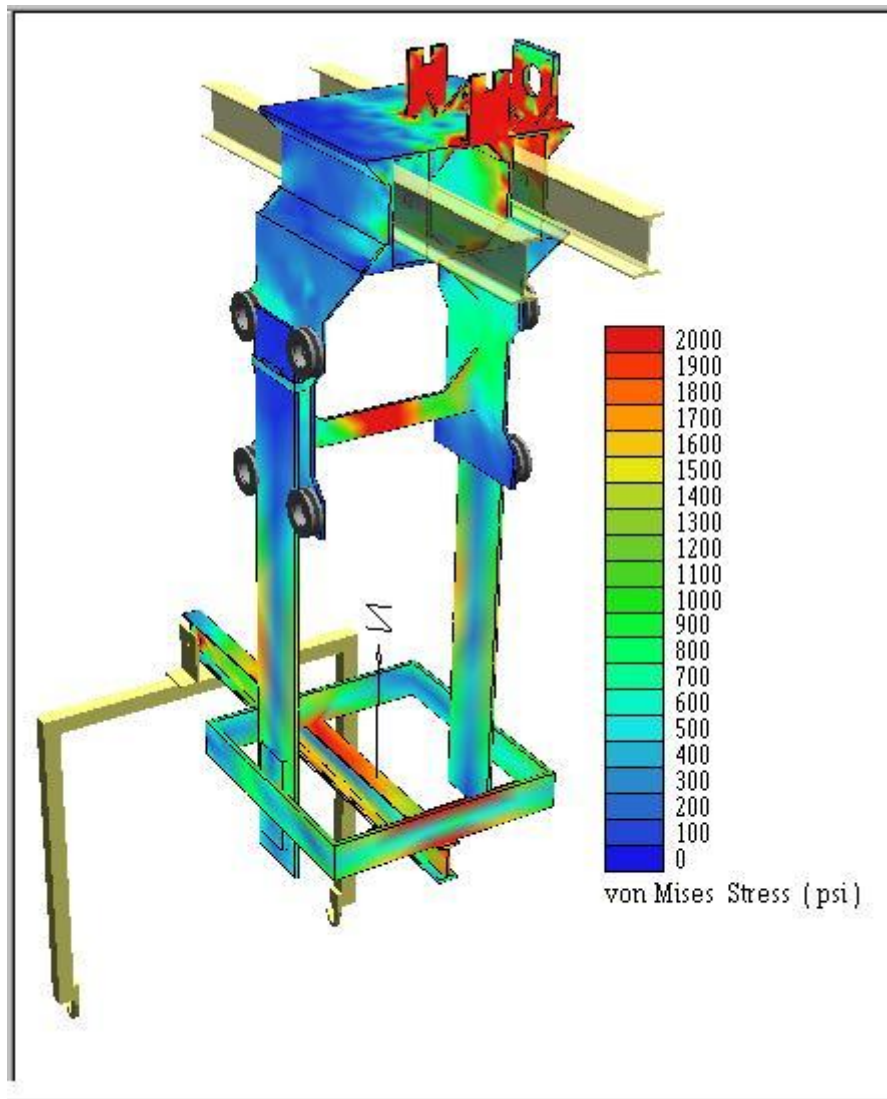


Figura 3.31(a) Análisis estructural del elevador completo. Valores de Von Mises filtrados en rangos menores a 20000 psi.

En la figura 3.31(a), Se presenta una pantalla capturada desde el software de análisis Working Model 4D, en la que muestra la distribución de los esfuerzos de Von Mises que han sido filtrados para un rango de visualización de 2000psi. se pueden ver claramente sectores que han superado esta barrera de esfuerzos. Más adelante, en la figura 3.31(b), se muestra otra distribución de Von Mises, pero esta vez para valores filtrados en un rango de visualización de hasta 24000 psi. En esta ocasión no existen sectores que superen este rango de esfuerzos y por lo tanto nos encontramos en factores de seguridad recomendados para un acero estructural capaz de resistir 36000 psi para llegar a fluencia.

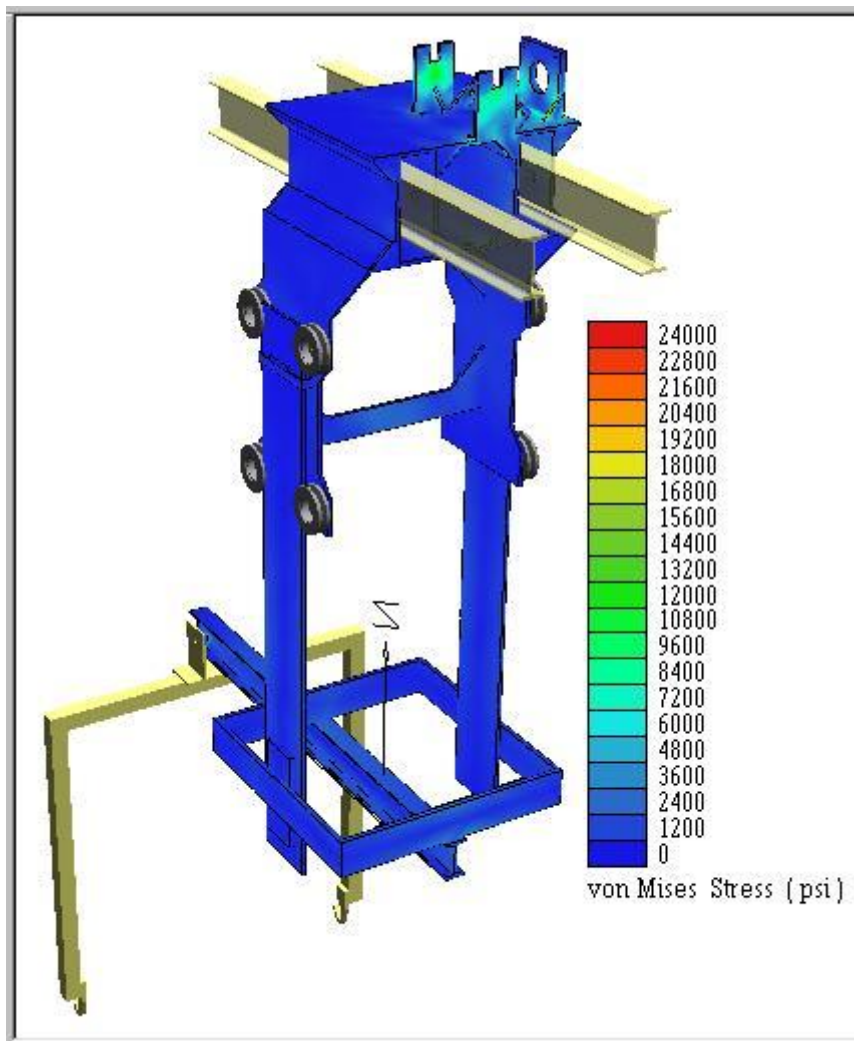


Figura 3.31(b) Análisis estructural del elevador completo. Valores de Von Mises filtrados en rangos menores a 24000 psi.

A continuación se presentan detalladamente los planos constructivos del elevador móvil. (Ver anexos, Planos desde 3.40, hasta 3.43-04).

3.3.2.4 Sistema neumático del elevador.

En primer lugar debemos determinar la carga que deberá elevar el cilindro y las condiciones necesarias de operación, como: tipo de cilindro, tipo de embolo para seguridad antigiro, recorrido, posibilidades de exploración del pistón, etc. En la carga consideraremos el peso de los dos moldes laterales para formación del cuerpo, el peso de la pasta cerámica, el soporte para la pasta, accesorios necesarios y a todo esto será necesario sumarle el peso de la parte móvil del elevador, todas estas consideraciones se presentan en la tabla 3.16

Con los datos obtenidos en la mencionada tabla, es necesario analizar la forma en que se aplicará la carga sobre el cilindro .por el diseño del elevador. (Ver anexos, Esquema 3.7). Del análisis del diagrama de cuerpo libre sabemos que las condiciones de carga de la Tabla 3.16 para la selección del cilindro neumático deben duplicarse, de manera que deberemos escoger un cilindro con capacidad de carga superior a 357.36 Kg. o 3502 N. Por motivos de seguridad la carga real será mayorada en aproximadamente un 30%, de modo que las condiciones de selección del cilindro implicarán una carga mayor o igual a 4550 N.

Respecto a desplazamientos, y analizando el mismo Esquema 3.7, se ha conseguido con la configuración de carga planteada reducir a la mitad la longitud necesaria del émbolo en el cilindro neumático. En el diseño del elevador se ha optimizado su capacidad de recorrido vertical para elevación de

carga, consiguiendo un desplazamiento de 700 mm, distancia que es suficiente para facilitar los movimientos de las piezas. Basados en este parámetro definimos el recorrido necesario para el émbolo del cilindro en una distancia mayor o igual a 350 mm.

Tabla 3.16 Determinación de cargas para selección de cilindro neumático para elevador.

CARGAS PARA SELECCIÓN DE CILINDRO EN ELEVADOR		
Descripción	Peso (Kg)	Cantidad
Moldes laterales del cuerpo de la poceta	43.86	2
Pieza completa húmeda	49.08	1
Soporte móvil para pieza desmoldada	4.6	1
Prensas horizontales para conchas	1.5	2
Estructura de elevador móvil	34.28	1
SUMATORIO TOTAL DE CARGAS		(178.68 Kg.)

Definidas las condiciones de carga y desplazamiento del cilindro, debemos tomar en cuenta también las restricciones que deben observarse en cuanto a seguridad antigiro del émbolo, para impedir la rotación de las poleas incorporadas al final del vástago. Con las aclaraciones pertinentes y en base al software proporcionado por FESTO, se ha seleccionado el siguiente elemento.

Núm. Pieza	163475
Tipo	DNC-100-400PPV-A
Denominación de artículo	Cilindro de doble efecto

Características y propiedades

Forma de funcionamiento de doble efecto

Tipo de montaje	Tornillo
Forma exterior	Perfil
Forma émbolo	redondo
Forma vástago	redondo
cumple norma ISO	ISO 6431
cumple norma VDMA	VDMA 24562
Forma de exploración	magnético
Forma de amortiguación	Amortiguación regulable
Longitud de amortiguación	32 mm
Seguridad antigiro	sin
Tamaño nominal del émbolo	100 mm
Carrera	400 mm
Diámetro del vástago	25 mm
Tipo de rosca (vástago) (KK)	M
Diámetro de la rosca (métr.)	20 mm
Paso de rosca	1,5 mm
Longitud de la rosca (vástago)	40 mm
Longitud total	633 mm
Presión de servicio mín.	0,6 bar
Presión de trabajo máx.	10 bar
Temperatura ambiente mín.	-20 °C
Temperatura ambiente máx.	80 °C
Tipo de conexión tapa cojinete	(EE)Rosca
Tipo de rosca (tapa delantera)	G
Diámetro de la rosca (pulg.)	1/2 inch
Criterio LABS	libre
Tipo de conexión tapa terminal	Rosca
Tipo de rosca (tapa terminal)	G
Diámetro de la rosca (pulg.)	1/2 inch
Fuerza útil (teór.) a 6 bar, avance	4712 N
Fuerza útil (teór.) a 6 bar, retorno	4418 N
Fuerza transversal	130 N
Carga de pandeo máx. admis.	12000 N
Carga de flexión	750 N

Consumo de aire a 6 bar, afluencia	22 l
Consumo de aire a 6 bar, retorno	20.6 l
Fluido de servicio	Aire comprimido filtrado



Figura 3.32 Imagen del cilindro neumático escogido.

3.3.2.5 Vigas y columnas en pórtico móvil del puente.

Es el marco estructural que soporta las vigas carril para el elevador del sistema de desmoldado del cuerpo (Ver anexos, Esquema 3.11) y fue calculado como parte integral de la estructura del puente para movimiento del cuerpo en la sección 3.3.2.1, a continuación se presentan los planos constructivos. (Ver anexos, Planos desde 3.44, hasta 3.46-04).

3.3.3 MESA PARA DESMOLDADO DEL CUERPO.

Terminado el análisis del sistema de transporte de los moldes mediante el puente corredizo, se comenzará con el estudio de la mesa sobre la que serán separados neumáticamente los moldes laterales o conchas (Ver anexos, Esquemas 3.10 y 3.12).

La mesa para desmoldado debe recibir la poceta con los moldes laterales incluidos para luego mediante brazos corredizos separarlos de la pieza dejándola libre para que pueda ser desplazada hasta los carriles destinados a su movimiento hasta las zonas de almacenamiento previo a los procesos posteriores.

Luego de haber observado los esquemas anteriores, y con la finalidad de analizar la estructura de la mesa y los brazos, se determinan las cargas de trabajo para los elementos mencionados. Los brazos corredizos de la mesa deberán soportar el peso de los moldes laterales, mientras que la mesa base deberá resistir la influencia de los dos brazos corredizos y el peso de la pieza cerámica desmoldada y el vehículo que se utilice para su evacuación de la mesa. A continuación serán definidas estas cargas, en función de los pesos de elementos listados en la tabla 3.17, con estos datos, se examinará la estructura de la mesa con una carga de 145 Kg. Y los brazos y vigas corredizas con una carga de 60 Kg para cada uno de ellos.

Tabla 3.17 Determinación de cargas para diseño de mesa desmoldadora

CARGAS PARA DISEÑO DE MESA DESMOLDADORA		
Descripción	Peso (Kg.)	Cantidad
Soporte móvil para pieza desmoldada	4,6	1
Moldes laterales del cuerpo de la poceta	43,86	2
Pieza completa húmeda	49,08	1
Prensas horizontales para conchas	1,5	2
SUMATORIO TOTAL DE CARGAS	(144,4 Kg.)	

A continuación, y en primer lugar se muestra el análisis estructural de los brazos y soportes para los moldes laterales. Ver figuras 3.33 y 3.34, como se ha mencionado anteriormente se ha considerado una carga de 60 Kg. ejercida por los moldes y se han reproducido las condiciones de funcionamiento de los mismos. En la figura 3.34 se puede mirar el rango de esfuerzos de Von Mises

generado por la carga aplicada en el elemento y finalmente podemos mirar que este elemento se encuentra trabajando dentro de límites permitidos.



Figura 3.33 Vista general del brazo para soporte de moldes laterales.

Continuando, se presentan gráficos con los resultados de los análisis estructurales de las vigas corredizas que soportan los brazos y de la estructura base de la mesa para desmoldado. Ver figuras 3.35 y 3.36

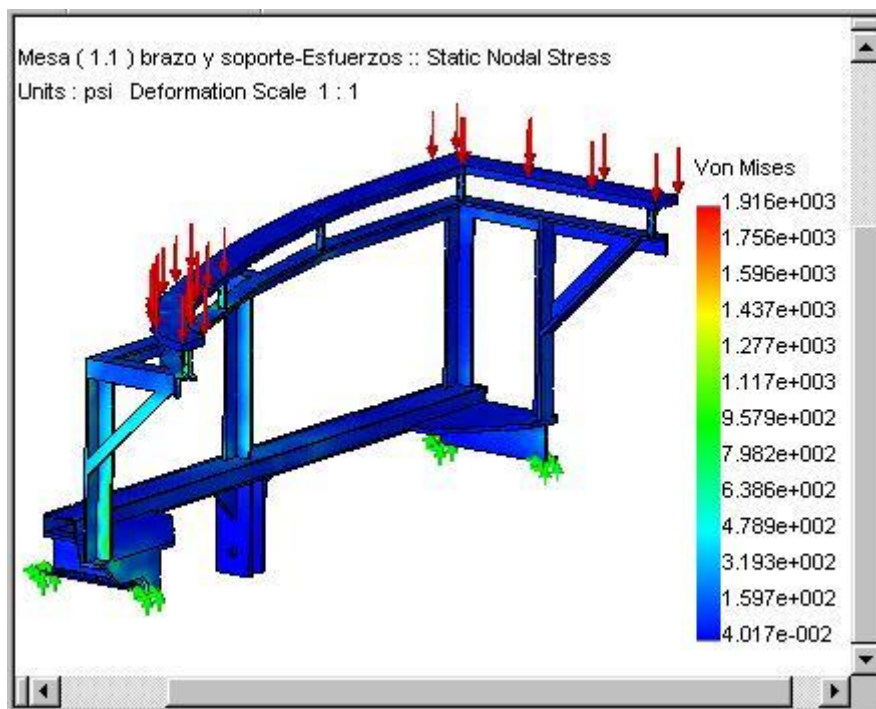


Figura 3.34 Análisis estructural del brazo que soportará los moldes laterales de la poceta en la mesa desmoldadora..

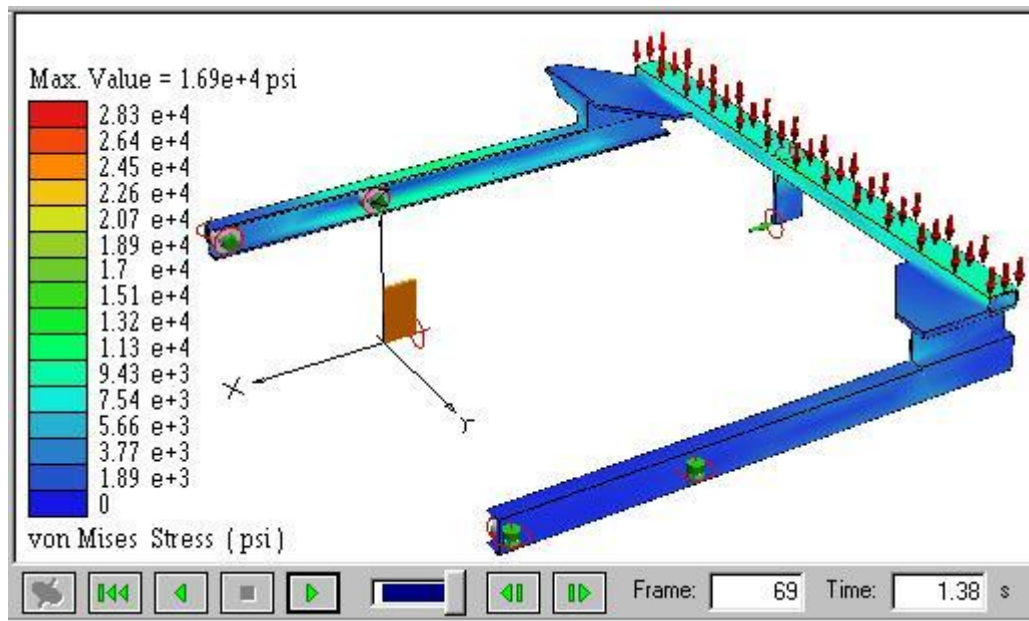


Figura 3.35 Análisis estructural de las vigas corredizas para soporte de los brazos de carga de moldes en la mesa desmoldadora..

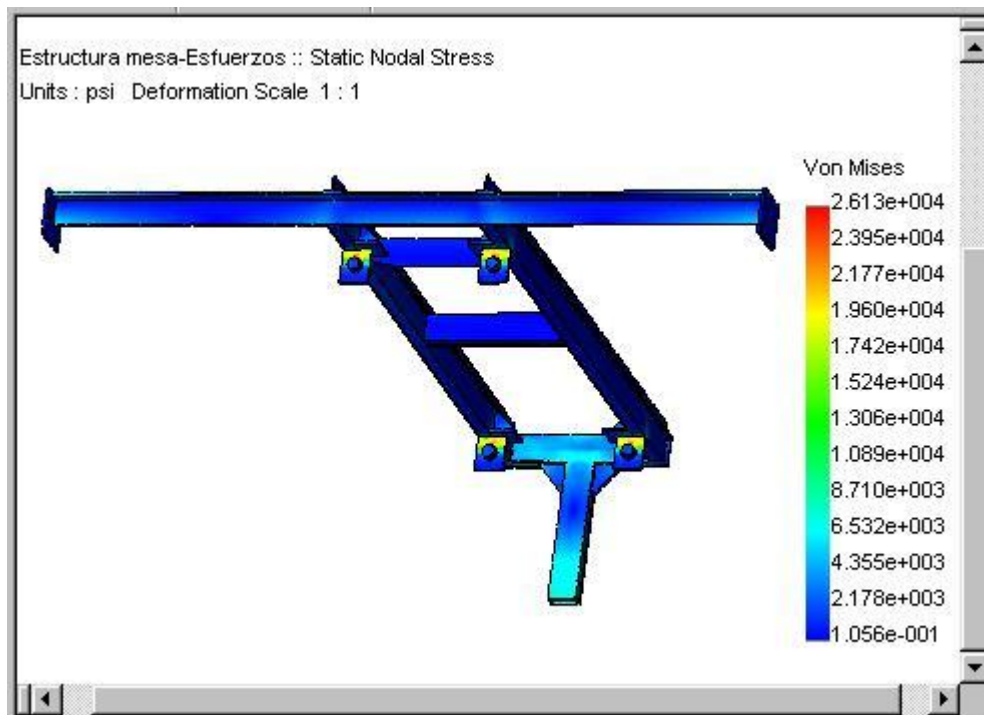


Figura 3.36 Análisis de esfuerzos en la estructura base de la mesa desmoldadora.

Finalmente, luego de que los elementos han sido probados satisfactoriamente en sus condiciones de trabajo, se presentan los planos constructivos de los mismos, (Ver anexos, Planos desde 3.47, hasta 3.56).

3.3.4 SOPORTE MÓVIL PARA PIEZA DESMOLDADA.

Es el apoyo sobre el cual se colocará la pieza cerámica el momento en que pase desde el banco en el que se ha fabricado el cuerpo hasta la mesa desmoldadora, este soporte móvil (1) debe sustentar la cerámica cuando se hayan separado las conchas laterales y luego debe deslizarse por los rieles de la mesa para solidariamente depositarse sobre el soporte móvil (2) en el banco transportador que llevará las pocetas hasta los lugares destinados al almacenamiento de las piezas. (Ver anexos, Esquemas 3.10 y 3.13).

Una vez identificados los dos soportes móviles en los esquemas se procede con su análisis y planos constructivos, en las figuras 3.37, 3.38, 3.39 y 3.40 se muestran los estudios estructurales de estos dos elementos en base a las cargas de trabajo de la tabla 3.17 y las condiciones de funcionamiento emuladas como restricciones en el software de análisis correspondiente.

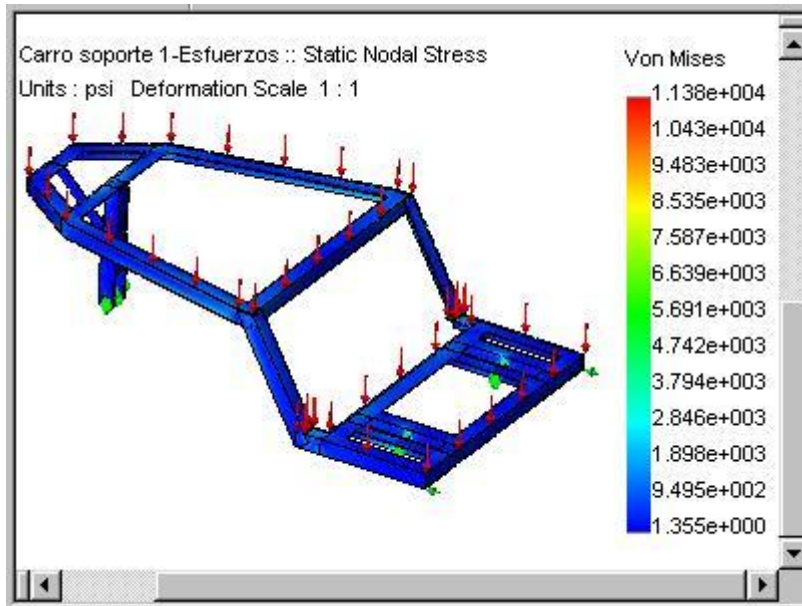


Figura 3.37 Soporte móvil (1), análisis de esfuerzos estructurales

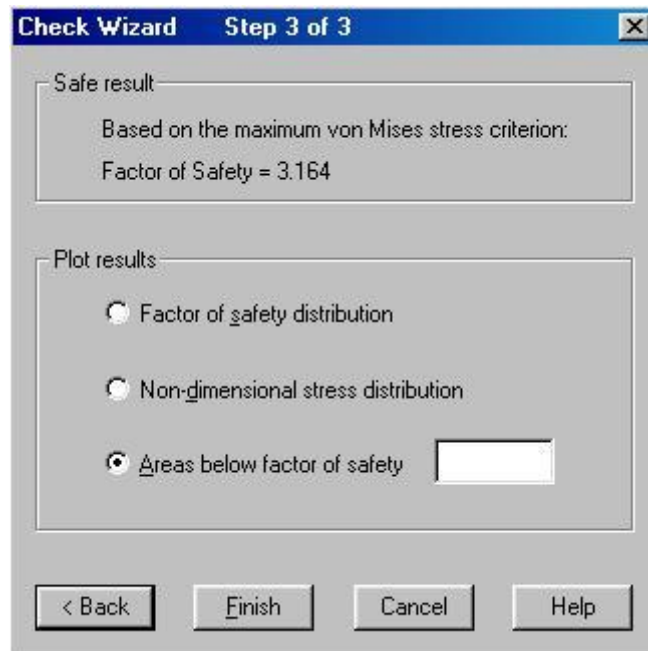


Figura 3.38 Factor de seguridad para soporte móvil (1).

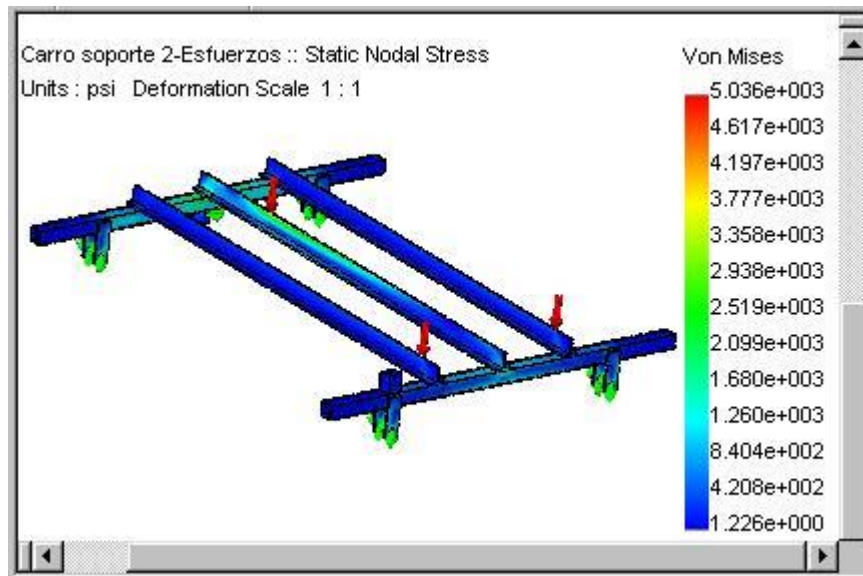


Figura 3.39 Soporte móvil (2), análisis de esfuerzos estructurales

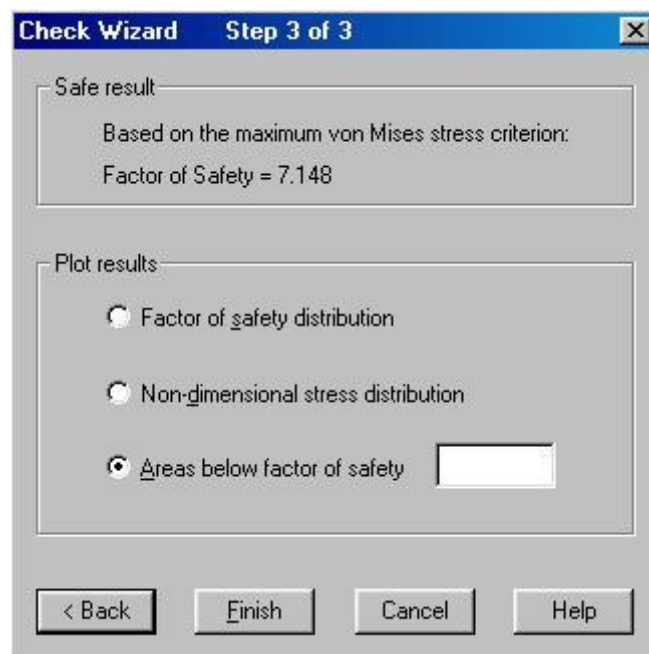


Figura 3.40 Factor de seguridad para soporte móvil (2).

Seguidamente se muestran los planos constructivos de los soportes móviles (Ver anexos, Planos desde 3.57, hasta 3.58-05).

3.3.5 BANCO TRANSPORTADOR DE PIEZAS DESMOLDADAS.

Cuando las piezas han salido de la mesa desmoldadora y se encuentran apoyadas sobre el soporte móvil, deben ser transportadas hasta los lugares destinados a su reposo y posterior manipulación en las siguientes etapas del proceso. Este transportador puede ser identificado en el esquema 3.10 de los anexos (Ver anexos, Esquema 3.10). A continuación se procede con el análisis estructural y los planos constructivos correspondientes.

En la tabla 3.18 se puede analizar los índices de trabajo de los elementos estructurales sometidos a una carga distribuida de 100 Kg. por metro lineal que está apoyada sobre las vigas carril del banco simulando la acción de los carros soporte con las piezas desmoldadas. El índice de trabajo más exigente es de 0.188, lo cual asegura un funcionamiento confiable en las condiciones de carga de diseño.

Como parte final del diseño de este banco soporte se presentan los planos constructivos detallados. (Ver anexos, Plano 3.59).

Tabla 3.18 Índices de trabajo de los miembros estructurales del banco soporte para piezas desmoldadas.

SAP2000 V7.21													
File: ANALISIS BANCO SOPORTE													
Units: Kgf-m													
STEEL STRESS CHECK OUTPUT (AISC-ASD89)													
FRAME ID	SECTION ID	MOMENT INTERACTION CHECK					SHEAR22		SHEAR33				
		COMBO	RATIO	=	AXL	+	B33	+	B22	COMBO	RATIO		
1	TB50503	DSTL2	(C) 0.128	=	0.01	+	0.002	+	0.115	DSTL2	0	DSTL2	0.023
2	TB50503	DSTL2	(C) 0.003	=	0	+	0.002	+	0	DSTL2	0.001	DSTL2	0
3	TB50503	DSTL2	(C) 0.128	=	0.01	+	0.002	+	0.115	DSTL2	0	DSTL2	0.023
4	TB50503	DSTL2	(C) 0.188	=	0.011	+	0.177	+	0	DSTL2	0.028	DSTL2	0
5	TB50503	DSTL2	(C) 0.188	=	0.011	+	0.177	+	0	DSTL2	0.028	DSTL2	0
6	TB50503	DSTL2	(C) 0.037	=	0.021	+	0.013	+	0.002	DSTL2	0.003	DSTL2	0
7	TB50503	DSTL2	(C) 0.003	=	0	+	0.002	+	0	DSTL2	0.001	DSTL2	0
8	TB50503	DSTL2	(C) 0.037	=	0.021	+	0.013	+	0.002	DSTL2	0.003	DSTL2	0
11	TB50503	DSTL2	(C) 0.037	=	0.021	+	0.013	+	0.002	DSTL2	0.003	DSTL2	0
12	TB50503	DSTL2	(C) 0.003	=	0	+	0.002	+	0	DSTL2	0.001	DSTL2	0
13	TB50503	DSTL2	(C) 0.037	=	0.021	+	0.013	+	0.002	DSTL2	0.003	DSTL2	0
14	TB50503	DSTL2	(C) 0.188	=	0.011	+	0.177	+	0	DSTL2	0.028	DSTL2	0
15	TB50503	DSTL2	(C) 0.188	=	0.011	+	0.177	+	0	DSTL2	0.028	DSTL2	0
16	TB50503	DSTL2	(C) 0.128	=	0.01	+	0.002	+	0.115	DSTL2	0	DSTL2	0.023
17	TB50503	DSTL2	(C) 0.003	=	0	+	0.002	+	0	DSTL2	0.001	DSTL2	0
18	TB50503	DSTL2	(C) 0.128	=	0.01	+	0.002	+	0.115	DSTL2	0	DSTL2	0.023
19	TB50503	DSTL2	(C) 0.172	=	0.01	+	0.162	+	0	DSTL2	0.027	DSTL2	0
21	TB50503	DSTL2	(C) 0.172	=	0.01	+	0.162	+	0	DSTL2	0.027	DSTL2	0

3.4 MODELADO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE DESMOLDADO DEL CUERPO POR ELEMENTOS FINITOS CON WORKING MODEL 4D.

3.4.1 ENSAMBLADO DEL MODELO EN WORKING MODEL 4D.

En esta sección del capítulo de diseño se utilizará el programa Working Model 4D para generar una simulación de funcionamiento del sistema de desmoldado de conchas laterales del cuerpo de la poceta, se ensamblarán los

componentes importándolos desde el Auto CAD (Ver anexos, Esquema 3.10) y luego de crear las condiciones de simulación adecuadas como:

- Definición de anclajes para elementos fijos que son definidos en el programa como partes solidarias al plano base o tierra en las posiciones puntualizadas para cada elemento.
- Determinación de tipos de restricciones para movimientos, definiéndolos en planos o lo largo de líneas predeterminadas mediante el control de los grados de libertad permitidos para rotaciones o traslaciones, y limitando a discreción estos movimientos.
- Determinación de tipos de contacto entre partes ensambladas, pudiendo ser deslizantes con rozamiento controlado o tipo rodadura.
- Aplicación de fuerzas, cargas puntuales y distribuidas sobre los elementos, controlando direcciones, magnitudes y puntos de aplicación, etc.

Se ha corrido la simulación y se ha extraído un video virtual del funcionamiento del sistema de apertura de conchas en la mesa desmoldadora. Para ver este archivo en el documento electrónico de un clic en la siguiente dirección, <..\Anexos\Fotografías\Cap. 3\ Mesa desmoldadora.avi> en el caso del documento impreso se puede mirar en la figura 3.41 el primer cuadro del clip de video virtual al que se hace referencia en las líneas anteriores.

Se ha corrido además una simulación del comportamiento de los esfuerzos generados sobre las vigas corredizas que soportan los brazos de carga para los moldes laterales de las pocetas. Los esfuerzos máximos soportados por estos elementos se pueden ver en la figura 3.35, en la que se analizan las condiciones más severas en función de carga viva y posición de las vigas móviles. El video virtual de la simulación descrita puede verse en el documento electrónico dando un clic en la siguiente dirección. <..\Anexos\Fotografías\Cap. 3\Vigas corredizas F.E.A..avi>

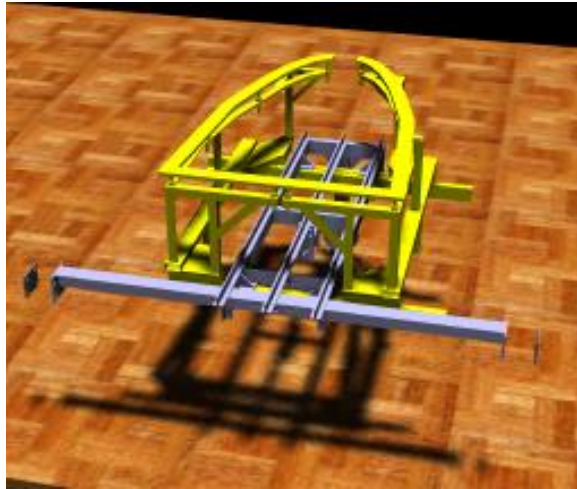


Figura 3.41 Primer cuadro del clip de video virtual de la simulación de movimientos de la mesa desmoldadora.

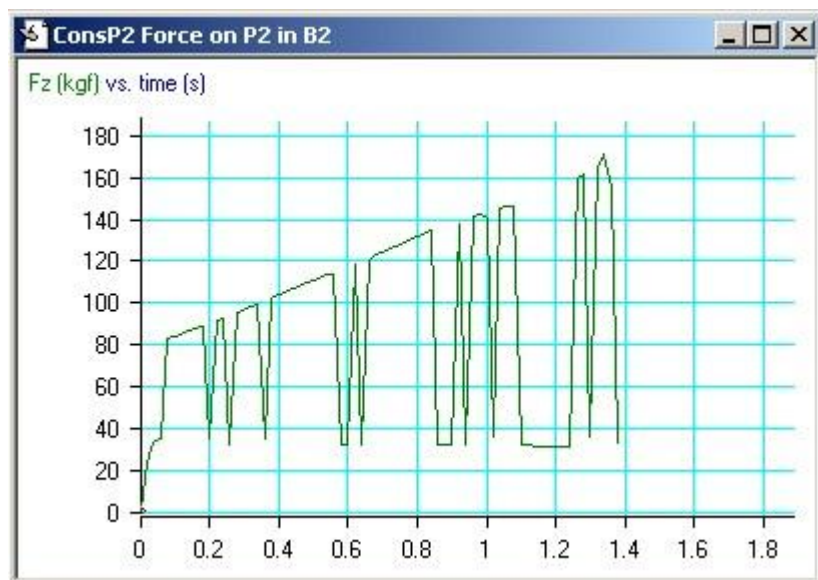
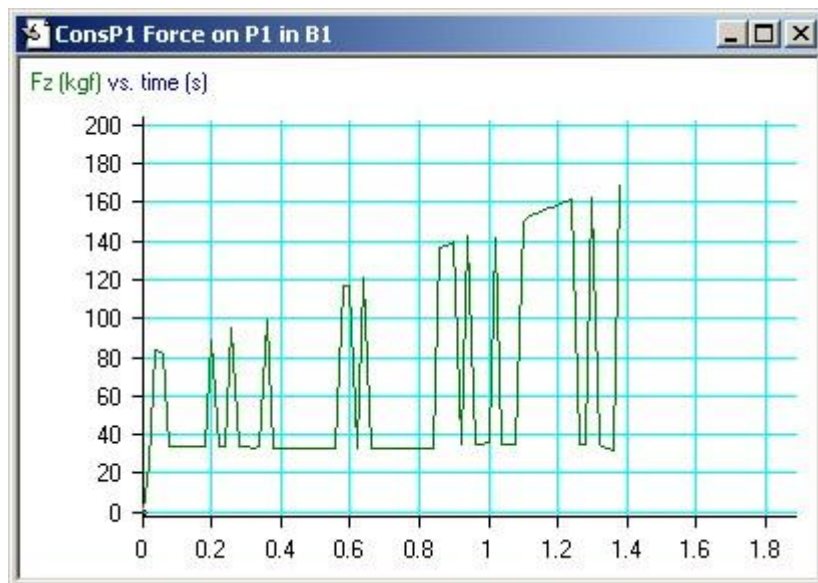
3.4.2 Datos de prueba.

En los datos de prueba a más de las condiciones de contacto y deslizamiento necesarias para la simulación, es preciso emular las fuerzas de los cilindros neumáticos que provocarán el movimiento de los brazos para desmoldado y las cargas generadas por los moldes, las cargas con las que se ha corrido la simulación son:

- a) Carga viva por presencia de los moldes, 60 Kgf.
- b) Carga para simulación de fuerzas por pistones neumáticos, 2 Kgf.

3.4.3 Resultados y análisis.

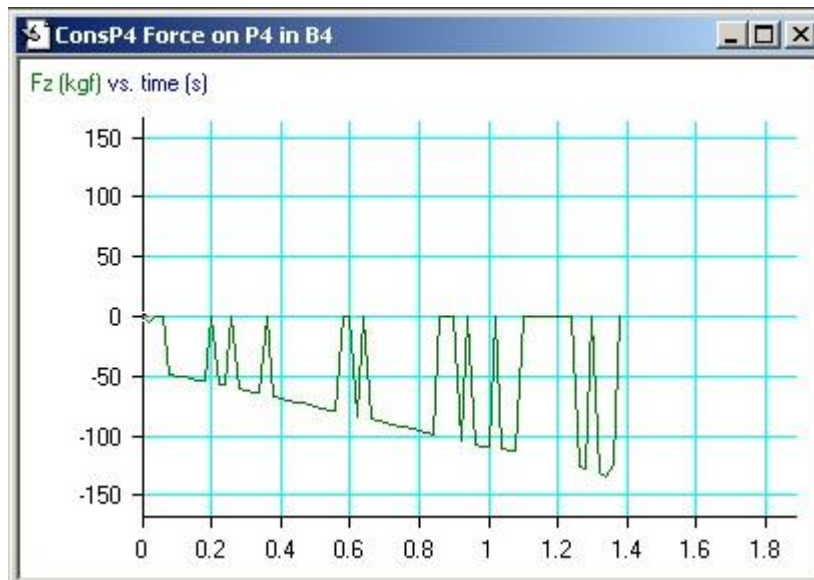
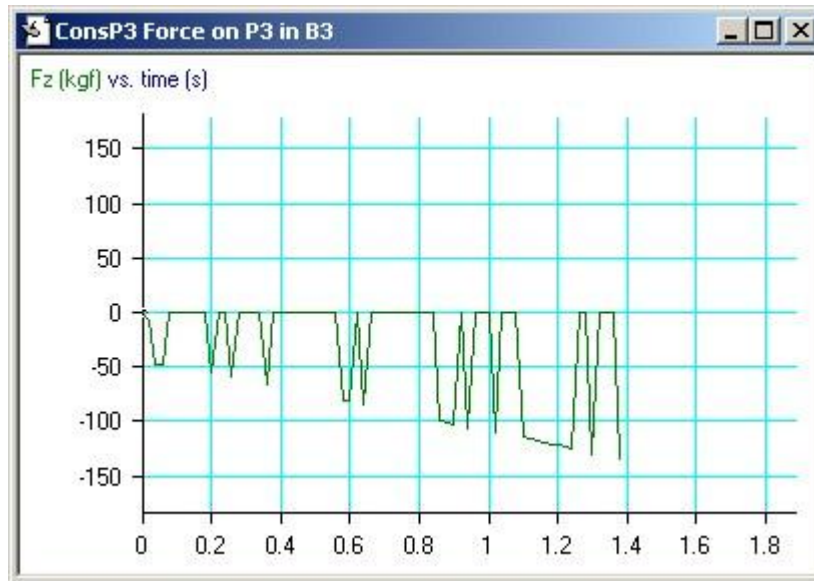
Con las condiciones de contacto y fuerzas externas aplicadas en el numeral 3.4.2, y luego de correr la simulación, los resultados de fuerzas generadas en los elementos que soportan las vigas corredizas del modelo se muestran en las curvas de las figuras 3.42 a 3.47



Figuras 3.42, 3.43 Fuerza generada por las vigas corredizas sobre los ejes soporte anclados en la mesa base, se puede apreciar el aumento de fuerza con el tiempo a medida que la viga se desplaza incrementando el brazo de palanca sobre los apoyos.

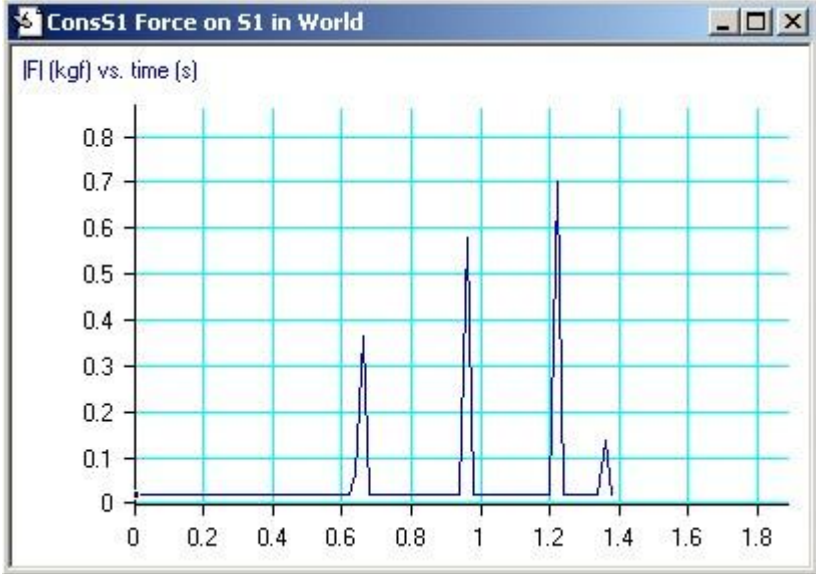
En las figuras anteriores 3.42 y 3.43 respectivamente se puede ver claramente como a lo largo de la simulación de movimiento, la fuerza ejercida sobre los soportes de las vigas corredizas varía incrementándose hasta alcanzar su máximo valor, cercano a los 180 Kgf. cuando la viga se ha

extendido completamente aumentando el brazo de palanca sobre los soportes, este mismo comportamiento se reproduce en los otros soportes que equilibran este sistema, con la diferencia de que en estos elementos las fuerzas ejercidas son en sentido contrario. A continuación, en las figuras 3.44 y 3.45 se puede observar el comportamiento descrito.



Figuras 3.44, 3.45 Fuerza generada por las vigas corredizas sobre los ejes soporte anclados en la mesa base que equilibran el sistema, se puede apreciar el aumento de fuerza con el tiempo a medida que la viga se desplaza.

Adicionalmente se han analizado las fuerzas en los soportes laterales de las vigas de carga móviles, estos elementos permiten un recorrido estable de las vigas actuando como topes para los posibles movimientos laterales, el análisis de fuerzas realizado en la simulación se presenta en las figuras a continuación.



Figuras 3.46, 3.47 Fuerza generada por las vigas corredizas sobre los ejes soporte laterales anclados en la mesa base, estos elementos previenen posibles desplazamientos laterales de las vigas.

Se puede ver que las fuerzas aplicadas en este caso están en rangos bastante bajos, no superan los 2 Kgf, cuando eventualmente los elementos estabilizadores son empleados para corregir desplazamientos laterales indeseados en las vigas en el transcurso de la simulación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS ECONÓMICO.

4.1 COSTOS DE MANO DE OBRA.

Los datos de costos en este capítulo serán examinados y presupuestados para la construcción de un módulo de 4.5 metros de largo en el que se obtienen 10 posiciones para fabricación de pocetas cerámicas. Según lo previsto inicialmente, la máquina tiene la flexibilidad para crecer por etapas o módulos según las necesidades de producción se vayan presentando.

Adicionalmente se debe tomar en cuenta que para la construcción de la máquina, la empresa EDESA S.A. cuenta con un departamento técnico (Proyectos-Mantenimiento) que tiene el personal y maquinaria adecuados y suficientes para enfrentar la construcción.

Con base en estas aclaraciones y en el análisis de los planos constructivos de partes y piezas de este proyecto se presenta en la tabla 4.1 el presupuesto de mano de obra, para el cálculo de estos costos se ha promediado a dos dólares el valor de la hora hombre tomando en cuenta la intervención de maestros y ayudantes.

Tabla 4.1 Costos estimados de mano de obra para la construcción de un módulo con 10 posiciones para fabricación de pocetas modelo Kingsley.

ACTIVIDAD	Número de obreros	Tiempo estimado en horas	Costo
PÓRTICO CENTRAL			
Preparación de materiales	3	8	48
Ensamblaje	2	4	16
PÓRTICOS LATERALES (2)			
Preparación de materiales	3	16	96
Ensamblaje	2	8	32
BANCOS SOPORTE PARA ANILLO (10)			
Preparación de materiales	2	14	56
Ensamblaje	4	8	64
PRENSAS PARA ANILLOS (10)			
Preparación de materiales	2	24	96
Ensamblaje	4	12	96
PUENTE GRÚA MOVIMIENTO DEL ANILLO (2)			
Preparación de materiales	6	50	600
Ensamblaje	6	32	384
BANCO SOPORTE PARA EL CUERPO (2)			
Preparación de materiales	2	16	64
Ensamblaje	2	12	48
PUENTE GRÚA MOVIMIENTO DEL CUERPO (2)			
Preparación de materiales	6	50	600
Ensamblaje	6	32	384
MESA PARA DESMOLDADO DEL CUERPO (2)			
Preparación de materiales	5	36	360
Ensamblaje	3	24	144
SOPORTE MÓVIL PARA PIEZA DESMOLDADA (10)			
Preparación de materiales	3	72	432
Ensamblaje	3	24	144
BANCO TRANSPORTADOS PIEZAS DESMOLDADAS (2)			
Preparación de materiales	2	16	64
Ensamblaje	2	12	48
TUBERÍAS			
Preparación de materiales	4	40	320
Ensamblaje	4	50	400
TOTAL U.S.D.			4496

4.2 COSTO DE MATERIALES E INSUMOS.

Para la determinación de los costos de materiales e insumos necesarios se ha solicitado la asistencia del departamento de compras de EDESA S.A. que

ha solicitado las cotizaciones necesarias para armar el presupuesto de construcción de un módulo de producción.

Los costos y cantidades de materiales necesarios se presentan en tablas que clasifican en subgrupos los insumos para la construcción estructural y neumática de los diferentes sistemas de la máquina

Tabla 4.2 Costo de materiales necesarios para la construcción estructural de los pórticos principal, secundarios, bancos y prensas de un módulo de producción, con 10 posiciones de trabajo.

Descripción	Cantidad total	USD.
IPN-10	1 perfil IPN-10 por 6 metros	43,77
IPN-14	9 perfiles IPN-14 por 6 metros	1125,72
IPN-16	2 perfiles IPN-16 por 6 metros	313,14
IPN-18	2 perfiles IPN-18 por 6 metros	431,02
IPN-20	3 perfiles IPN-20 por 6 metros	928,2
PLACAS (196X66X6) PLACAS (196X80X6) PLACAS (200X140X10)	1 Plancha de acero A-36 (2400x1220x6 mm.)	108,56
PLACAS (200X200X10) PLACAS (161X124X10) PLACAS (142X82X10)	1 Plancha de acero A-36 (2400x1220x10 mm.)	217,12
PLATINA 50X6	1 Platina 50x6mm. x 6m.	7,56
PLATINA 65X12	1 Platina 65x12mm. x 6m.	13,36
PLATINA 65X12		
PLATINA 75X12	1 Platina 75x12mm. x 6m.	26,44
PLATINA 75X12		
ANGULO 50X50X6	1 Angulo 50x50x6mm. x 6m.	15,57
ANGULO 40X40X6	16 Angulo 40x40x6mm. x 6m.	195,68

TOTAL U.S.D. 3426,14

Tabla 4.3 Costo de materiales necesarios para la construcción del sistema neumático de los elevadores para anillo y cuerpo en un módulo de producción con 10 posiciones de llenado.

Denominaciones	Tipo	Cantidad	Precio
Cilindro doble efecto	DNC-100-320-PPV	1	276
Válvula de palanca	HS-4/3-1/4	1	138,71
Regulador de caudal	GRE-1/4	1	11,76
Válvula antiretorno	HGL-1/4	2	96,96
Unidad de mantenimiento	FRC-1/4-D-MINI	1	75,48
Tubo poliuretano	PUN-8	10	13,6
Racor recto	QS-1/4-8	4	8,2
Reducción	D-3/8 I - 1/2 A	2	5,2
Racor L Orientable	DSL-3/8-8	2	7,12
Silenciador	U-1/4	2	10,2
Cilindro doble efecto	DNC-100-350-PPVA	1	318
Válvula de palanca	HS-4/3-1/4	1	138,71
Regulador de caudal	GRE-1/4	1	11,76
Válvula antiretorno	HGL-1/4	2	96,96
Unidad de mantenimiento	FRC-1/4-D-MINI	1	75,48
Tubo poliuretano	PUN-8	10	13,6
Racor recto	QS-1/4-8	4	8,2
Reducción	D-3/8 I - 1/2 A	2	5,2
Racor L Orientable	DSL-3/8-8	2	7,12
Silenciador	U-1/4	2	10,2
Cilindro doble efecto	DNC-40-320-PPV	4	467,48
Manguera racores y accesorios	Kit	2	164
TOTAL U.S.D.			1959,94

4.3 COSTOS DE DIRECCIÓN TÉCNICA.

Los costos que se han tomado en cuenta como dirección técnica de la obra corresponden a la organización y supervisión de los trabajos a cargo de personal calificado con un título superior en Ing. Mecánico. Se proyecta aproximadamente un tiempo de construcción de 40 días en los que este profesional recibirá una remuneración aproximada de U.S.D. 3200.

4.4 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

El presupuesto de construcción de un solo módulo con capacidad de fabricación de 10 piezas por cada descarga asciende aproximadamente a 14500 dólares en los que se encuentran contemplados los gastos por mano de obra, materiales, dirección técnica y gastos imprevistos de un 10% del presupuesto total.

De acuerdo con los cálculos iniciales expuestos en la introducción de este documento se estima un porcentaje de rotura del 35% de piezas fabricadas, de manera que al producirse diariamente 20 piezas, se considera que únicamente 13 llegarán a las bodegas para exportación.

Se ha considerado un margen de ganancia de 10 dólares por pieza, lo que significaría un aporte mensual de 3900 dólares por módulo una vez que se hayan realizado todos los ajustes y calibraciones necesarias para una correcta producción. Es importante aclarar que a más de la pruebas de funcionamiento y ajustes de arranque, deberá programarse la capacitación del personal que operará el equipo y que posterior al entrenamiento, durante su período de aprendizaje en máquina seguirán generándose inquietudes y reajustes.

Con base en estas estimaciones se presenta el flujo de caja de la Tabla 4.4 en la que se han considerado períodos mensuales que posteriormente serán la base para el cálculo de la tasa interna de retorno TIR, que se presenta en la Tabla 4.5. Y para el cálculo del VAN, que se presenta en la tabla 4.6.

Tabla 4.4 Flujo neto de caja en períodos mensuales, se han cuantificado también las cantidades acumuladas con las que se puede apreciar que a partir del décimo primer mes se ha recuperado la inversión.

Acumulado Mensual U.S.D.	FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO	
	Período	Flujo Neto U.S.D.
-7250	1º mes	-7250 dólares
-14500	2º mes	-7250 dólares
-14100	3º mes	400 dólares
-13400	4º mes	700 dólares
-12400	5º mes	1000 dólares
-11000	6º mes	1400 dólares
-9100	7º mes	1900 dólares
-6700	8º mes	2400 dólares
-3800	9º mes	2900 dólares
-300	10º mes	3500 dólares
3400	11º mes	3700 dólares
7300	12º mes	3900 dólares

Tabla 4.5 Tasa Interna de Retorno (TIR) calculada para los períodos mensuales correspondientes.

Período	TIR
1º mes	
2º mes	
3º mes	
4º mes	
5º mes	
6º mes	
7º mes	
8º mes	
9º mes	
10º mes	-0,33%
11º mes	3,10%
12º mes	5,62%
TIR Anual	67,48%

Tabla 4.6 Valor Actual Neto (VAN) calculado para los períodos mensuales correspondientes con la Tasa Interna de Retorno mensual presentada en la tabla 4.5, se verifica que el sumatorio de todos los períodos es igual a cero

Período	VAN Tasa 5,62%
1º mes	-6863,99
2º mes	-6498,54
3º mes	339,45
4º mes	562,41
5º mes	760,67
6º mes	1008,23
7º mes	1295,46
8º mes	1549,25
9º mes	1772,34
10º mes	2025,14
11º mes	2026,88
12º mes	2022,69
Sumatorio	0,00

Finalmente del análisis de los indicadores presentados en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6 se concluye que el proyecto es recomendable, pues como se puede ver en la tabla 4.5 se tiene una Tasa Interna de Retorno del 67.48% anual.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- Con el diseño desarrollado se conseguirá incrementar la producción de pocetas cerámicas modelo Kingsley fabricadas en la sección de vaciado ALPHA en un 108%, al pasar de 144 piezas a 300 piezas fabricadas en los dos turnos de producción programados diariamente ⁸.
- Considerando un índice de rotura de piezas en todo el proceso igual al 35%. De las 156 pocetas extras fabricadas diariamente llegarán a bodega de producto terminado aproximadamente 100 unidades, lo cual hace de éste, un proyecto viable y recomendable.
- Se han diseñado y simulado exitosamente los diferentes componentes, piezas y partes que en conjunto constituyen un módulo de producción capaz de fabricar 10 piezas cerámicas por cada descarga, adicionalmente el diseño tiene la flexibilidad de crecer módulo a módulo según necesidades de producción o disponibilidad económica.
- Se ha cumplido con el objetivo de presentar documentadamente la información técnica necesaria y suficiente, para la ejecución del proyecto que permita incrementar la producción de piezas cerámicas en un área de producción predeterminada e invariable dentro de la empresa EDESA S.A.

⁸ Ver en los anexos los esquemas 1.3 (E1.2) y 5.1(E 5.1), en estos gráficos se puede ver la distribución antes y después de implantado el proyecto. En el esquema 5.1(E 5.1) se han dibujado 15 módulos de producción (300 piezas diarias) y su distribución dentro del área disponible.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Todos los componentes de esta máquina desmoldadora han sido diseñados y dimensionados para la fabricación de pocetas cerámicas modelo Kingsley, que es uno de los modelos más grandes y pesados producidos actualmente por EDESA S.A. Se recomienda utilizar como carga máxima de trabajo los pesos de los moldes para los cuales fue diseñada.
- Se recomienda asignar los trabajos de seguimiento e inspección de construcción y montaje a personal técnico calificado que sea responsable del cumplimiento de las especificaciones solicitadas en el diseño.
- Este trabajo ha permitido desarrollar un proyecto de construcción de maquinaria para beneficiar a una empresa nacional con los conocimientos técnicos adquiridos en una de las múltiples carreras universitarias existentes en nuestro país. Se recomienda exhortar a las empresas para que apoyen el desarrollo de sus procesos en técnicos nacionales dando oportunidades de crecimiento profesional y económico a nuestra gente.
- Finalmente, los beneficios económicos proyectados al poner en práctica este diseño hacen recomendable su construcción y posterior perfeccionamiento.

ANEXOS

FOTOGRAFIAS

ESQUEMAS

PLANOS

TABLAS

REFERENCIAS

- ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA, American Institute of Steel Construction. Manual of STEEL CONSTRUCTION. 8va ed. Chicago Illinois. 1987. 7-11p.
- ECUADOR, INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. Código de Dibujo Técnico-Mecánico. N° 009. Quito. s.f. 145p
- BRESLER, LIN y SCALZI. Diseño de Estructuras de Acero. Traducido del ingles por Enrique Martínez Romero y José Luis Flores Feregrino. 9na ed. Mexico. Editorial Limusa S.A. 1990. 926p.
- SHIGLEY, Joseph. Diseño en Ingeniería Mecánica.
- TIMOSHENKO, GERE. Mecánica de Materiales.
- LARBURU, N. Máquinas Prontuario Técnicas Máquinas Herramientas. 3ra ed. Madrid. Paraninfo. 1991. 567p
- JÜTZ, SCHARKUS, LOBERT. Prontuario de Metales, Tablas para la Industria Metalúrgica. Traducido del alemán por DIORKI traductores. Edición especial. Barcelona. Editorial Reverté. 1984. 187p
- INDUSTRIAL RETAINING RING COMPANY. Engineering Specifications. s.e. Catalog 72. 1972. 51p.
- EUTECTIC CASTOLIN. Manual de Soldadura. Sager S.A. s.f. pp 45-51
- AGA, Catálogo de electrodos y gases para corte & soldadura. s.f. 75p

- C.D. FESTO Productos 2002/2003. Insetec. s.f.
- C.D. Mindman 2001 All Series Products Catalogue. Mindman Industrial Co.,Ltda. 2001.
- C.D. Catálogo-Manual electrónico HILTI HAP 2.3g. 1998.