

AFORAMIENTO DIRECTO DE FLUIDOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL CONSUMO DE MATERIA PRIMA EN TANQUES DE RECIBO DE FRESKALECHE BUCARAMANGA

ANDREA JULIANA VARGAS GONZÁLEZ

CRISTIAN HUMBERTO VILLAMIZAR PEREZ

RESUMEN

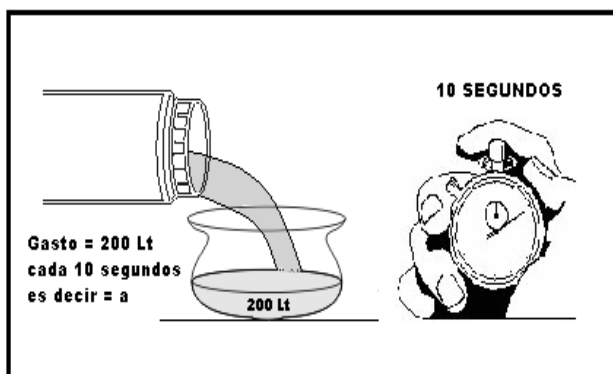
En este proyecto se hace la descripción de un método de aforo implementado en la etapa de recepción de insumos en tanques de recibo de Freskaleche Bucaramanga, permitiendo así el registro, evaluación e interpretación de variables de aforo obtenidas desde distintos dispositivos de instrumentación especializada.

Aforo

También conocido como calibración, se define como el proceso para determinar la capacidad total del tanque, o las correspondientes capacidades parciales a diferentes alturas.

Aforar es medir un caudal. Para realizar un aforo en un sistema hidráulico, se puede medir directamente el volumen, en un recipiente y el tiempo, con un cronómetro. Este método volumétrico es el más recomendable, sin embargo a veces es difícil de aplicar, solamente resulta útil para caudales pequeños y donde las características físicas lo permitan.

Aforo directo.



De los autores.

Debido a lo anterior, han surgido los métodos indirectos, que como su nombre lo señala miden otras variables físicas distintas del caudal, como por ejemplo la velocidad o la altura piezométrica, para luego, aplicando los principios hidráulicos, obtener dicho caudal.

Métodos de aforo

Básicamente existen tres métodos empleados para la calibración de tanques:

- Geométrico, medida según dimensiones del tanque y el nivel del mismo.
- Volumétrico, medida de Caudal y nivel de tanque.
- Gravimétrico, medida según el peso del fluido en el tanque.

La selección del método o del procedimiento esta relacionada con la capacidad nominal del tanque, su forma, su ubicación, las condiciones de uso, entre otras.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la información de inventarios y consumos de materia prima en el sector industrial, es de gran importancia para lograr una buena administración y control en lo referente al manejo de los insumos de la planta.

A nivel mundial se han realizado prácticas de aforamiento, entre estas podemos encontrar las realizadas por la empresa ATP INGENIERÍA LTDA., empresa ubicada en Colombia, en el departamento del Huila, la cual afora tanques de almacenamiento por el método telemétrico (medición y calibración de tanques cilíndricos verticales/horizontales), en el que se obtienen tablas de aforo de tanques a través de ciertas variables necesarias que permitan determinar la cantidad de fluido en el tanque a una profundidad determinada.

A nivel nacional las aplicaciones que se encuentran no han sido planteadas como tema de estudio, por lo que se realizan la mayoría de las veces, por métodos tradicionales, como el aforo por medio de un serafín, éste es un recipiente debidamente calibrado y certificado para la toma de cierta medida.

En el estudio de las ciencias, es necesario hacer uso de los conocimientos teóricos en aplicaciones específicas; se parte entonces de las necesidades de una empresa reconocida a nivel nacional; la cual solicita el aforo de los

tanques de ingreso de insumos al interior de sus instalaciones.

Por medio de la figura de licitación se accede al proyecto a través de la empresa SENSOMATIC Y CIA LTDA.

Se ve entonces la necesidad de crear un sistema de dispositivos que sirvan a la industria para mejorar y controlar con mayor precisión sus procesos de producción, es ahí donde se logra identificar el valor agregado que presenta realizar un proyecto de tesis aplicado a la industria de forma inmediata. Una vez realizado el planteamiento del problema se da comienzo a la elaboración de este proyecto, donde se partirá de las referencias aportadas por la empresa contratante y los requerimientos de esta, obteniendo así los datos necesarios para diseñar y/o seleccionar el sistema más adecuado para la obtención de la información necesaria para la solución de dicho problema.

La segunda fase de este proyecto es la construcción y puesta en marcha del sistema mencionado. Es preciso resaltar que algunos de los instrumentos utilizados en esta parte pueden variar respecto al diseño realizado por requerimientos del contratista o el contratante, además, existe la posibilidad de que el producto a aforar no sean lácteos dadas las pérdidas que se pueden ocasionar a la empresa contratante, de este modo el producto a aforar puede ser agua tratada con características especiales.

La empresa SENSOMATIC & CIA LTDA se ha comprometido con la industria de lácteos FRESKALECHE S.A. en el diseño, desarrollo, montaje y puesta en marcha de un sistema de Aforamiento de tanque para solucionar la falta de control de insumos en la planta.

A través del sistema mecatrónico planteado se espera tener control sobre las variables fundamentales en el suministro de insumos, optimizando su producción.

PROCESO DE ADQUISICIÓN, TRANSPORTE Y RECIBO DE MATERIA PRIMA EN FRESKALECHE BUCARAMANGA

Adquisición de la Materia prima (LECHE)

La empresa tiene en diferentes lugares aledaños a la fábrica de producción, sitios en donde se extrae y/o se concentra la leche para ser cuantificada. Este lugar se denomina "Centro de Acopio"; allí se concentra la leche que proviene de fincas de la misma empresa y de fincas privadas, para luego ser transportada.

Recepción de leche.



http://www.puc.cl/sw_educ/prodanim/mamif/m17/f33siii9.jpg

La unidad de comercialización estándar de leche es el litro, el cual es pagado según el precio actual del mercado impuesto por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. La cuantificación de leche se realizaba mediante métodos geométricos de aforo (mediante una cinta en la pared del tanque indicando la cantidad estipulada según el nivel y las cantidades del mismo). Esta forma de medición conllevaba inconvenientes al momento de la facturación debido a la incertidumbre generada por la falta de exactitud.

Transporte de la materia prima

El transporte de la leche se realiza mediante carros cisternas herméticos y de acero inoxidable cumpliendo así las normas higiénicas establecidas por el Ministerio de Protección Social de Colombia. La cantidad transferida de los Centros de Acopio a los carros cisternas se mide en referencia a dos puntos de aforo, el de los tanques de acopio y el del carro cisterna, aumentando así la posibilidad de error en la cantidad exacta de producto.

Carro cisterna.



De los autores.

Estos errores de medición generaban conflictos entre los encargados de los Centros de Acopio, los transportadores y

la gente encargada del recibo de materia prima en la planta de producción, por la cual fue necesario actuar como intermediario entre las partes, dando un solo punto de referencia en la cuantificación de leche, aplicado durante el proceso de recepción.

Recepción de la Materia prima en la Fábrica de Producción

Se preparan para la llegada de los carros cisternas que llegan remisionados con cierta cantidad de leche, siendo evaluada durante el ingreso y descarga hacia los tanques de recibo, dando como resultado una verificación de cantidad y una factura de recibo de materia prima.

Remisión Leche cruda.



De los autores.

La medición para la evaluación se realizaba de la misma manera que los centros de acopio, utilizando un método geométrico. Dando así la medida de referencia para el inventario de producción que afectan el precio de la leche al consumidor.

Inicio de Producción

El tanque de Recibo, es el tanque que almacena la materia prima de la fábrica, a partir de este se direcciona la leche a distintos lugares y/o procesos según el producto final:

- *Leche Pasteurizada:* Leche la cual no se somete a ningún comportamiento y/o proceso riguroso, la cual es producida y vendida directamente del tanque de recibo. Tiene una duración de 3 -5 Días.
- *Leche Ultra - Pasteurizada:* Leche la cual se somete ante un proceso de esterilización, la cual eleva y baja la temperatura de la misma, hasta llegar a un punto de constancia, dándole larga vida a la leche. Tiene una duración de 12 – 15 Días.
- *Derivados de la leche:* productos tales como el queso,

kumis, arequipe entre otros, que resultan de la mezcla de leche con otras sustancias.

Venta y Distribución del producto

Proceso final de producción, etapa donde se comercializa y se vende al publico los productos terminados, a un precio regulado según materia prima utilizada y costos de proceso.

Productos Freskaleche.

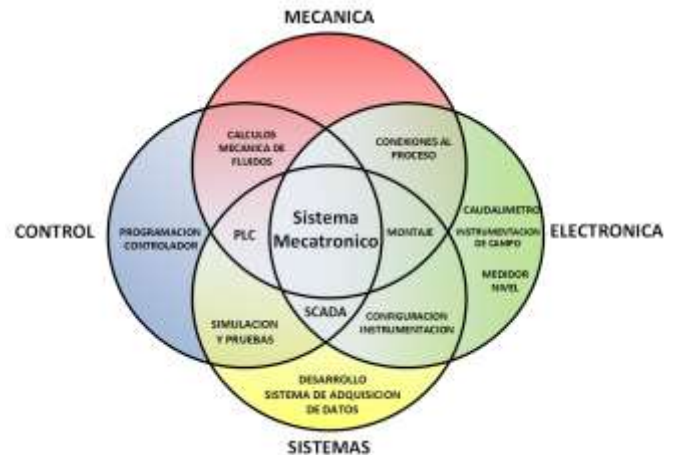


<http://d12545796.1157.laredglobal.com/default2.asp>

METODOLOGÍA DEL DISEÑO MECATRÓNICO

En la metodología se habla sobre el esquema con el cual la ingeniería mecatrónica basa sus conocimientos y aplicaciones. Es un diseño donde los ingenieros mecatrónicos hacen una sinergia de sistemas y se evalúa sobre estos para obtener un producto o servicio factible.

Metodología del Diseño Mecatrónico.



De los autores.

La Metodología mecatrónica desarrollada tiene como finalidad la implementación de un sistema de aforamiento directo de fluidos para la cuantificación del consumo de materia prima en Freskaleche.

Diseño Mecatrónico.



ESPECIFICACIONES REQUERIDAS PARA LOS EQUIPOS

- **Instrumentación:**

- Rango de Medida de Nivel: 0,2-3 metros.
- Rango de Medida de Caudal: 0-99.000 Litros
- Precisión: 0,1-0,25 %
- Tipo de Salida: Análoga (4–20 mA, 0–10 Vdc) y/o Pulsos 0-10kHz.
- Compensación por Temperatura.
- Rango de Temperatura de Funcionamiento: -5–35°C.
- Visualización con display: Compacto ó Remoto.
- Uniones al Proceso: en Acero Inoxidable.
- Tipo de Protección requerida: IP65 (sin penetración de polvo y protección contra chorros de agua).
- Documentación y manuales de equipo.
- Soporte técnico por parte de la empresa fabricante.

- **Controlador Lógico Programable:**

- Operaciones de 32 bits (Números Reales en coma flotante).
- Entradas/Salidas Digitales: 6/4 a 24 Vdc.
- Entradas Análogas: 2 Entradas análogas (4–20 mA, 0–10 Vdc).
- Comunicación: con sistemas SCADA por interfaces Profibus DP o serial.
- Contadores rápidos: 0-10kHz.
- Programación por medio de software.
- Tipo de protección: IP50 (Protegido contra polvo - entrada limitada permitida)
- Documentación y manuales de equipo.
- Soporte técnico por parte de la empresa fabricante.

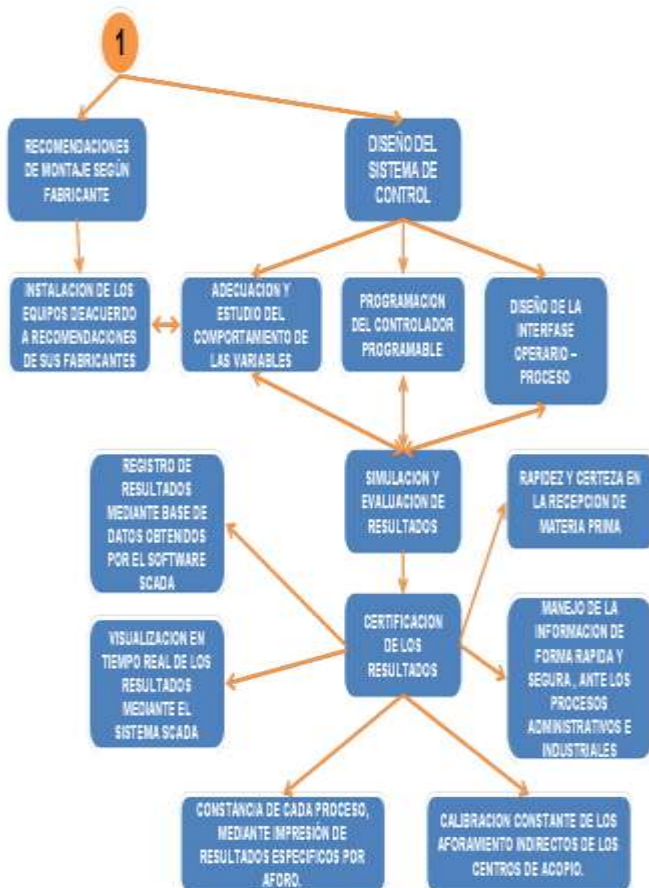
- **Sistema SCADA:**

- Funcionamiento bajo sistema operativo: Windows 2000/XP.
- Comunicación con el PLC seleccionado.
- Visualización en tiempo real.
- De arquitectura abierta.
- Manejo de imágenes del proceso.
- Generador de históricos.
- Opción de impresión de archivo.
- Fácil operación con interfaces amigables al usuario.
- Módulos de proceso para ejecutar acciones.
- Soporte técnico por parte de la empresa fabricante.

SELECCIÓN DE EQUIPOS

Sensores de Nivel

El Equipo seleccionado fue el equipo The Probe marca Siemens, gracias a que cumple con los requisitos necesarios y ofrece un servicio post venta, lo que lo hace un equipo fiable de utilizar; aunque la principal



De los autores.

característica que llevó a la elección de medición por ultrasonido es que se puede usar en cualquier tipo de tanque y la densidad del líquido se presta para trabajar con este tipo de sensor, además es posible obtener una mayor precisión.

Por otra parte el diseño de The Probe, hace que éste sea fácil de instalar, programar y mantener.

The Probe.



Catalogo FI 01 de Siemens.

Sensor de Caudal

El criterio fundamental de selección del caudalímetro fue Precio y Precisión, el proveedor Siemens, SITRANS F M MAGFLOW MAG6000 fue la escogida, debido al cumplimiento de los requerimientos, su fácil instalación, su flexibilidad, posibilidad de ampliación con módulos de comunicación Plug & Play con amplios protocolos de bus, la puesta en marcha sencilla, manejo de registros, su estructura robusta y materiales resistentes, entre otras lo hicieron el más ocionado y asequible.

MagFlow 6000.



Catalogo FI 01 de Siemens.

Controlador Lógico Programable

El PLC seleccionado es un S7-200 marca Siemens; la CPU seleccionada es una 224 XP, su elección se debe principalmente a que esta tiene un reloj en tiempo real que facilita el muestreo que se realiza para obtener la tabla de capacidad en intervalos de un minuto; también la velocidad de ejecución booleana es de $0.22\mu\text{s}/\text{operación}$, lo cual proporciona una amplia fiabilidad. Las CPUs de la misma marca de gama inferior no presentan el reloj en

tiempo real y las de gama superior tiene un precio más alto.

Sistema SCADA

En el sistema SCADA se uso el WinCC flexible como software scada, ya que es ideal para esta tarea y demas aflicciones a nivel de maquina y procesos. Esta concebido para soluciones y aplicaciones universales en los más diversos sectores, ofreciendo software de ingeniería para equipos SIMATIC HMI (Human Machine Interface). Las posibilidades de acoplamiento garantizan su conexión a las más diversas soluciones de automatización, tales como:

- a SIMATIC S7 vía PPI, MPI, PROFIBUS DP y PROFINET (TCP/IP),
- drivers para PLCs de los fabricantes más importantes (Allen Bradley, Omron, Mitsubishi, Festo, entre otros),
- y comunicación no propietaria vía OPC, con otros sistemas SCADA como LabView, RsView.

LISTA DE EQUIPOS

Los equipos a implementar son los siguientes:

Item	Descripción
1	Fuente Logo! 24VDC (1.3 Amperios)
2	PLC S7200, CPU 224XP Alimentación 110/220 VAC, 14 Entradas Digitales, 10 Salidas a Relé, 2 Entradas Análogas, 1 Salida Análoga, 2 Puertos de Comunicación MPI/PPI
3	Modulo Análogas para S7200, EM235, 4 Entradas Análogas, 1 Salida Análoga
4	Modulo Comunicación PROFIBUS DP, EM277 Sistema Esclavo para comunicaciones Tipo PROFIBUS DP
4	Sensor de Nivel Ultrasónico, THE PROBE (MILLTRONICS)
5	Caudalimetro Electromagnético, SITRANSF F M MAGFLO, MAG6000 (SIEMENS)
6	Interface de Comunicación, Tarjeta CP5611
7	Software de Visualización, WinCC Flexible Runtime, 128 PowerTags
8	Programador PLC S7200, Step 7 - MicroWin
9	Desarrollador SCADA, WinCC Flexible Advance

DESCRIPCION TECNICA

La Implementación de la metodología de Aforamiento desarrollada en este documento, se encuentra conformada por los siguientes sistemas.

- Software SCADA (HMI), *WinCC Flexible*, para mando y supervisión del proceso, la cual mantiene comunicación mediante PROFIBUS DP con el PLC S7-200 (PLC de gama baja de la línea Simatic de SIEMENS), por medio de una interface y/o tarjeta CP 5611 para Comunicaciones tipo PROFIBUS/MPI/PPI.

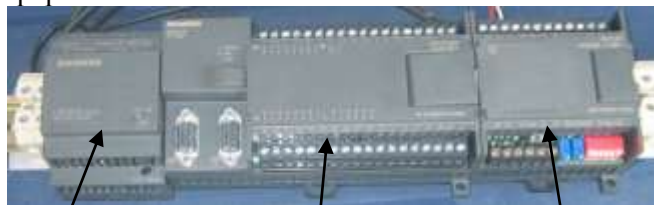
Programa presentado.



De los autores.

- Controlador Lógico Programable (PLC), *SIMATIC S7200*, para la adecuación de las señales para la Certificación de Aforo. Envío de estas hacia la red PROFIBUS DP utilizando un modulo de comunicación *EM277*.
- Fuente de Alimentación para los sensores y controladores del Sistema de Aforo.

Equipos montados.



FUENTE LOGO!
1.3 Amperios SIMATIC S7200
CPU 224XP MODULOS
S7200

De los autores

- Registro de los datos en hojas de cálculo (*Microsoft Office EXCEL*), en el computador donde se encuentra el sistema SCADA.
- Sensor Ultrasónico de Nivel (*THE PROBE*), que se ubica en la parte superior del carro cisterna por compartimiento, certificando la cantidad de litros en relación con el nivel del compartimiento.
- Caudalímetro Electromagnético y Convertidor de Señal (*SITRANS F M, MAGFLOW MAG6000*), ubicado en la tubería antes del tanque de recibo y en la conexión del carro cisterna al sistema de descarga del

mismo, lo que me disminuye la tolerancia de perdidas por tubería.

Sitrans.



SENSOR ELECTROMAGNÉTICO

De los autores.

MAGFLOW.



SENSOR ELECTROMAGNETICO CON EL CONVERTIDOR DE SEÑAL

De los autores

Una vez encendido el PLC y activado el sistema SCADA, se alimentan los sensores empezando a captar las señales respectivas, y se realizando la comunicación entre el PLC – SCADA.

Cuando llega un vehículo a la zona de recibo, se parque en una zona horizontal para extraer muestras la cual me indican la temperatura y estado de la materia prima. Y se visualiza si el vehículo se encuentra en la punto de Aforo (Línea que me garantiza el nivel máximo del Tanque), en caso de no estarlo se dispone a calcular la cantidad de litros de diferencia para llegar a la Línea de Aforo.

Luego de la Toma de Muestras y la visualización del nivel del tanque se dispone a ubicar el vehículo en la zona de aforo, y luego se dispone a colocar el sensor de nivel en el compartimiento con la cual se iniciara la descarga.

Una vez se registra la entrada y los datos de un vehículo, el sistema inicia y almacena los datos en el Documento Excel iniciando así al Aforo.

Capturando la hora de llegada, y la cantidad Estimada de material que llega a la Fábrica. Esta información se guarda en el sistema SCADA, en la base de Datos

CONCLUSIONES

- ✓ Se implementó un sistema para la calibración de tanques de llegada de insumos de leche del cuál se obtienen datos confiables, en el cuál aplicamos conocimientos adquiridos durante la carrera, y nos capacitamos en un nuevo software de supervisión (WinCC Flexible) de la familia SIEMENS, con el cual se obtuvo una interfaz amena y amigable.
- ✓ Es importante seleccionar los elementos más apropiados para el sistema, y esto se debió realizar teniendo como base los recursos suministrados por la empresa. Este es un punto relevante debido a que finalmente fue aplicado a la industria, en donde se pudo ver que un diseño es simplemente una guía que muestra un buen procedimiento, es decir, el suministro de los equipos por parte del contratista y la disponibilidad de los mismos limita o satisface el diseño propuesto.
- ✓ Se empleó un lenguaje de programación que permite llegar a un software que brinda al usuario facilidad de manejo, por lo cual no necesita de una amplia capacitación para hacer uso del mismo. Dicho control de la mano de este software da como resultado un interfaz humano máquina, lo cual hace que cualquier proceso industrial sea más efectivo, obteniendo a la vez historiales de cualquier tipo de proceso y también proporcionando ver el proceso en tiempo real desde un lugar remoto.
- ✓ Teniendo en cuenta que uno de los ítems más importantes para la ingeniería mecatrónica es el control del proceso, se comprobó que el PLC es un elemento que logra este propósito de una forma sencilla y eficaz y además termina siendo aplicable a otros procesos, por lo cual más que un costo es una inversión para la empresa.
- ✓ El sistema desarrollado para aforar los tanques de FreskaLeche, puede ser empleado en otros ámbitos industriales, ya que ésta idea se tuvo en cuenta para la selección de materias, puesto que no siempre lo que se va a sensar de los tanques a la hora de llegada, va a ser leche.
- ✓ Se mejoraron los tiempos en el proceso de aforamiento con el cambio de método, pues anteriormente en Freskaleche era empleado el método geométrico que generaba gran incertidumbre sobre las mediciones que se tomaban y empleaba el triple del tiempo que toma

actualmente.

- ✓ Se tiene mayor higiene en el proceso, debido a que no hay contacto directo con el producto por parte de los operarios.

BIBLIOGRAFIA

INSTRUMENTOS DE CAMPO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS - Catálogo FI 01, Alemania: Siemens, 2005.

FIELD INSTRUMENTS FOR PROCESS AUTOMATION – Catalogue FI 01, Alemania: Siemens, 2006.

MUNSON, Bruce R., Fundamentos de mecánica de fluidos. México: Editorial Limusa S.A., 1999.

GREENE, Richard W., Válvulas selección, uso y mantenimiento, México: Editorial McGraw – Hill, 1992.

MCNAUGHTON, Kenneth., Bombas selección, uso y mantenimiento, México: Editorial McGraw – Hill, 1992.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Colombianas para la presentación de tesis y otros trabajos de grado. Quinta Actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2002. 34p NT 1486

CREUS, Antonio Creus, Instrumentación Industrial, México: Alfaomega. Sexta Edición, 1998.

DOEBELIN, Ernest, Measurement Systems, Application and Design, Estados Unidos: McGraw-Hill, 1990.

SOISSON, Harold, Instrumentación Industrial, Limusa Noriega Editores. 2001

<http://atpingenieria.com/>

<http://br.geocities.com/saladefisica10/experimentos/>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumentación_electrónica](http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumentaci%C3%B3n_electr%C3%B3nica)

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33908806.pdf>

<http://www.ats.nl/products/partners-info#Spectrum>

<http://www.ciget.pinar.cu/No.%202001-1/modelo.htm>

<http://www.cncdesign.com.au/img/products/>