






PROYECTO: “ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PARA EL DETALLE DE INGENIERÍAS DE LA LÍNEA ROLDÓS-OFELIA”

PRODUCTO 3

CAPÍTULO 0:

INFORME DE DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA

RESPONSABLES:

	NOMBRE(S)	CÉDULA(S)	FIRMA(S)
ELABORADO POR	Ing. Mario Calderón	1716535222	
REVISADO POR,	Ing. Marcelo Carrera	1705277661	
APROBADO POR	Ing. Carlos Baldeón	1704378890	

CÓDIGO: QC-OR-TT-DT-MC-001

JUNIO 2016

CAPÍTULO 1: METODOLOGÍA DE DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA	5
1. Antecedentes	5
2. Sistema de identificación de materiales y procesos ofrecidos por industrias ecuatorianas	6
2.1. Potenciales empresas ecuatorianas en capacidad de realizar los procesos de manufactura	6
2.2. Potenciales industrias ecuatorianas en capacidad de proveer los materiales necesarios para la construcción de elementos	8
CAPÍTULO 2: DESAGREGACIÓN DE LA CABINA PARA TRANSPORTE DE PASAJEROS	11
1. Introducción	11
2. Consideraciones de diseño de cabina a partir de capacidad instalada de producción ecuatoriana	12
2.1. Cargas	12
2.2. Consideraciones ingenieriles	12
2.3. Verificación y seguridad	14
2.4. Materiales	14
2.4.1. Aceros	14
2.5. Tenacidad de los materiales:	14
2.6. Factores de riesgo	14
3. Aprobación de planeación técnica para cabinas de teleféricos	15
4. Metodología de desarrollo de la cabina	16
5. Desagregación tecnológica en subsistemas	17
5.1. Sistema de sujeción de cabina	17
5.2. Estructura de soporte de cabina	18
5.3. Brazo de soporte de la cabina	19

5.4.	Sistema de sujeción de cable para apertura de puertas de cabina	20
5.4.1.	Placa (1) para sistema de sujeción de apertura de puerta	21
5.4.2.	Placa (2) para sistema de sujeción de apertura de puerta	22
5.5.	Placa guía sobre brazo de soporte	23
5.6.	Soporte de eje de brazo	24
5.7.	Soporte de brazo en cable	25
6.	Elementos de la cabina	26
6.1.	Chasis	26
6.2.	Ventanas	28
6.3.	Paneles, piso y techo	29
6.4.	Asientos	30
CAPÍTULO 3: DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA DE SISTEMA DE PILONAS		31
1.	Introducción	31
2.	Componentes	31
2.1.	Cabeza de soporte para balancines	32
2.2.	Juntas empernadas	32
2.3.	Bridas	32
2.4.	Pernos	33
2.5.	Tuercas	33
2.6.	Pernos de anclaje	33
CAPÍTULO 4: DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA DE SISTEMA DE BALANCINES		34
1.	Introducción	34

2. Componentes del sistema de balancines que pueden ser producidos en el Ecuador	34
2.1. Tubos cuadrados	35
2.2. Poleas	35
2.3. Líneas de caucho	35
2.4. Ejes	35
2.5. Placas	35
2.6. Pernos	35
2.7. Tuercas	36
2.8. Soporte estructura	36
2.8.1. Ejes	36
2.8.2. Placas	36
2.8.3. Pernos	37
2.8.4. Tuercas	37
2.8.5. Rodamientos	37
2.9. Sistema de poleas	37
2.9.1. Polea	38
2.9.2. Rodamientos	38
2.9.3. Cauchos	38
2.9.4. Anillo retenedor	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
ANEXO 1	41
BIBLIOGRAFÍA	42

Capítulo 1: Metodología de desagregación tecnológica

1. Antecedentes

El proyecto de transporte público por teleférico, QuitoCables, es una iniciativa nunca antes realizada en el Ecuador, y por lo tanto, representa una oportunidad única para el desarrollo productivo del Distrito Metropolitano de Quito y del resto del país. Los beneficios de este proyecto emblemático pueden ser medibles en el desarrollo de la ingeniería ecuatoriana, generación de plazas de empleo, y ampliación de las capacidades de la industria ecuatoriana en términos productivos y capacidad de producción. Por este motivo, se vuelve imprescindible el acompañamiento de la industria ecuatoriana para el diseño, construcción, implementación, y mantenimiento de los sistemas presentes en esta obra de ingeniería. El reto para las industrias ecuatorianas yace en la posibilidad de producir elementos y sistemas que cumplan con los estándares de calidad internacionales para el aseguramiento de la calidad para un sistema de transporte de estas características. Además de esto, la producción de los componentes desarrollados localmente, debe ser competitivo en términos de costos. El objetivo es el desarrollo de conocimiento ingenieril de alta calidad para una posible implementación de servicios de la misma índole en otros lugares del país, o de la región.

Es evidente que algunos países cuentan con muchos años de experiencia en esta disciplina, por lo cual se vuelve prácticamente imposible desarrollar el sistema de transporte en cuestión íntegramente con las capacidades locales actuales. Sin embargo, existe la posibilidad de realizar un aporte importante en temas de ingeniería local. Este desarrollo debe ser sostenido y progresivo, con el objetivo de aumentar el componente de valor agregado ecuatoriano en el desarrollo de elementos y sistemas con ingeniería de calidad.

Por este motivo, y luego de un análisis minucioso de los componentes del sistema QuitoCables, el presente estudio pretende establecer una línea base para el desarrollo de la mayor parte de los componentes de las cabinas para transporte de pasajeros, pilonas, y balancines. Se han escogido a estos subsistemas ya que representa una oportunidad con alto potencial de implementación con las capacidades productivas actuales productivos locales. Tanto en términos de materiales, procesos de manufactura, volúmenes, y calidad, los subsistemas mencionados podrían potencialmente ser desarrolladas en el Ecuador, en términos de conceptualización, diseño, construcción, y montaje.

Este estudio presenta la serie de lineamientos y consideraciones para el desarrollo y construcción de las cabinas, pilonas y balancines, considerando las capacidades de producción locales con el objetivo de ayudar a las industrias interesadas en la construcción de las mismas. **Sin embargo, este documento no presenta, de ninguna manera, las normas para el diseño definitivo.**

2. Sistema de identificación de materiales y procesos ofrecidos por industrias ecuatorianas

A continuación, el detalle de diferentes empresas ecuatorianas en capacidad de ofertar sus bienes y servicios para la construcción de los subsistemas de cabinas, pilonas y balancines. Las tablas 1 y 2 disponen de códigos (F para procesos de manufactura y C para productos) que serán referenciados a lo largo de este estudio en concordancia con las especificaciones técnicas de los diferentes subsistemas. Además de esta información, las tablas 1 y 2 cuentan con información sobre las especificaciones técnicas, nombres de las empresas, y subsistema donde potencialmente puede ser implementado este bien o proceso.

2.1. Potenciales empresas ecuatorianas en capacidad de realizar los procesos de manufactura

Tabla 1: Listado de procesos de manufactura con especificaciones técnicas por parte de empresas ecuatorianas para el desarrollo de componentes

Código	Proceso de fabricación	Características técnicas	Empresa	Componente
F1	Oxicorte	Cortes lineales desde 3mm hasta 150 mm de espesor con tractor semiautomático	DIPAC	Tubos de acero estructural, planchas, poleas, ejes de poleas
F1	Oxicorte	Oxicorte, Plasma, Chorro de Agua, Cortes en Metal, Acero Inoxidable, Aluminio	SERVICOR	Tubos de acero estructural, planchas, poleas, ejes de poleas
F1	Oxicorte	Oxicorte/plasma CNC	Sidertech	Cuello de cisne
F2	Oxicorte y plasma	Mesa CNC de 3 x 14 m, 2 estaciones de oxicorte, 1 estación de plasma de alta resolución y 1 estación de marcado neumático.	ENATIN	Tubos de acero estructural
F3	Doblado de tubo	Dobladora CNC para tubería redonda y cuadrada	ENATIN	Brazo de soporte de cabina

Código	Proceso de fabricación	Características técnicas	Empresa	Componente
F4	Corte en guillotina	Hasta 15 mm en 6 m	ENATIN	Tubos de acero estructural
F5	Cortes automáticos	Cortes lineales programados en software, desde 3mm hasta 150 mm de espesor, para volúmenes altos de trabajo,	DIPAC	Cuello de cisne
F6	Perforación	Orificios circulares de diámetro máximo: 25,40 mm, espesor Máximo: 101,60 mm	IPAC-Acero	Cuello de cisne, paneles, estructuras
F7	Doblado	Largo Máximo de Doblado: 3m	IPAC-Acero	Estructura de cabina
F8	Corte manual	guillotina industrial, sierra circular, cizalla		
F8	Corte manual	Guillotina manual, guillotina industrial, sierra circular, cizalla	IPAC-Acero	Cuello de cisne, tubos de acero galvanizado, estructura de la cabina
F9	Galvanizado	Piscinas de gran dimension para galvanizado	Ideal-Alambrec	Tubos de acero estructural, planchas
F10	Galvanizado	Recubrimiento de espesor de capa protectora de Zinc de entre 10 y 30 micras	Galvanorte	Pernos y remaches, Tubos de acero estructural
F10	Galvanizado	Dimensiones máximas: 8m x 1.2m x 2.2m, Norma: ASTM A 123	IPAC-Acero	Tubos de acero estructural, planchas
F11	Pintura anticorrosiva	ANTIOX recubrimiento anticorrosivo	Condor	Cuello de cisne
F11	Pintura anticorrosiva	Cámara de pintura	ENATIN	Estructura de cabina
F11	Pintura anticorrosiva	Base anticorrosiva para proteger estructuras metálicas expuestas en ambientes interiores o exteriores.	Pintulac	Cuello de cisne

Código	Proceso de fabricación	Características técnicas	Empresa	Componente
F11	Pintura anticorrosiva	Base anticorrosiva para proteger estructuras metálicas expuestas en ambientes interiores o exteriores.	Pintuco	Cuello de cisne
F11	Pintura anticorrosiva	Rendimiento teórico por metro cuadrado: 10 a 12 metros por litro en un espesor de 1 mm	Metal Color	Cuello de cisne
F12	Plegado	Prensas de hasta 750 ton en 6 m.	ENATIN	Estructura de cabina
F12	Rolado	Roladora CNC capacidad hasta 32 mm en 3 m	ENATIN	Parantes de aluminio
F13	Taladrado	Orificios en acero de gran diámetro	ENATIN	Cuello de cisne, pernos de anclaje
F14	Torneado	Torneado de acero inoxidable	FAMEC	Ejes de poleas
F14	Torneado	Torneado CNC y convencional	Caral Ingeniería Mecánica	Ejes de poleas y poleas
F14	Torneado	Torneado de acero inoxidable, 1,60 m entre puntas, Husillo de 3 1/8" Volteo sin escote de 720mm y con escote de 550mm, Capacidad de motor 7 1/2 HP	Grupo Emacons	Ejes de poleas
F15	Soldadura	Diferentes tipos	CARAL Ingeniería Mecánica	Pilonas, elementos mecánicos varios
F15	Soldadura	AWS E7018	Personas naturales con certificación	Pilonas
F16	Fresado	Fresado CNC y convencionales	Caral Ingeniería Mecánica	Poleas

2.2. Potenciales industrias ecuatorianas en capacidad de proveer los materiales necesarios para la construcción de elementos

Tabla 2: Listado de empresas ecuatorianas que ofrecen materiales para la construcción de componentes

Código	Componente	Características técnicas	Empresa
C1	Parantes de aluminio	Aluminio AA6063 y AA 6005	Aluminios FISA
C1	Parantes de aluminio	Diseño de dados de extrusión a la medida	CEDAL
C2	Estructura de cabina	Planchas lisas de 1m x 2m x 3mm	CEDAL
C2	Estructura de cabina	Aluminio ASTM A 1200 - Temple H 14, espesor 6 mm, resistencia mecánica: 127-135 Kg/mm ² , % elongación: 6.5-7.5. Composición química %: FE:0.24, SI:0.27, Cu:0.03, Mn: 0.025, Mg: 0.01, Zn: 0.047, Ti:0.01	DIPAC
C3	Paneles de cabina	Policarbonato macizo, Alta transmisión de Luz Igual al vidrio, Resistencia al impacto, bajo peso. Altamente resistente al fuego. Las láminas pueden ser curvadas en frío dependiendo de su espesor. Fácil mantenimiento. Alta resistencia a la abrasión.	SETECO
C4	Tubos de acero de soporte estructural	Acero negro (sin galvanizar) laminado en caliente, conformado en frío, pasando por una serie de rodillos, cerrado por soldadura de inducción de alta frecuencia. Fabricado según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2415:2013. Calidad del Acero JIS G3132 SPHT-1, ASTM A36 o ASTM A572 GR50	Ferro Torre SA
C5	Tubos de acero de soporte estructural	Acero galvanizado ASTM A-500, largo: 6m, peso: 6.17 kg/m	DIPAC
C5	Tubos de acero de soporte estructural	Acero galvanizado ASTM A 500 Gr. A, B ó C	IPAC
C5	Tubos de acero de soporte estructural	Acero galvanizado ASTM A500 Gr A., laminado en frío o caliente	KUBIEC
C5	Tubos de acero de soporte estructural	Acero galvanizado NTE INEN 2415, longitud: 6m	NOVACERO
C6	Techo cabina	Aluminio antideslizante, ASTM A 1060, Temple H 18, espesor 2 mm, resistencia mecánica: 137-140 Kg/mm ² , composición química%: Fe:0.11, Si: 0.22, Cu:0.02, Mn:0.01, Mg: 0.015, Zn: 0.03, Ti: 0.01	DIPAC
C6	Techo cabina	Aluminio antideslizante, AA 1060 - H18, espesor 2 mm,	NOVACERO
C7	Piso cabina	Aluminio antideslizante, ASTM A 1060, Temple H 18, espesor 2 mm, resistencia mecánica: 137-140 Kg/mm ² , composición química%: Fe:0.11, Si: 0.22, Cu:0.02, Mn:0.01, Mg: 0.015, Zn: 0.03, Ti: 0.01	DIPAC

Código	Componente	Características técnicas	Empresa
C7	Piso cabina	Aluminio antideslizante, AA 1060 - H18, espesor 2 mm,	NOVACERO
C8	Cuello de cisne	Acero ASTM A 36, espesor: 10 mm	NOVACERO
C9	Brazo de soporte de cabina	Acero galvanizado ASTM A 500 Gr. A, B ó C	IPAC
C9	Brazo de soporte de cabina	Acero galvanizado ASTM A500 Gr A., laminado en frío o caliente	KUBIEC
C9	Brazo de soporte de cabina	Acero galvanizado NTE INEN 2415, longitud: 6m	NOVACERO
C10	Pernos de cabeza hexagonal	SAE Grado 8 ANSI/ASME, aleación de acero con tratamiento térmico. Dureza Rockwell C33-C39, diámetro=1".Carga de prueba: 120000 lb/in2, resistencia mínima a la tracción: 150000 lb/in2	Castillo-Hermanos
C10	Pernos de cabeza hexagonal	SAE Grado 8 ANSI/ASME, aleación de acero con tratamiento térmico. Dureza Rockwell C33-C39, diámetro=1".Carga de prueba: 120000 lb/in2, resistencia mínima a la tracción: 150000 lb/in2	BP Ecuador
C10	Pernos de cabeza hexagonal	SAE Grado 8 ANSI/ASME, aleación de acero con tratamiento térmico. Dureza Rockwell C33-C39, diámetro=1".Carga de prueba: 120000 lb/in2, resistencia mínima a la tracción: 150000 lb/in2	TOPESA
C11	Tuerca Hexagonal Rosca UNC Grado 8	Rosca gruesa, aleación de medio carbono. Dureza Rockwell C97-C33. Carga de prueba: 133435 lb/in2	Castillo-Hermanos
C11	Tuerca Hexagonal Rosca UNC Grado 8	Rosca gruesa, aleación de medio carbono. Dureza Rockwell C97-C33. Carga de prueba: 133435 lb/in2	BP Ecuador
C11	Tuerca Hexagonal Rosca UNC Grado 8	Rosca gruesa, aleación de medio carbono. Dureza Rockwell C97-C33. Carga de prueba: 133435 lb/in2	TOPESA
C12	Remaches	Cabeza ancha, 5/16 X 1/2	TOPESA
C13	Tapices	Industrias manufactureras	COIVESA
C13	Tapices	Alfombras y Tapices de la Industria Automotriz, Productos de Calidad Dirigidos a la Industria de la Tapicería	Novatex
C13	Tapices	Hilos acrílicos y naturales, telas para tapicería, modulares, para oficina y autos	Texsa SA
C14	Tubos cuadrados	Acero ASTM 572, e=6mm, 301 X 670	IPAC
C15	Poleas Duraluminio	Poleas de duraluminio	Carrión-Alvarez
C15	Poleas Duraluminio	Aceros Especiales, Soldaduras Especiales, Bronces, Duraluminio, Cuchillas, Herramientas, Flejes, Flecas,	BOEHLER

Código	Componente	Características técnicas	Empresa
		Servicio de Tratamiento Termico	
C16	Ejes	Acero inoxidable AISI 410, diámetro: 30 mm	Ivan Bohman C.A.
C16	Ejes	Acero inoxidable AISI 410, diámetro: 30 mm	DIPAC
C16	Ejes	Varilla Lisa Acero Inoxidable 16 mm X 6 m (5/8")	FINPAC
C17	Cauchos	Líneas de caucho para superficie de poleas de diámetro: 420mm y 560 mm	Bandas y Bandas
C17	Cauchos	Líneas de caucho para superficie de poleas de diámetro: 420mm y 560 mm	L. Henriques-Flexco
C18	Placas de acero	Acero A572, gr. 50, Norma: NTE INEN 115, espesor 6mm	Diacelec
C18	Placas de acero	Acero ASTM A572, laminado en caliente, espesor 6mm	Steel Resources Ecuador
C19	Rodamientos	Rodamientos industriales	Ivan Bohman C.A
C19	Rodamientos	Rodamiento industrial, rótulas / cojinete de rodillos, bolas de acero	Maquinarias Henriques
C20	Pegamento	PACER RX-50 Su viscosidad y fórmula "ethyl – cyanocrilato" lo convierte en el más versátil de los adhesivos PACER.	DMC
C21	Acero al carbono	Tubos de acero	IPAC
C21	Acero al carbono	Tubos de acero	DIPAC
C22	Hierro corrugado	SAE 1020 SY 4800 kg/cm2	Andec
C22	Hierro corrugado	SAE 1020 SY 4800 kg/cm2	Adelca
C22	Hierro corrugado	SAE 1020 SY 4800 kg/cm2	DISENSA

Capítulo 2: Desagregación de la cabina para transporte de pasajeros

1. Introducción

Este capítulo muestra los diferentes elementos y componentes de la cabina y del soporte que potencialmente podrán ser construidos en el país para las cabinas del sistema de teleférico. La metodología empleada para este fin consistió, en primera instancia, en la identificación de las empresas que tienen competencia para la construcción y manufactura de los componentes a ser instalados en QuitoCables. La lista adjunta de las industrias y de sus competencias puede estar sujeta a cambios y a ampliaciones. Se identificaron las empresas que tenían disponibilidad de información, en términos de especificaciones técnicas y de detalle en la oferta de sus servicios, así como en sus certificaciones de calidad en materiales y procesos.

Este estudio está basado en los materiales y procesos de manufactura disponibles localmente y con fundamentos en la norma alemana DIN EN 13796-1 (Safety

requirements for cableway installations designed to carry persons- Carriers- Part 1: Grips, carrier trucks, on-board brakes, cabins, chairs, carriages, maintenance carriers, tow-hangers). Actualmente, no existe una norma para la construcción de teleférico, razón por la cual se sugiere considerar la norma anteriormente mencionada para el diseño. Por otra parte, se sugiere analizar la serie de procedimientos disponibles para la manufactura de las partes en términos de costos.

2. Consideraciones de diseño de cabina a partir de capacidad instalada de producción ecuatoriana

2.1. Cargas

- Las siguientes fuerzas deben ser consideradas para el diseño estructural de la cabina:
- Peso de la estructura (G)
- Fuerza debido al peso de los pasajeros (Q): 800 N por persona
- Presión del viento (q), que debe ser analizada en las zonas expuestas a las mayores cargas de viento. Se deben considerar dos escenarios: en operación y en no operación. Estas presiones deben ser aplicadas en los cálculos a 0° , 45° , 90° , 135° y 180° con respecto a la dirección de movimiento, en condiciones de operación y no operación
- Para operación: $q = 0.25 \frac{kN}{m^2}$
- Para no operación: $q = 1.2 \frac{kN}{m^2}$
- Momento torsional (M_z) alrededor del eje vertical debido a fuerzas actuando en el plano horizontal. $M_z = \pm 50Nm$ por persona.
- Fuerza longitudinal debido a los pasajeros (H_{x1}) en dirección del movimiento. Es una fuerza dinámica que actúa sobre las paredes externas de la cabina, las puertas o los asientos. Se calcula con la ecuación: $H_{x1} = 5000 - 100 \times (40 - n)$ N/m, donde n es el número de personas en la cabina. La cabina fue diseñada con una capacidad de 10 personas. Entonces H_{x1} resulta ser 2000 N/m.
- Fuerza transversal debido a los pasajeros (H_{y1}) transversal a la dirección del movimiento. Es una fuerza dinámica que actúa sobre las paredes externas de la cabina, las puertas o los asientos. Se calcula con la ecuación: $H_{y1} = 2500 - 30 \times (40 - n)$ N/m. La cabina fue diseñada con una capacidad de 10 personas. Entonces H_{y1} resulta ser 1600 N/m.

2.2. Consideraciones ingenieriles

- Verificación estática: Se debe realizar un análisis de estrés von Mises relativo al límite elástico del material o con respecto al 0.2 del límite plástico del mismo (R_p).

Para los componentes de aluminio, es decir, los parantes, piso y techo de la cabina, se debe considerar el punto de cedencia.

- Factor de seguridad: Se debe tomar un factor de seguridad de 3, a menos que se realice un análisis por elementos finitos, en cuyo caso, se puede reducir hasta en un 20% al factor de seguridad.
- Se debe diseñar la cabina tomando en cuenta el acceso del personal para revisión y mantenimiento de las cabinas.
- Los techos de las cabinas deben ser diseñadas para que permitan la evacuación de los pasajeros y el mantenimiento del personal. Por lo tanto, la parte exterior del techo debe tener una superficie antideslizante.
- Es necesario diseñar un dispositivo de evacuación para los pasajeros, por ejemplo, según la norma europea EN 1909.
- Los pernos para el ensamblaje deben seguir estándares, por ejemplo, la EN ISO 898.
- Los componentes de seguridad de las cabinas tienen que estar protegidos contra corrosión.
- Los componentes internos de la cabina deben ser resistentes a la corrosión y contar con orificios para el drenaje de agua.
- Las partes de la cabina que son accesibles a los pasajeros no deben tener puntas afiladas.
- Las cabinas deben ser numeradas y contar con indicaciones de seguridad para los pasajeros y con las instrucciones de comportamiento en la cabina, con énfasis especial en caso de que la línea se detenga.
- Se deben colocar rieles de protección o dispositivos contra choques en las superficies exteriores de las cabinas.
- Las cabinas deben contar con acceso para silla de ruedas (mínimo 0.8m de ancho) y, por lo menos, un punto para asegurar a las sillas, con una resistencia de 1000 N.
- Las ventanas deben estar a una distancia mínima de 1.1 m sobre el piso de la cabina, de tal forma que una esfera de 20 cm de diámetro no pase por la apertura de la misma.
- Las cabinas deben contar con ventilación.
- Los pisos de las cabinas deben ser antideslizantes
- Las partes eléctricamente conductivas deben ser interconectadas.

2.3. Verificación y seguridad

Los siguientes son procedimientos necesarios para la comprobación de la idoneidad del diseño de la cabina:

- Verificación estática: Se debe realizar un análisis de estrés von Mises relativo al límite elástico del material o con respecto al 0.2 del límite plástico del mismo (R_p). Para los componentes de aluminio, es decir, los parantes, piso y techo de la cabina, se debe considerar el punto de cedencia como $0.72 R_m$, donde R_m es la tensión de rotura del material.
- Factor de seguridad: Se debe tomar un factor de seguridad de 3, a menos que se realice un análisis por elementos finitos, en cuyo caso, se puede reducir hasta en un 20% al factor de seguridad.

2.4. Materiales

2.4.1. Aceros

Los componentes de la cabina hechos en este material (cuellos de cisne, tubos de estructura de soporte y brazo para sujeción de cabina) deben ser dimensionados con los criterios de prevención de fractura frágil. Para esto, es necesario considerar las condiciones de temperatura mínima, espesor de los componentes y carga.

2.5. Tenacidad de los materiales:

Los elementos de la cabina deben ser sometidos a un ensayo Charpy V-notch a una temperatura de $T = -20^{\circ}\text{C}$

2.6. Factores de riesgo

Los siguientes eventos pueden llevar a situaciones de potencial riesgo y deben ser mitigados en el diseño, instalación, y uso del teleféricos. Estos se corrigen con un estricto mantenimiento y cumplimiento de todas las observaciones del fabricante.

- Sobrecarga de las cabinas
- Exceso en los límites de uso permitidos por el fabricante
- Daños causados por envejecimiento, corrosión, desgaste, fatiga o deformación
- Impacto y enganche entre cabinas, cabinas con personas, cabinas con cables, estaciones, estructuras y objetos externos.
- Descarrilamiento y rotura del cable debido al paso de la cabina
- Descarrilamiento o inestabilidad de la cabina
- Falla del cable conductor

- Falla de la sujeción o desprendimiento de la pinza
- Resistencia inadecuada a deslizamiento o extracción de la pinza del cable
- Operación incorrecta de las puertas (apertura inesperada, puertas que se cierran de golpe)
- Protección inadecuada para evitar que los pasajeros o cualquier elemento caiga de la cabina
- Posicionamiento inadecuado o de difícil acceso para el personal de mantenimiento y evacuación
- Fuego

3. Aprobación de planeación técnica para cabinas de teleféricos

Para el cumplimiento de las metas planteadas para el funcionamiento correcto del sistema de teleférico, las cabinas deben cumplir con los criterios de mitigación de los factores de riesgo, expresados en este documento. Además de esto, las cabinas deben ser evaluadas en su totalidad, y en los siguientes elementos:

- Infraestructura
 - Datos del sistema
 - Trabajos de reparación durante la operación
- Movimiento de la cabina en el cable
 - Subsistemas
 - Frenos
- Transferencia de potencia a la cabina
 - Vehículos
 - Componentes de seguridad

4. Metodología de desarrollo de la cabina

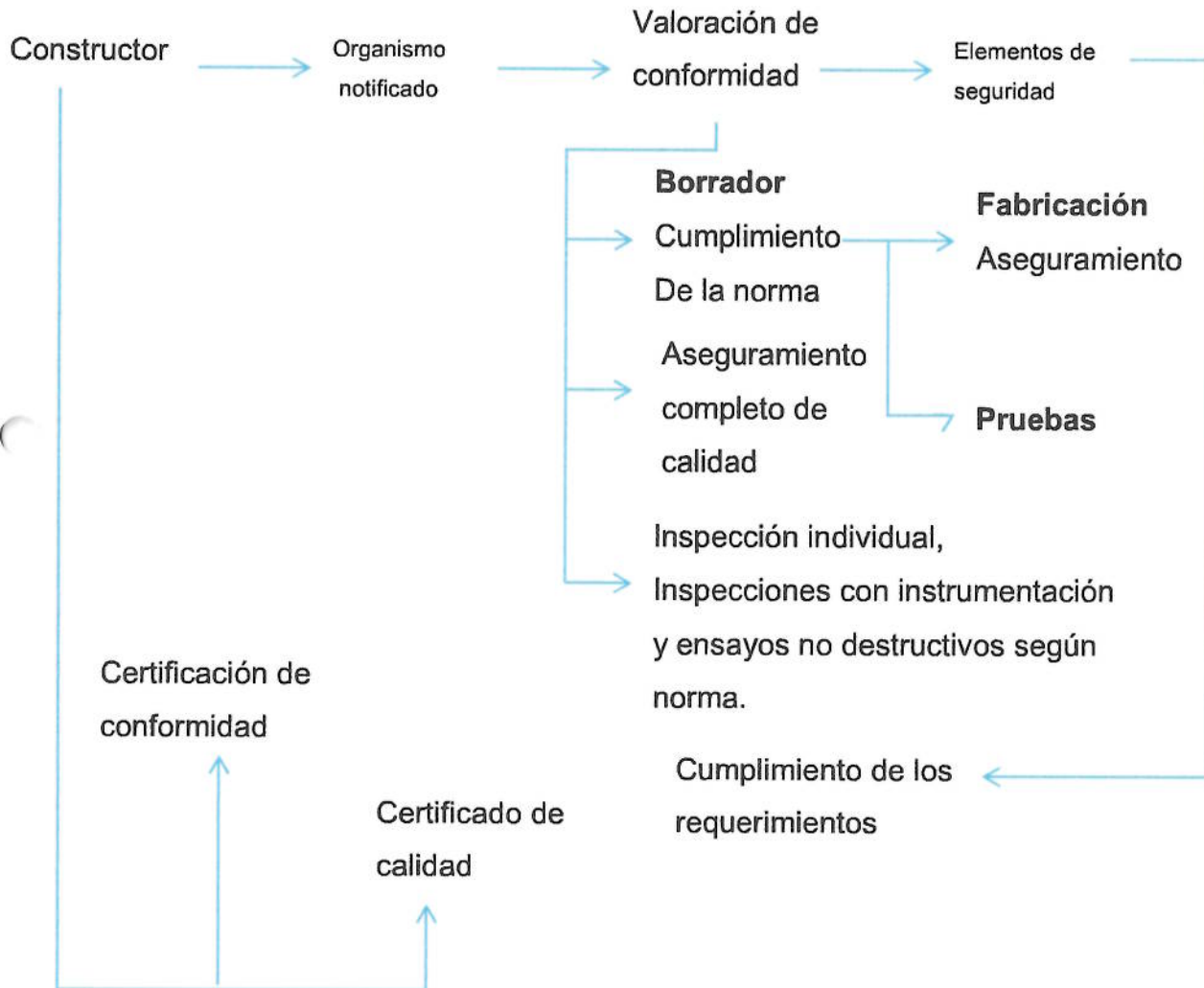


Figura 1: Diagrama de flujo sugerida para el desarrollo de los componentes de la cabina.

5. Desagregación tecnológica en subsistemas

5.1. Sistema de sujeción de cabina

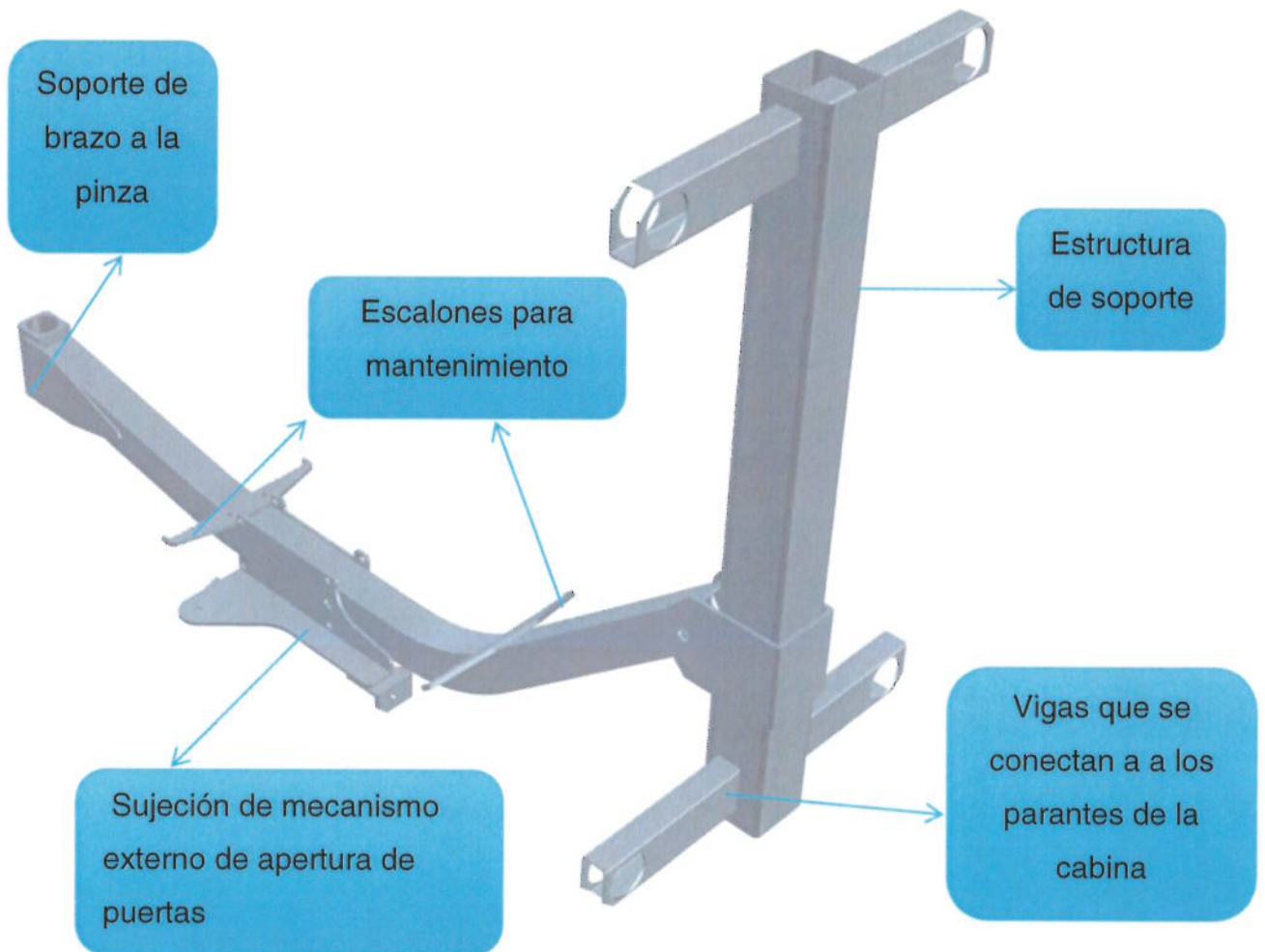
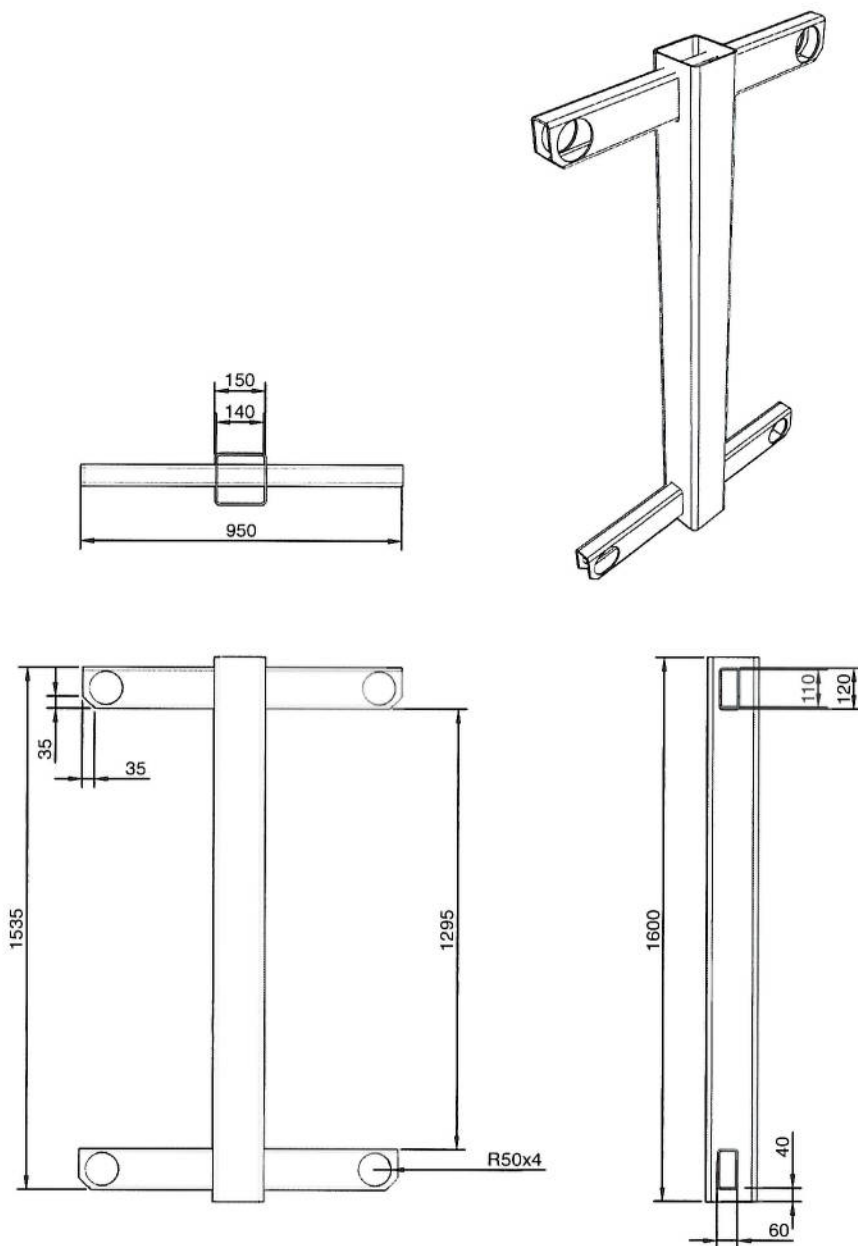


Figura 2: Esquema de sujeción de cabina. Conexión entre el cable y la cabina

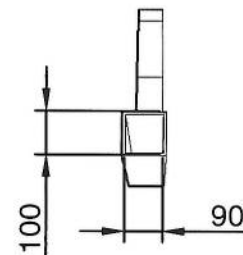
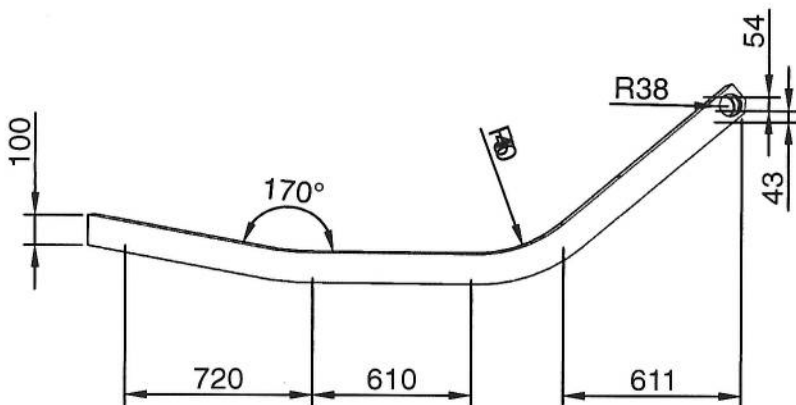
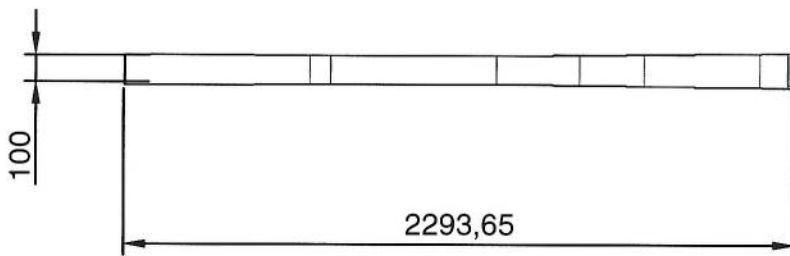
5.2. Estructura de soporte de cabina

- Materiales
 - Acero: C4
- Procesos:
 - Para cortes y chaflanes: F1 o F2 o F4 o F5 o F8
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica



5.3. Brazo de soporte de la cabina

- Materiales: C4
- Procesos
 - Para cortes y chaflanes: F1 o F2 o F4 o F5 o F8
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica
 - Para doblado: F3



5.4. Sistema de sujeción de cable para apertura de puertas de cabina

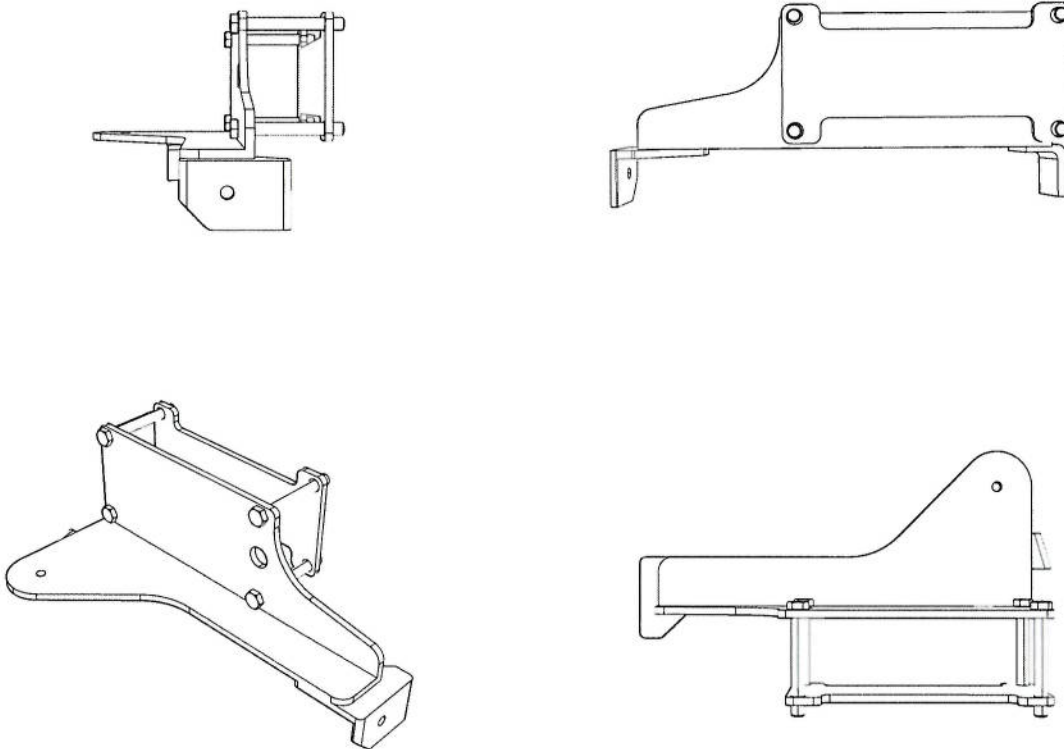
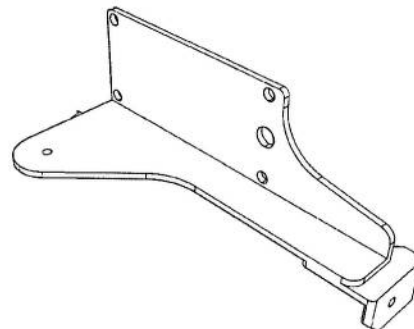
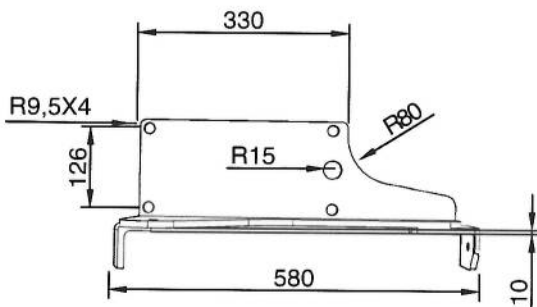
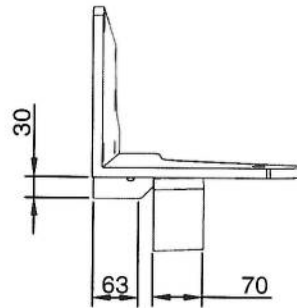
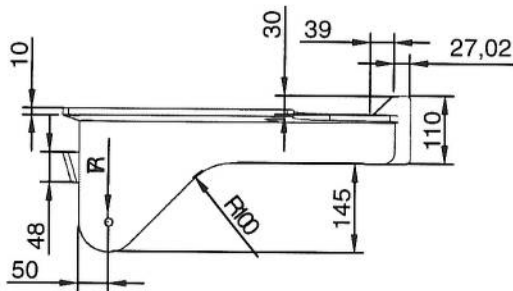


Figura 3: Esquema para diseño de cables para apertura mecánica de puertas de cabina

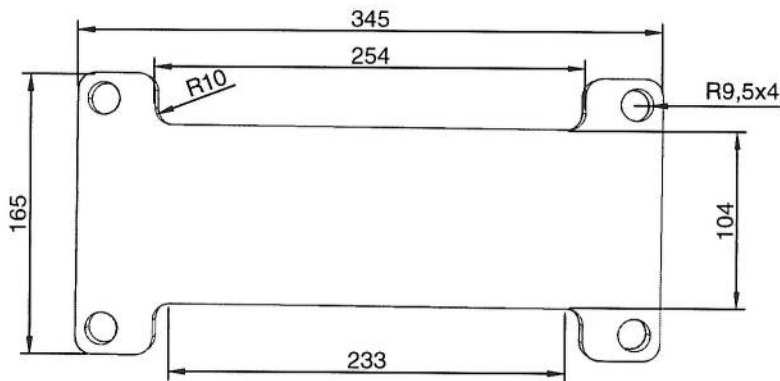
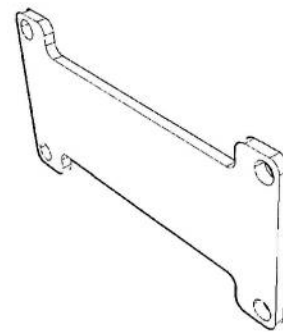
5.4.1. Placa (1) para sistema de sujeción de apertura de puerta

- Materiales
 - Acero: C4 o C5
- Procesos involucrados:
 - Para cortes y chaflanes: F1 o F2 o F4 o F5 o F8
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica
 - Para doblado: F3



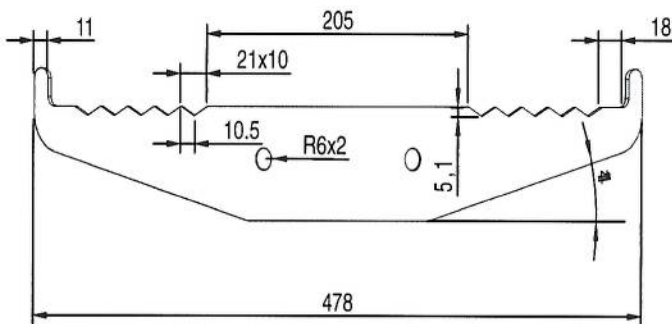
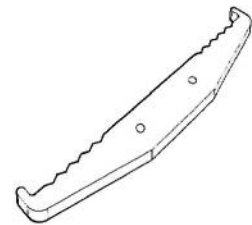
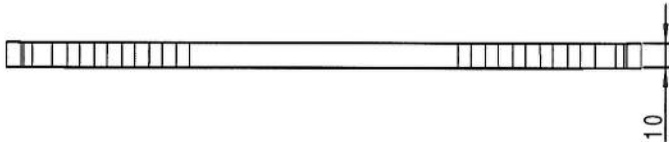
5.4.2. Placa (2) para sistema de sujeción de apertura de puerta

- Materiales
 - Acero: C4 o C5
- Procesos involucrados:
 - Para cortes y chaflanes: F1 o F2 o F4 o F5 o F8
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica
 - Para doblado: F3



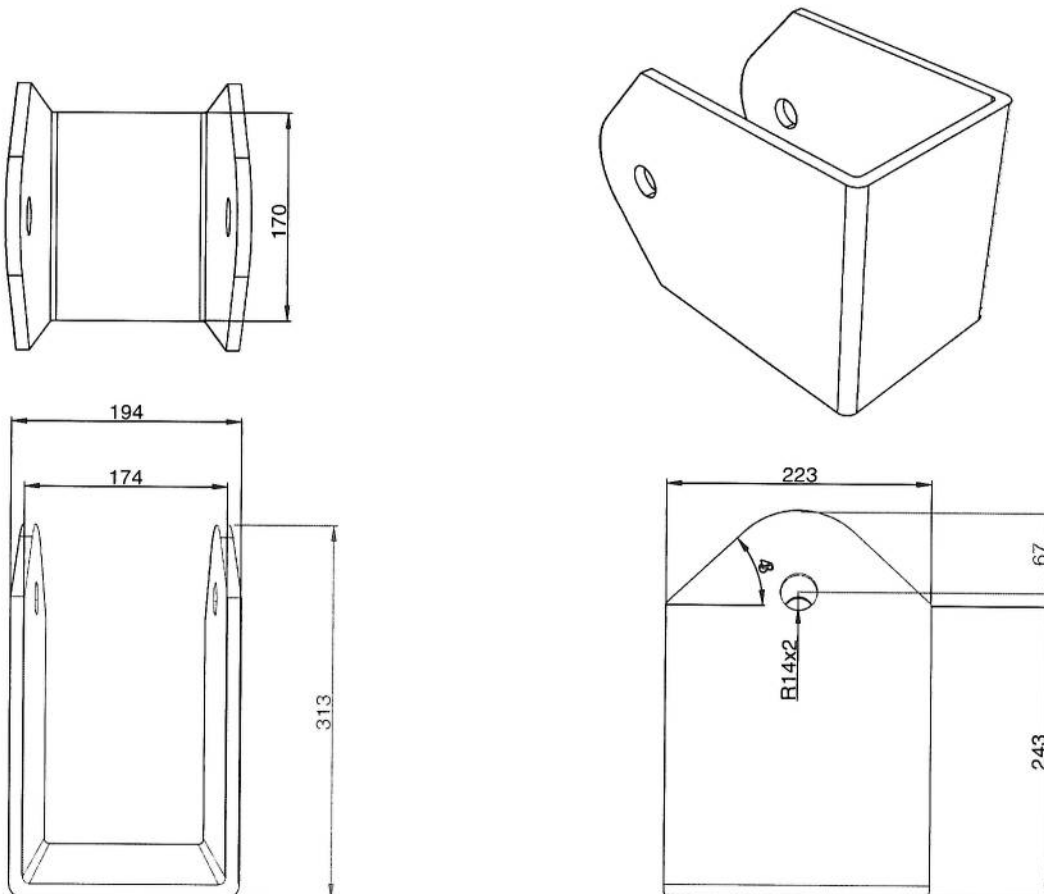
5.5. Placa guía sobre brazo de soporte

- Materiales
 - Acero: C4 o C5
- Procesos involucrados:
 - Para cortes y chaflanes: F2 (por complejidad de geometría)
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica
 - Para doblado: F3



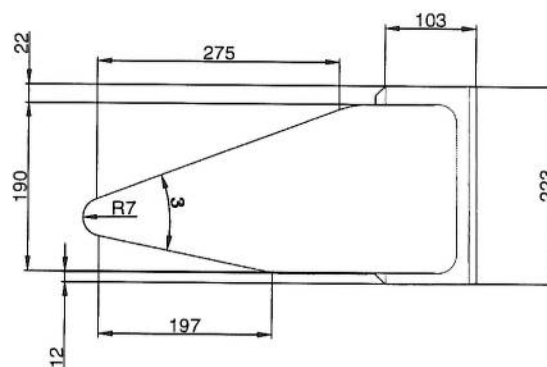
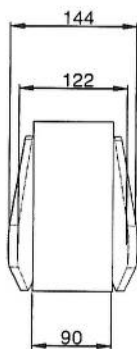
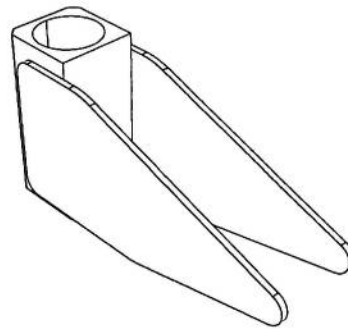
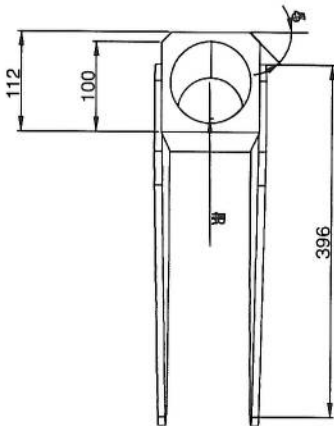
5.6. Soporte de eje de brazo

- Materiales
 - Acero: C4 o C5
- Procesos involucrados:
 - Para cortes y chaflanes: F1 o F2 o F4 o F5 o F8
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica
 - Para doblado: F3



5.7. Soporte de brazo en cable

- Materiales
 - Acero: C4 o C5
- Procesos involucrados:
 - Para cortes y chaflanes: F1 o F2 o F4 o F5 o F8
 - Para perforación: F6
 - Para protección contra corrosión: F9 o F10, en el caso de que no sea un acero que venga galvanizado de fábrica
 - Para doblado: F3



6. Elementos de la cabina

6.1. Chasis

- Materiales:
 - Soporte para piso: C5
 - Soporte para techo: C2
 - Soporte estructural: C2
 - Riel de estabilidad: C4
 - Parantes: C1
- Procesos:
 - Soporte para piso: F6,F1,F2,F5, o F8
 - Soporte para techo: F6,F1,F2,F5, o F8
 - Soporte estructural: F6,F1,F2,F5, o F8
 - Riel de estabilidad: F6,F1 o F5
 - Parantes: F6,F7, F1,F2,F5, o F8

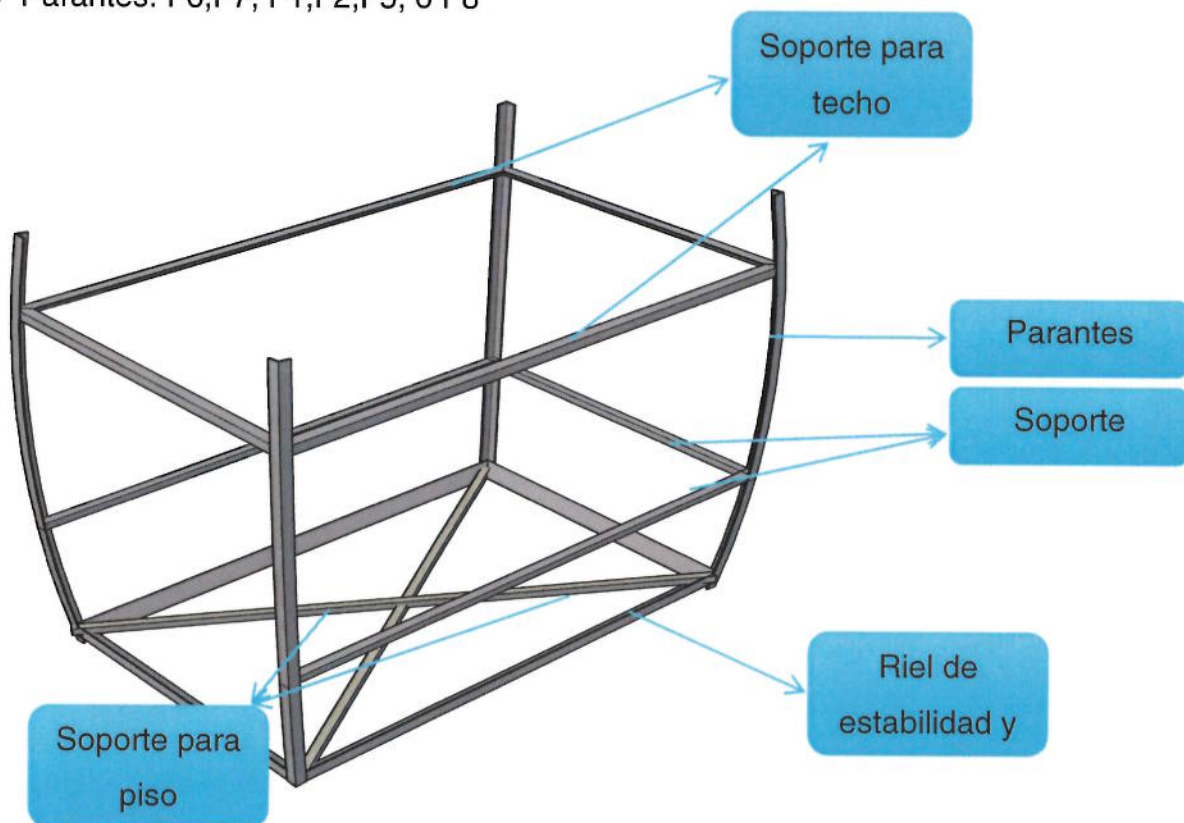
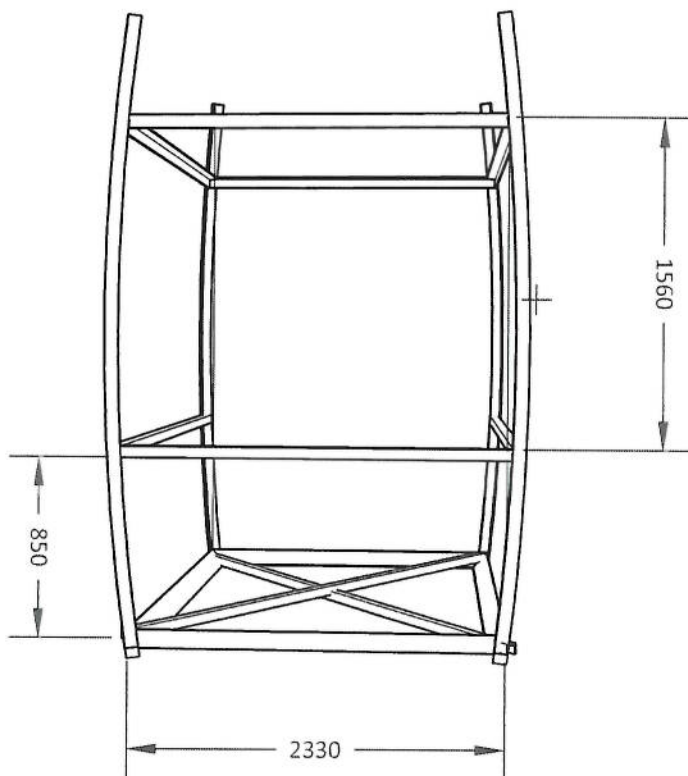
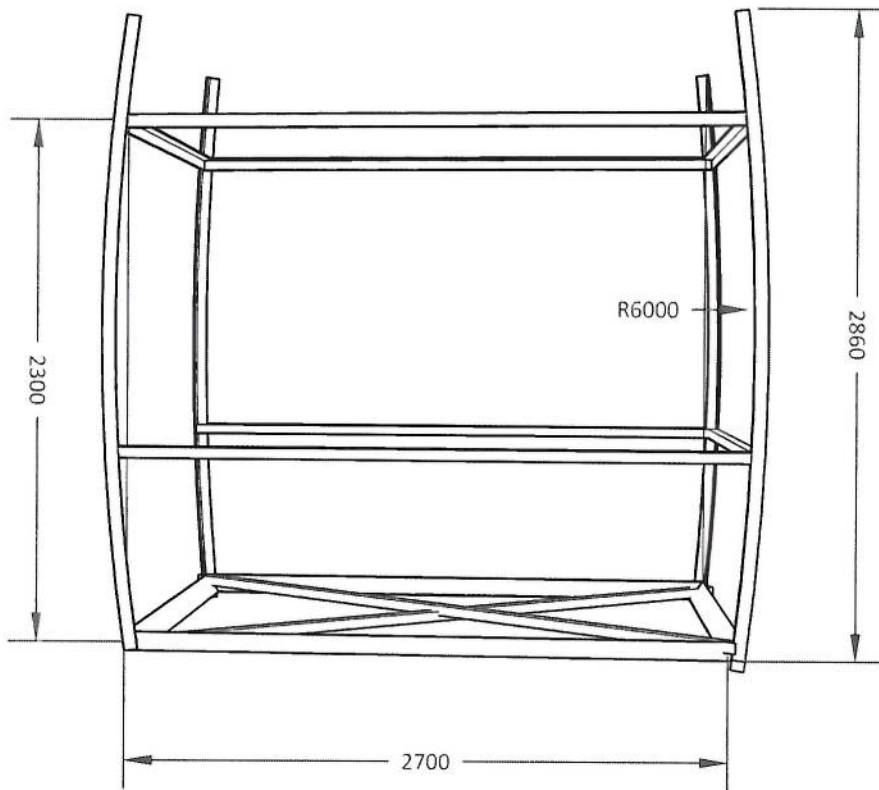


Figura 4: Esquema de chasis de cabina. Capacidad 10 personas



6.2. Ventanas

- Materiales:
 - Paneles sujetos con pernos y remaches: C3, C12
- Procesos:
 - Perforación para elementos de sujeción: F6
 - Plegado: F12

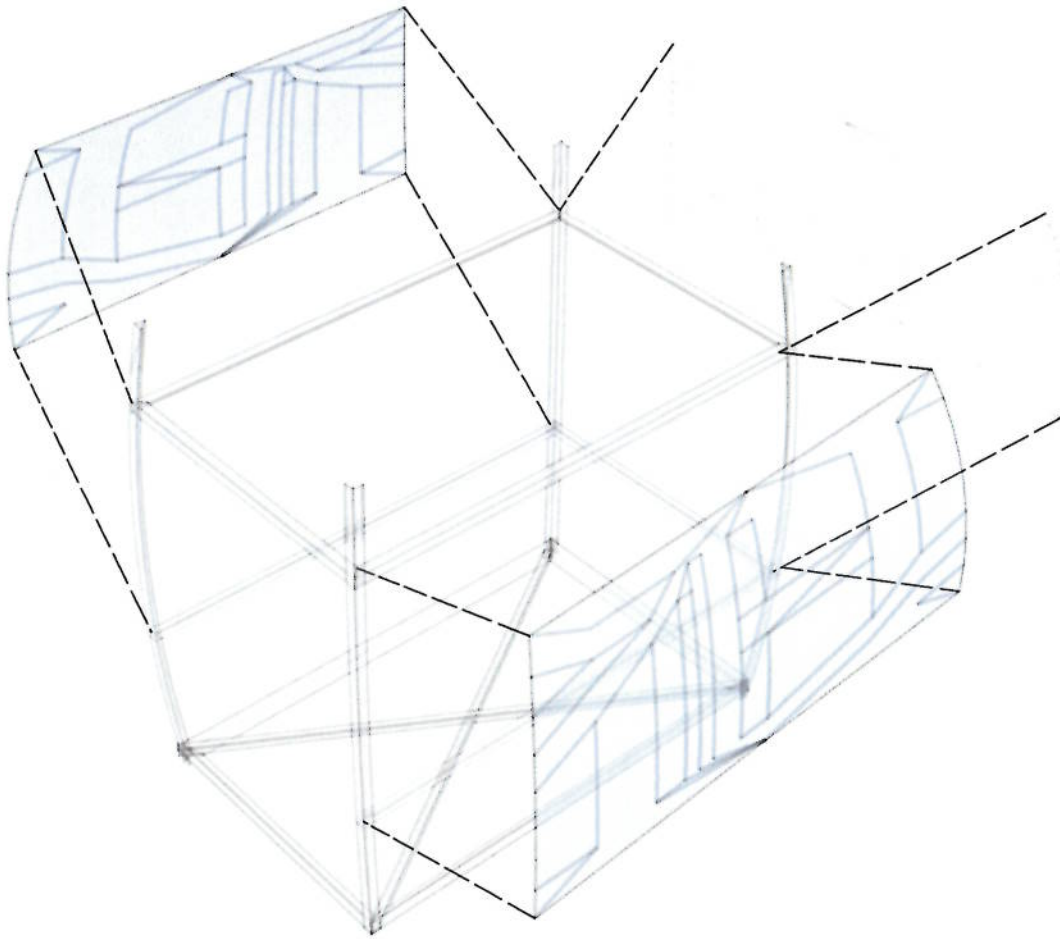


Figura 5: Paneles transparentes de polímeros para ventanas de cabina

6.3. Paneles, piso y techo

- Materiales:
 - Techo antideslizante: C6
 - Piso antideslizante: C7
 - Paneles: C2
 - Paneles sujetos con pernos y remaches: C3, C12

- Procesos:
 - Perforación para elementos de sujeción: F6
 - Perforación para canales de desagüe: F13
 - Pintura anticorrosiva: F11
 - Plegado: F12

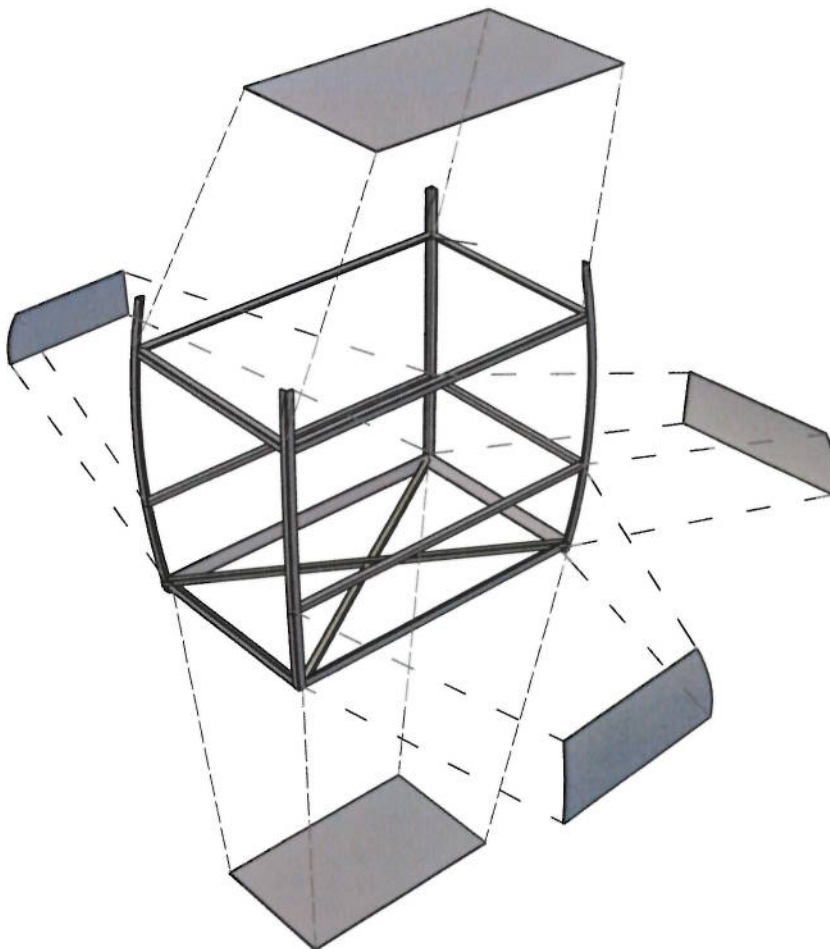


Figura 6: Ubicación de paneles, piso y techo antideslizantes

6.4. Asientos

- Materiales:
 - Estructura: C1
 - Recubrimiento: C13
 - Sujeción a la cabina: C12
- Procesos:
 - Perforación para elementos de sujeción: F6

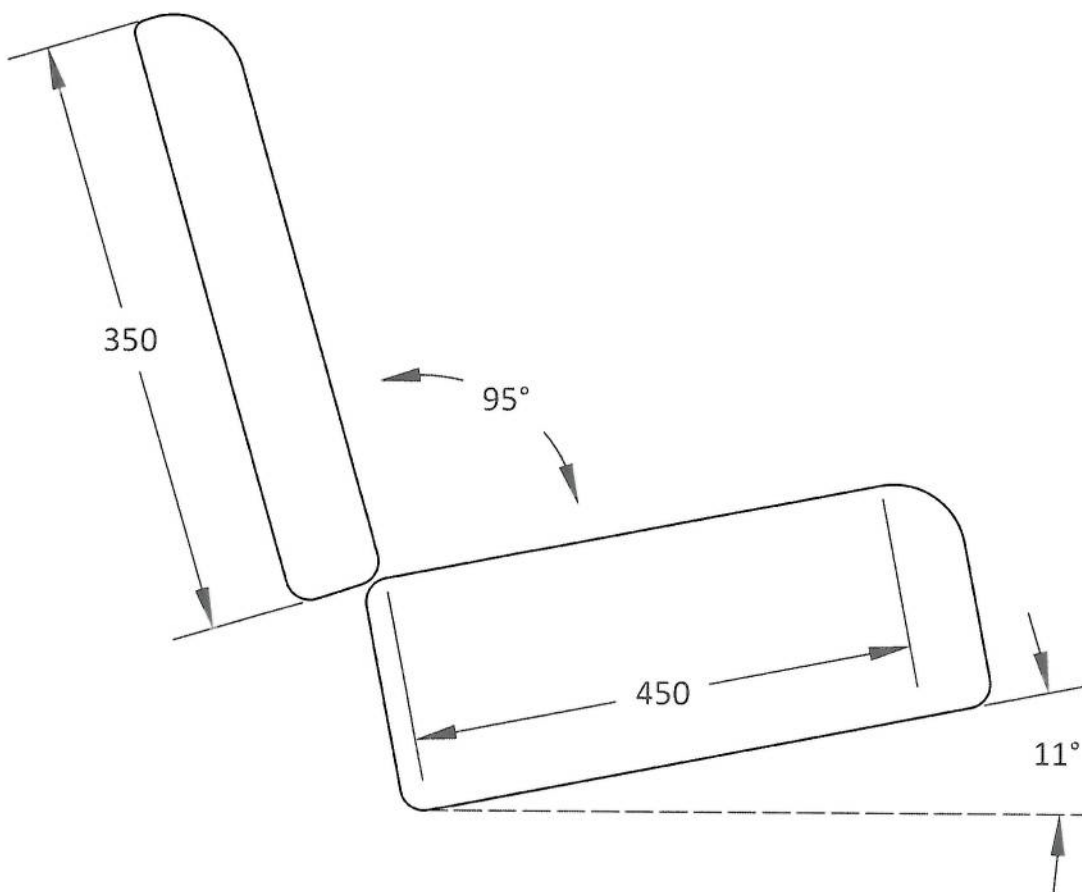


Figura 7: Esquema general de asientos para cabinas

Capítulo 3: Desagregación tecnológica de sistema de pilonas

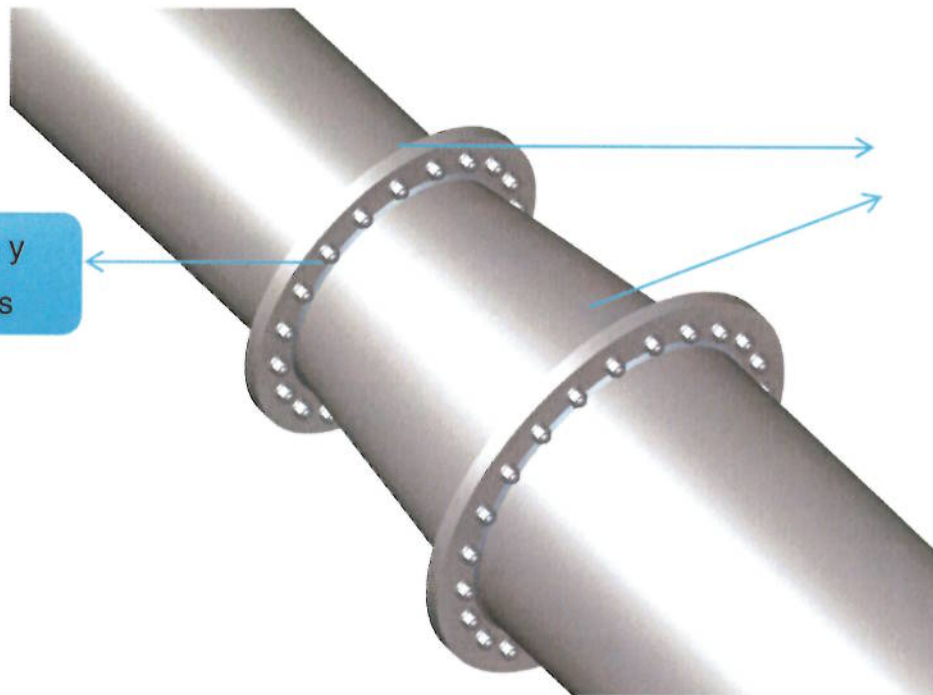
1. Introducción

El estudio de desagregación tecnológica de las pilonas que soportan el cable es de suma importancia para el desarrollo productivo local, ya que este subsistema representa, en términos de volumen y costos, un importante porcentaje del proyecto. Por otra parte, este sistema puede ser realizado, en su totalidad, con las capacidades productivas actuales de la industria metalmeccánica del Ecuador. El presente estudio de desagregación tecnológica está basado en el Estudio Complementario para Detalle de Ingenierías de la Línea Roldós-Ofelia en el Área de ingeniería estructural del proyecto QuitoCables. Los detalles de las especificaciones técnicas se pueden encontrar en este estudio complementario.

2. Componentes



Figura 7: Elementos de las pilonas



Pernos y
tuercas

Bridas

Figura 8: Detalle de juntas empernadas de las pilonas

2.1. Cabeza de soporte para balancines

- Materiales: C14
- Procesos:
 - Soldadura helicoidal: F15
 - Corte: F1 o F2 (oxicorte)
 - Gavanizado: F9 o F10 (galvanizado electrolítico)
 - Taladrado: F13

2.2. Juntas empernadas

- Materiales: C14
- Procesos:
 - Soldadura helicoidal: F15
 - Gavanizado: F9 o F10 (galvanizado electrolítico)

2.3. Bridas

- Materiales: C14
- Procesos:
 - Soldadura a la estructura: F15

- Corte de precisión: F2 (oxicorte)
- Gavanizado: F9 o F10 (galvanizado electrolítico)
- Taladrado: F13

2.4. Pernos

- Material: C10
- Procesos: -

2.5. Tuercas

- Material: C11
- Procesos: -

2.6. Pernos de anclaje

- Material: C22
- Procesos:
 - Corte: F4
 - Doblado: F7
 - Galvanizado: F9
 - Torneado: F13

Capítulo 4: Desagregación tecnológica de sistema de balancines

1. Introducción

El sistema de balancines será colocado sobre cada piona y el diseño de cada uno depende de las condiciones de carga y de tracción. Existen tres tipos de sistemas de balancines: tracción (soporte), compresión, o mixtas. En todos los casos, los materiales y procesos de manufactura son los mismos. Las características principales en que difieren los sistemas entre sí, radican en los diámetros y cantidad de las poleas, y la longitud de las barras de soporte. Por este motivo, se hará un análisis de los sistemas de forma general. Las especificaciones técnicas para cada sistema están disponibles en el documento QC-OR-MC-MEC-TP-001, en el capítulo de Especificaciones técnicas de sistemas electromecánicos.

2. Componentes del sistema de balancines que pueden ser producidos en el Ecuador

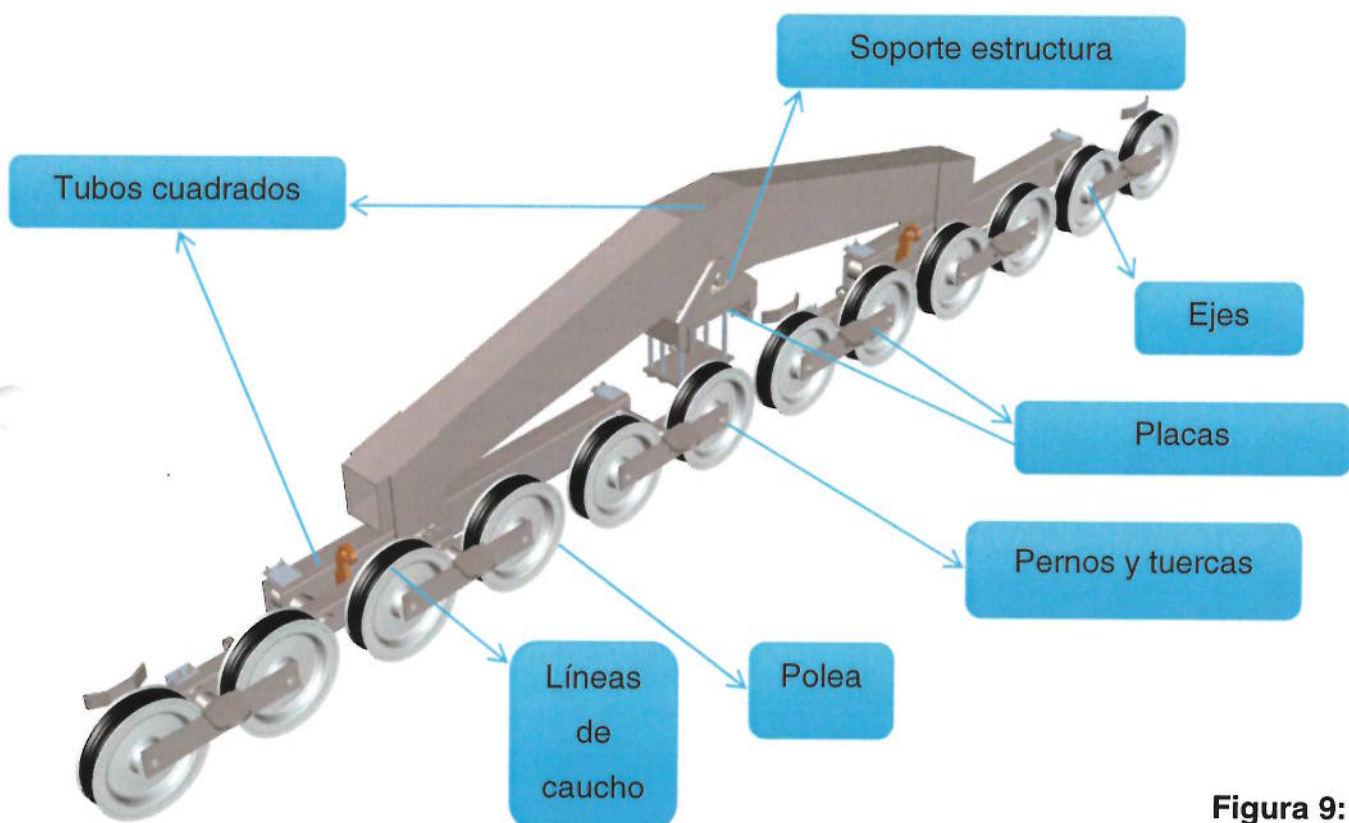


Figura 9:

Componentes de sistema de balancines

2.1. Tubos cuadrados

- Material: C14
- Procesos:
 - Corte: F1 o F2 (oxicorte) o F5 (automático)
 - Doblado: F3
 - Gavanizado: F9 o F10 (galvanizado electrolítico)
 - Taladrado: F13

2.2. Poleas

- Material: C15
- Procesos:-

2.3. Líneas de caucho

- Material: C17
- Procesos: -

2.4. Ejes

- Material: C16
- Procesos:
 - Corte: Corte: F1 o F2 (oxicorte) o F5 (automático)
 - Torneado: F14

2.5. Placas

- Material: C18
- Procesos:
 - Corte: F1 o F2 (oxicorte) o F5 (automático), F4 (Guillotina)
 - Gavanizado: F9 o F10 (galvanizado electrolítico)
 - Taladrado: F13

2.6. Pernos

- Material: C10
- Procesos: -

2.7. Tuercas

- Material: C11
- Procesos: -

2.8. Soporte estructura

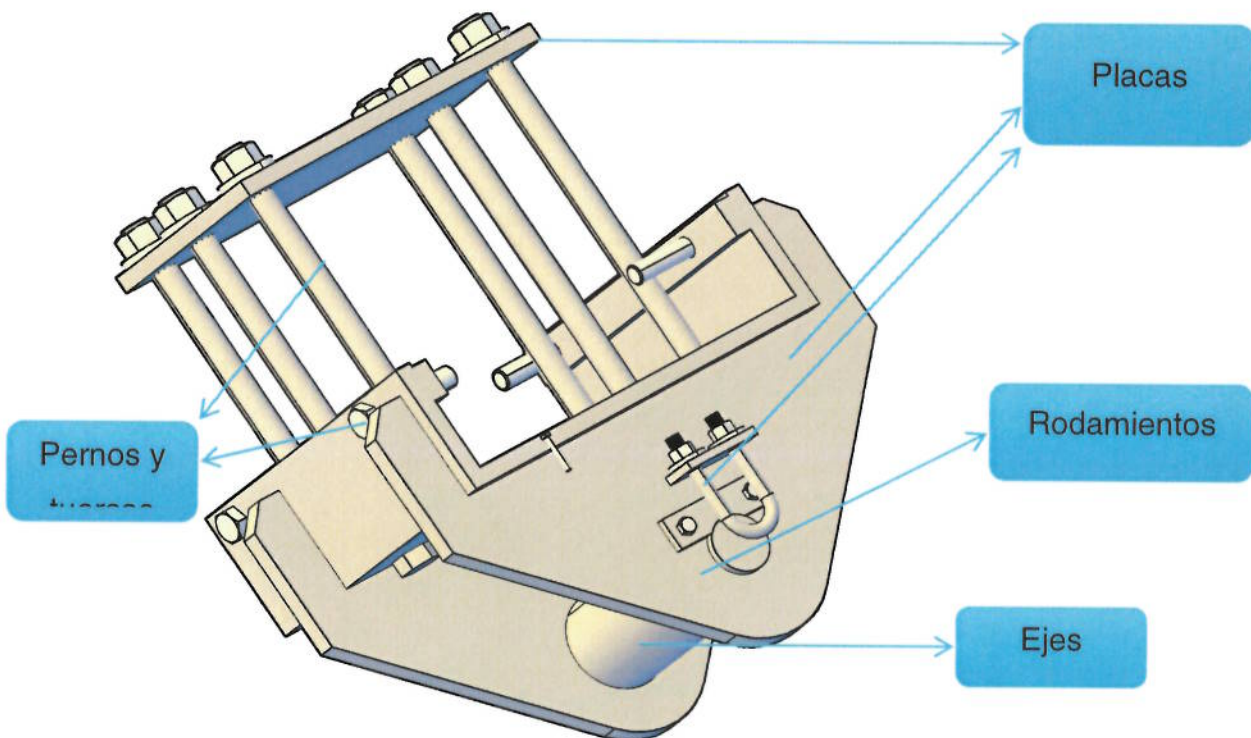


Figura 10: Detalle de soporte de cabina

2.8.1. Ejes

- Material: C16
- Procesos:
 - Corte: Corte: F1 o F2 (oxicorte) o F5 (automático)
 - Torneado: F14

2.8.2. Placas

- Material: C18
- Procesos:

- Corte: F1 o F2 (oxicorte) o F5 (automático), F4 (Guillotina)
- Gavanizado: F9 o F10 (galvanizado electrolítico)
- Taladrado: F13
- Doblado: F7

2.8.3. Pernos

- Material: C10
- Procesos:-

2.8.4. Tuercas

- Material: C11
- Procesos:-

2.8.5. Rodamientos

- Material: C19
- Procesos: -

2.9. Sistema de poleas

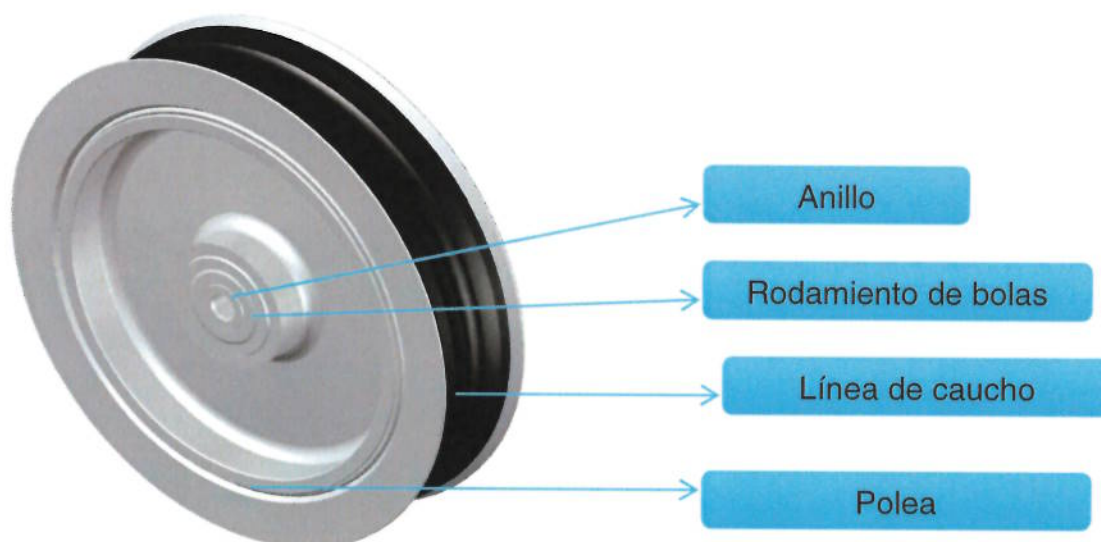


Figura 11: Detalle de polea

2.9.1. Polea

- Materiales: C15
- Procesos:
 - Torneado: F14
 - Fresado: F16

2.9.2. Rodamientos

- Materiales: C19
- Procesos: -

2.9.3. Cauchos

- Material: C17, C20
- Procesos:-

2.9.4. Anillo retenedor

- Material: C21
- Procesos: F2

Conclusiones y recomendaciones

El presente estudio demuestra, de forma detallada y cualitativa, que el Ecuador está en capacidad de producir la mayoría de los componentes a ser utilizados en los diferentes subsistemas del Proyecto QuitoCables. Tanto en términos de materiales, así como de procesos de manufactura, la industria local puede desarrollar la construcción, instalación y mantenimiento de los subsistemas de este proyecto emblemático para la Ciudad de Quito y el Ecuador. Muchas de las empresas aquí mencionadas, cuentan con certificaciones internacionales de calidad, las cuales demuestran su capacidad productiva.

Este documento sirve, además, para que las industrias ecuatorianas conozcan sobre la oportunidad que presenta este proyecto para su expansión productiva, implementación de nuevas tecnologías, certificaciones e inversión.

Por otra parte, el estudio de desagregación tecnológica debe ser sostenido en el tiempo y con proyección de aumentar para las siguientes líneas de transporte de pasajeros en teleférico en la Ciudad de Quito. Se debe asegurar que la producción de componentes y sistemas locales crezca, con el objetivo de, eventualmente, producir la totalidad del sistema en el Ecuador. Para esto, se debe asegurar la calidad de los componentes producidos localmente, la competitividad en términos de costos, consideraciones estéticas, y el cumplimiento riguroso de las especificaciones técnicas que cada sistema demanda. Este objetivo requiere la disposición de las condiciones adecuadas en términos de asociaciones entre empresas e incentivos para la producción nacional de calidad.

Se ha demostrado que el aparato productivo local está en capacidad de la producción de los sistemas en cuestión. Para continuar con este proceso, se debe avanzar en la producción de prototipos y en la evaluación de la calidad de los mismos para demostrar que la producción de las cabinas, pilonas y sistemas de poleas son posibles de forma local. Por este motivo, es necesario realizar trabajos junto con otros actores importantes de este proyecto, como son las universidades ecuatorianas. Esta alianza estratégica supone un desarrollo importante en ideas innovadoras y de alta calidad ingenieril. Por otra parte, las



universidades están en capacidad de llevar a cabo estudios integrales de factibilidad de producción de los componentes, y ensayos de todo tipo.

ANEXO 1

Fórmula polinómica

Debido a la posibilidad de reajuste de precios, se realizó un primer estudio para el cálculo de la fórmula polinómica. El detalle del análisis de precios unitarios (APUs) y del presupuesto de la obra con los valores con los que se calculó esta fórmula polinómica es parte del estudio de costos del Proyecto QuitoCables

Símbolo	Descripción	Costo directo	Coefficiente
B	Mano de obra	4.249.633,89	0,12907024
C	Acero	2136978,001	0,06490448
D	Hormigón	331863,94	0,0100794
E	Poleas	1.963.603,90	0,05963874
F	Cabinas	4.200.332,88	0,12757287
G	Cable	3.543.840,00	0,10763381
H	Pinza de sujeción del cable	2.100.738,54	0,06380381
I	Fibra óptica	2.145.513,60	0,06516372
J	Ascensores	304.920,54	0,00926107
K	Adoquín	328.163,54	0,00996701
L	Mantenimiento	2.450.000,00	0,07441161
M	Motores eléctricos	1.988.200,00	0,06038578
N	Equipo	239.437,78	0,00727222
O	Conjunto módulo recto y curvo	900.177,04	0,02734025
P	Vidrio	151.590,00	0,0046041
Q	Control electronagnético	114.529,74	0,00347851
R	Repuestos	361.764,85	0,01098755
X	Varios	5.413.681,96	0,16442481
	Total	32.924.970,21	1

$$\begin{aligned}
 P_R = P_0 & \left(0,129 \frac{B_1}{B_0} + 0,065 \frac{C_1}{C_0} + 0,0222 \frac{D_1}{D_0} + 0,01 \frac{E_1}{E_0} + 0,128 \frac{F_1}{F_0} + 0,108 \frac{G_1}{G_0} + 0,064 \frac{H_1}{H_0} + 0,066 \frac{I_1}{I_0} \right. \\
 & + 0,009 \frac{J_1}{J_0} + 0,010 \frac{K_1}{K_0} + 0,075 \frac{L_1}{L_0} + 0,061 \frac{M_1}{M_0} + 0,007 \frac{N_1}{N_0} + 0,027 \frac{O_1}{O_0} + 0,005 \frac{P_1}{P_0} \\
 & \left. + 0,003 \frac{Q_1}{Q_0} + 0,011 \frac{R_1}{R_0} + 0,164 \frac{X_1}{X_0} \right)
 \end{aligned}$$

Bibliografía

- *Safety requirements for cableway installations designed to carry persons- Carriers- Part 1: Grips, carrier trucks, on-board brakes, cabins, chairs, carriages, maintenance carriers, tow-hangers*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin. Beuth Verlag GmbH, Berlín, 2006.
- *Informe de diseño de vehículos*, Guerra, X., Código: QC-RR-TT-MEC-VH-001. Proyecto QuitoCables, Quito, 2016.
- *Informe de diseño de balancines*, Monar, T., Código QC-OR-MC-MEC-TP-001. Proyecto QuitoCables, Quito, 2016.
- *Informe de diseño de pilonas*, Cisneros, J. Código QC-OR-TT-PI-101,102,...,116,200. Proyecto QuitoCables, Quito, 2016.
- Bases de datos de empresas de CAPEIPI, CIMEPI, FEDEXPOR.
- Páginas web de empresas