

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ingeniería
Taller de Programación III

***“Estación de Enseñanza de Control Automático de
Niveles de Líquido en Tanques”***

Carpeta de Diseño

Autores:

Ezequiel Di Donato (75.781)

Pablo D. Roca (82.904)

Índice de contenido

Minutas.....	1
Glosario.....	2
Pantallas.....	5
Diagramas de Interacción.....	6
CU1 - Instalar la Estación de Control.....	6
CU2 - Configurar Parámetros Avanzados.....	7
Flujo Principal.....	7
Flujo Alternativo por Cancelación.....	7
Flujo por Excepción de Validación.....	9
Flujo por Excepción de Grabación.....	10
CU3 - Conectarse al Set de Control Elegido.....	11
Flujo Normal – Set de Control ABB – Configuración Automática.....	11
Flujo Normal – Set de Control Matlab – Configuración Manual.....	11
Flujo por Excepción de Conexión con el Set de Control.....	12
CU4 - Desconectarse del Set de Control.....	13
Flujo Normal – Set de Control ABB.....	13
Flujo Normal – Set de Control Matlab.....	13
Flujo por Excepción de Desconexión de Set de Control ABB.....	14
Flujo por Excepción de Desconexión de Set de Control ABB.....	15
CU5 - Visualizar Evolución Del Proceso.....	15
CU6 - Modificar Parámetro De Control.....	16
Flujo Normal – Set de Control ABB - Automático.....	16
Flujo Normal – Set de Control Matlab - Manual.....	16
Flujo por Excepción de Comunicación Set de Control ABB Automático.....	17
Flujo por Excepción de Comunicación Set de Control ABB Automático.....	17
CU7 - Guardar Configuración De Control Automático.....	18
Flujo Normal – Automático.....	18
Flujo Normal – Set de Control Matlab - Manual.....	19
CU8 – Iniciar Grabación del Proceso.....	20
Flujo Normal.....	20
Flujo Alternativo de Cancelación por parte de Alumno.....	21
Flujo por Excepción de Error en la Grabación de los Archivos.....	22
CU9 – Finalizar Grabación del Proceso.....	23
Flujo Normal.....	23
Flujo por Excepción de Error en la Grabación de los Archivos.....	24
CU10 – Agregar Comentario Durante la Grabación del Proceso.....	25
CU11 – Cargar Proceso Grabado.....	26
Flujo Normal.....	26
Flujo Alternativo de Superposición de Gráfica.....	27
Flujo por Excepción de Error en la Lectura de Archivos.....	28
Diagramas de Clases.....	29
Diagrama de Clases Completo.....	29
Restricciones del Ambiente.....	38

Minutas

No hubo entrevistas ni minutas adicionales a las ya existentes en la carpeta de requerimientos.

Glosario

Glosario

ABB: empresa dedicada la automatización industrial como actividad principal. En el presente trabajo se utiliza un Set de Control de dicha empresa, dando lugar al empleo del término “ABB” como sinónimo de “Set de Control ABB”.

Actuador: dispositivo que estimula un sistema físico en base a órdenes de un controlador. Permite al controlador informar de los estímulos necesarios mediante señales eléctricas siendo responsabilidad del actuador su transformación a variables físicas.

Bias: también conocido como valor nulo. Es el valor de salida esperado para el controlador en el caso donde el set-point iguala al valor medido y , por lo tanto, el sistema se encuentra estable. El valor de bias se establece entonces en algoritmos de control para obtener dicha salida no nula cuando el estado indica un error nulo.

Controlador: dispositivo que monitorea y estimula a un sistema físico buscando cierta respuesta del mismo. Cuenta con variables de entrada -provenientes del sensado de elementos físicos- que determinan el valor de las variables de salida -que afectan a componentes actuadores del sistema- de acuerdo con la respuesta que se espera obtener del sistema.

Estación de Control: todos los componentes (hardware, firmware, software) e incluso la planta a controlar que forman la estación de entrenamiento o aprendizaje completa. En algunas descripciones este término puede implicar el resto de los componentes, exceptuando aquel del que se está hablando. Son ejemplos los casos de uso CU3 y CU4 donde el software de aprendizaje e interacción amigable al alumno se conecta y desconecta de la “estación de control”, entendiéndose por tal al set de control ABB. De esta forma se hace uso de la segunda acepción en el que este software está excluido del término.

HMI: siglas de la expresión inglesa “Human Machine Interface”. Se refiere a dispositivos dentro de una estación de control destinados a interactuar con el operario de planta. Los mismos pueden ser paneles de control, teclados, pantallas táctiles que permiten la comunicación del sistema de control con el operario de planta en forma bidireccional.

Matlab: Software matemático que entrega un entorno de desarrollo y de codificación. Tiene de especial interés para el presente trabajo la posibilidad de calcular controladores PID, enviar salidas a actuadores y recibir información de sensores mediante placas adquisidora RIAC. En el presente trabajo se utiliza un Set de Control bajo software Matlab dando lugar al empleo del término “Matlab” como sinónimo de “Set de Control Matlab”.

Modelo de Planta: representación de una planta que incluye los elementos de mayor importancia para un sistema de control afin. Dentro del modelo se detallan las variables medibles y la reacción de estas variables frente a cambios de otras.

Muestra: valor numérico obtenido de la Planta mediante procesos de medición. El valor obtenido es la representación numérica del estado en un momento dado para cierta variable física..

Muestreo: proceso de obtención de muestras con cierta frecuencia para generar una serie de valores representativos de cierta variable física.

Operario de Planta: persona encargada de controlar el estado de una planta, mantenerla operativa y con niveles dentro de los límites que sean exigidos por normas de seguridad. Para su tarea suele utilizar sistemas de control.

PID: siglas de Proporcional Integral Derivativo que indica una familia de mecanismos de control con retroalimentación. Bajo este esquema se utiliza el error de la medición respecto del valor esperado y se le aplica una constante de proporcionalidad, de integración y de derivación como componentes para ingresar al actuador y cancelar el error.

Planta: sistema físico a controlar mediante un sistema de control automático. La misma nunca puede ser cambiada, responde a leyes naturales, pero puede ser sometida a fuerzas de control para lograr que algunas de sus variables medibles se aproximen a valores deseados y ajustados en el sistema de control.

PLC: siglas de Programmable Logic Controller (o controlador lógico programable). Dispositivo electrónico que permite programar una lógica de control que tome en cuenta valores sensados, parámetros preestablecidos por el operador de planta y comande actuadores con un fin dado.

Proceso: evolución temporal de la Planta o del Modelo de Planta que se pretende controlar mediante el Software y el Controlador elegido.

Red Industrial: conjunto del hardware más el protocolo correspondiente que utilizan los componentes del Set de Control ABB para comunicarse.

RIAC: placa de adquisición de Muestras sobre el nivel de agua en los tanques utilizados en la experiencia.

Set de Control ABB: conjunto de componentes que permiten conectar sensores y actuadores, definir el algoritmo de control y formar de esta forma un sistema de control con un fin dado. El Set de Control incluye un PLC programable mediante un software especial, conectores de entrada para sensores, conectores de salida para actuadores y las fuentes de energía necesarias para su funcionamiento.

Set de Control Matlab: conjunto de algoritmos, archivos y elementos del entorno Matlab que permiten conectar sensores y actuadores formando un sistema de control con un fin dado.

Set-Point: variable que permite establecer el valor deseado de cierta variable medible dentro del sistema de control. Representa el nivel esperado para determinada variable y que el sistema debe tratar de alcanzar y mantener cuando se encuentra en modo automático.

Sistema de Control: los distintos componentes que permiten efectuar el control sobre una o más variables de la planta. Entre ellos se encuentran: sensores, actuadores, controladores y elementos HMI de interfaz al usuario de planta.

Software: referido al componente de software que se desarrollará en el presente proyecto con el fin de dar una interfaz flexible y amigable al alumno para el entrenamiento en sistemas de control y el análisis de la planta de tanques de agua en particular.

Pantallas

No hay pantallas diseñadas en la presente etapa, refiérase a la carpeta de requerimientos para consultar los bosquejos (mockups) de las mismas.

Diagramas de Interacción

A continuación se presentan los diagramas de interacción por caso de uso para cada escenario posible.

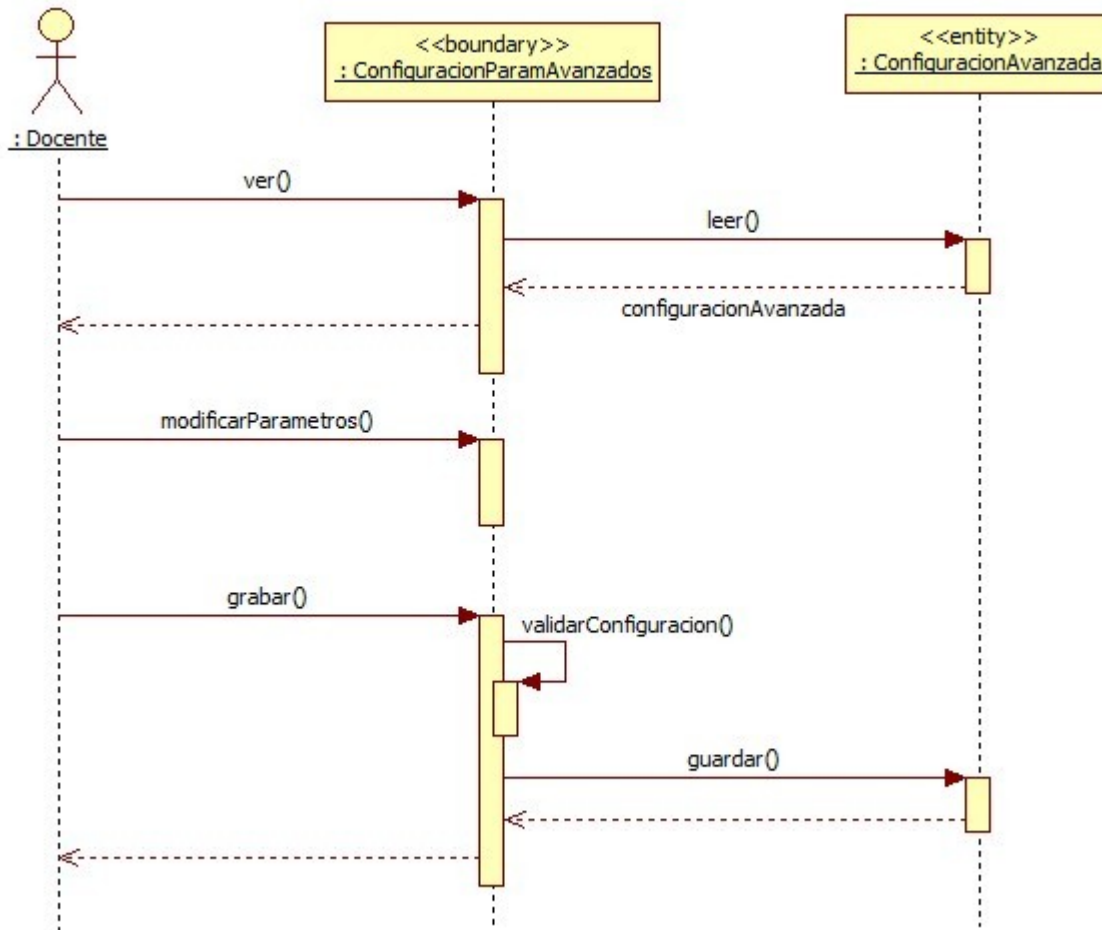
Para una explicación detallada de los casos de uso, convenientemente numerados, refiérase a la carpeta de requerimientos.

CU1 - Instalar la Estación de Control

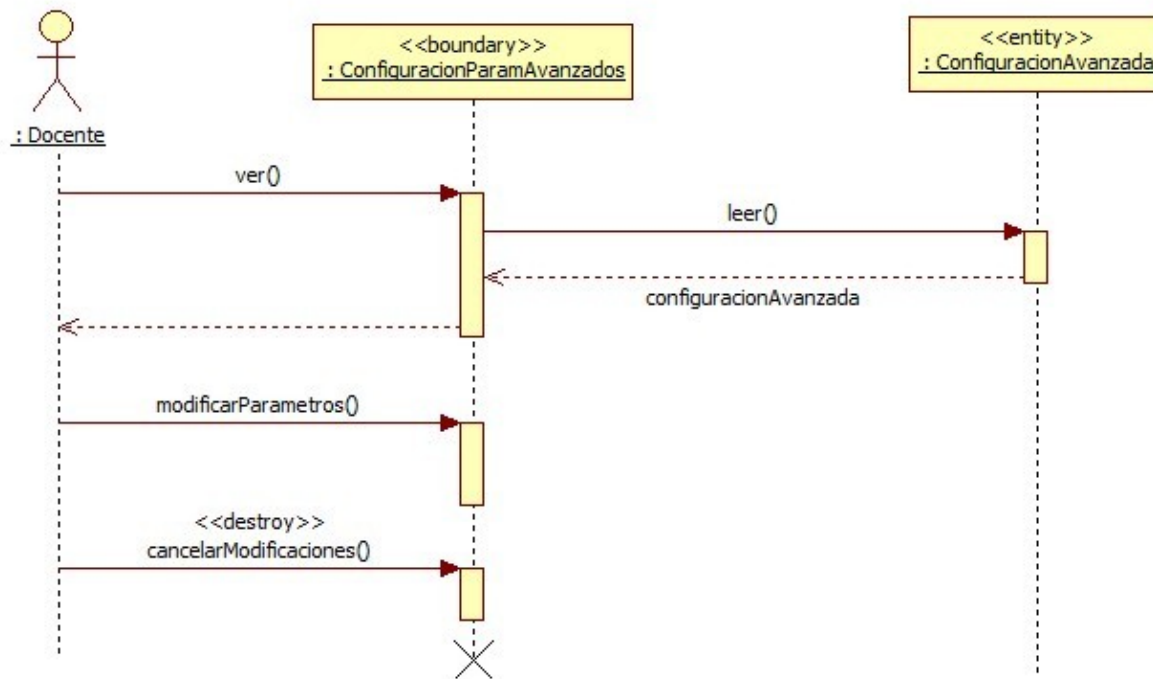
No aplica en este caso.

CU2 - Configurar Parámetros Avanzados

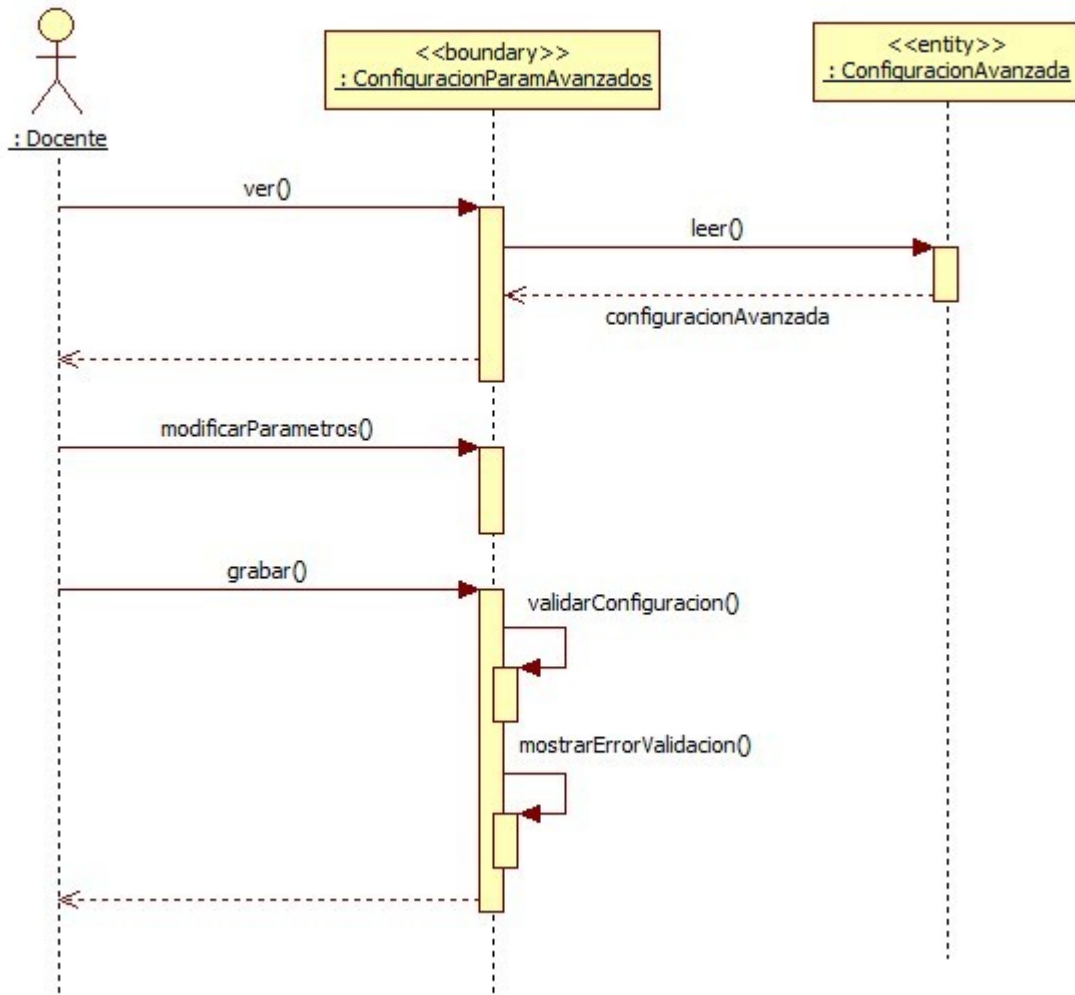
Flujo Principal



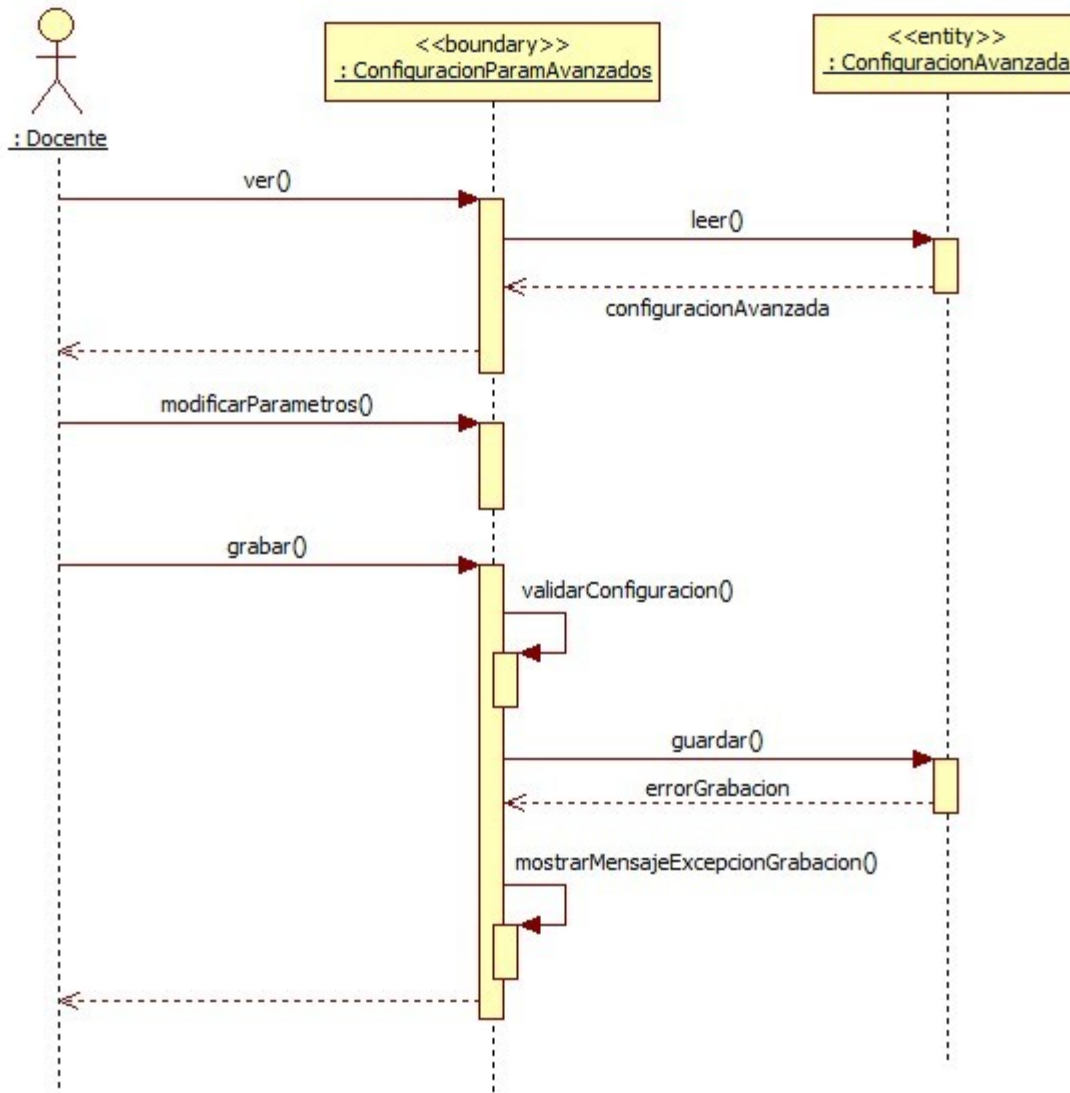
Flujo Alternativo por Cancelación



Flujo por Excepción de Validación

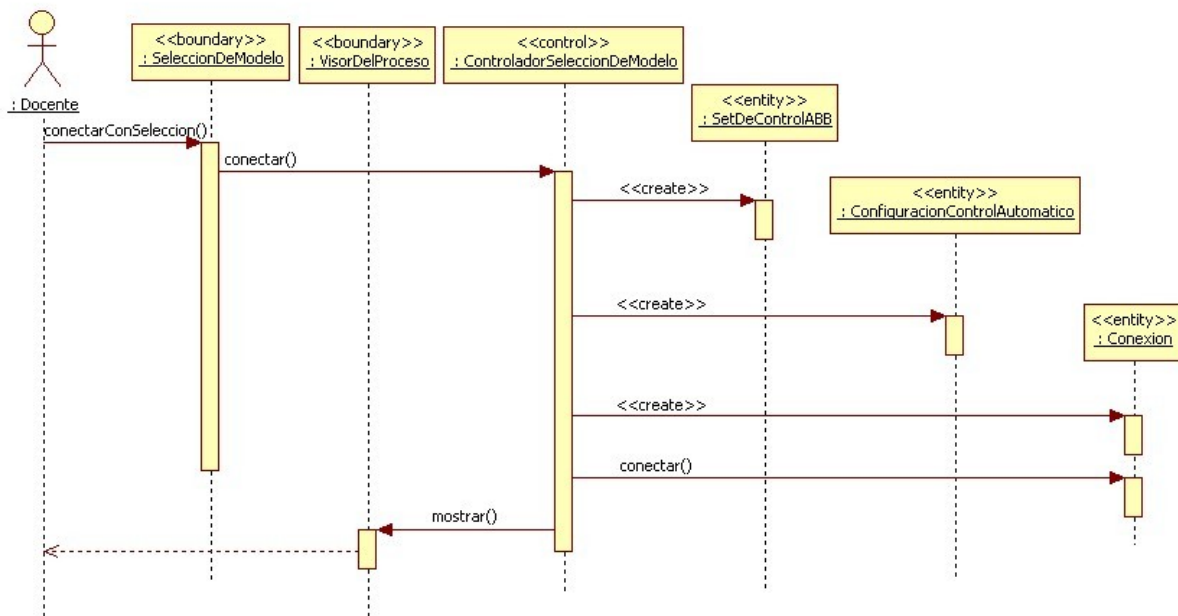


Flujo por Excepción de Grabación

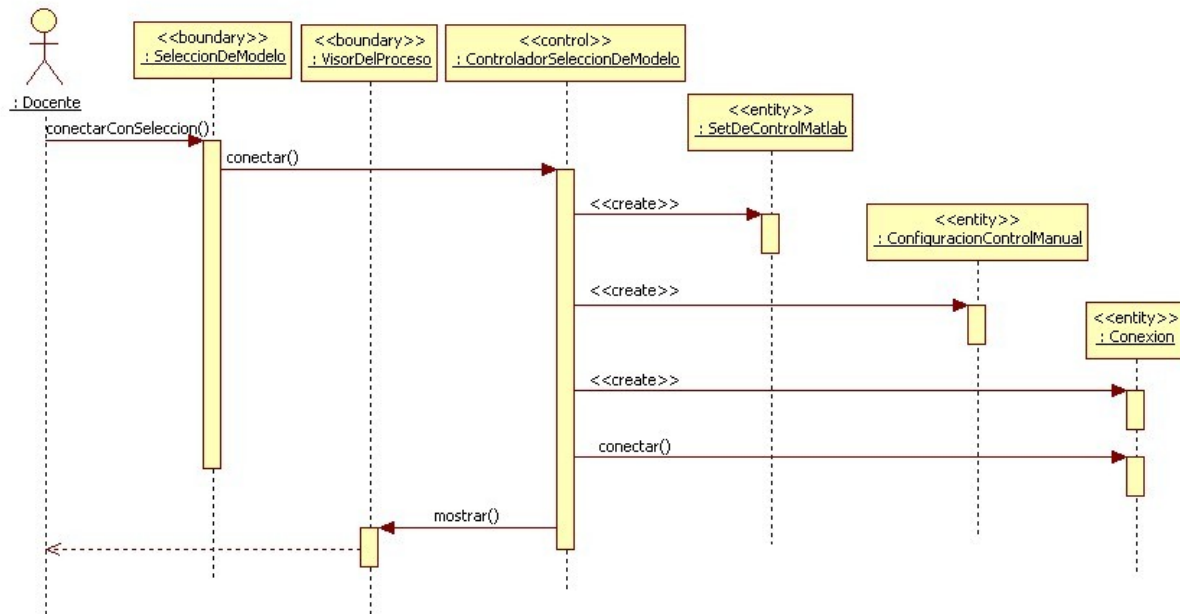


CU3 - Conectarse al Set de Control Elegido

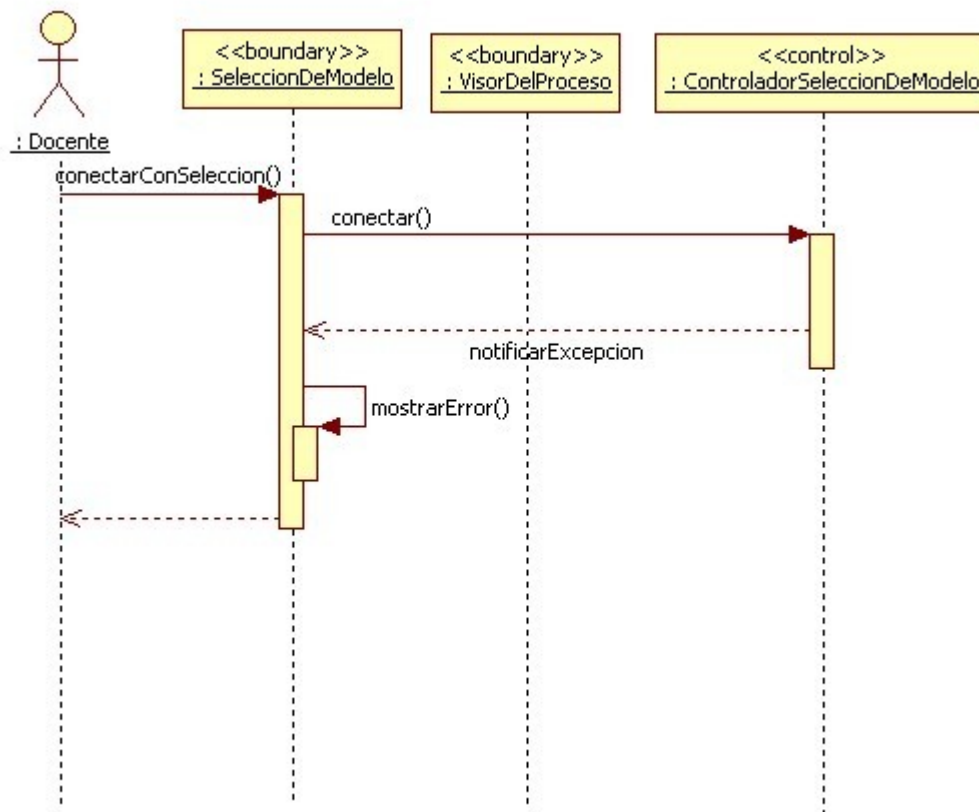
Flujo Normal – Set de Control ABB – Configuración Automática



Flujo Normal – Set de Control Matlab – Configuración Manual

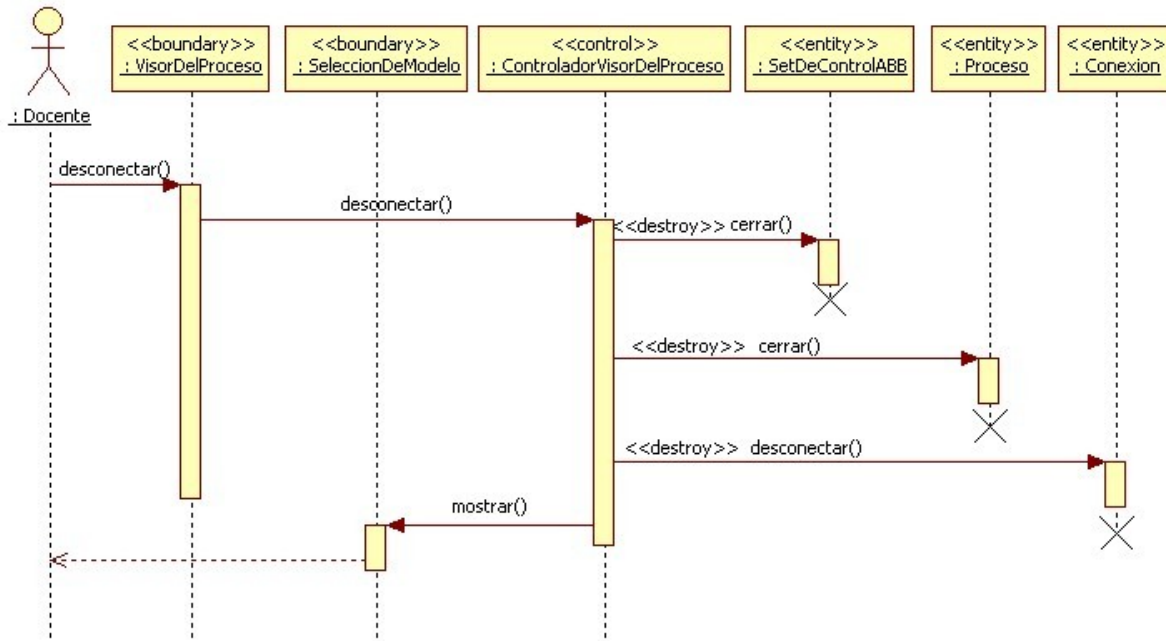


Flujo por Excepción de Conexión con el Set de Control

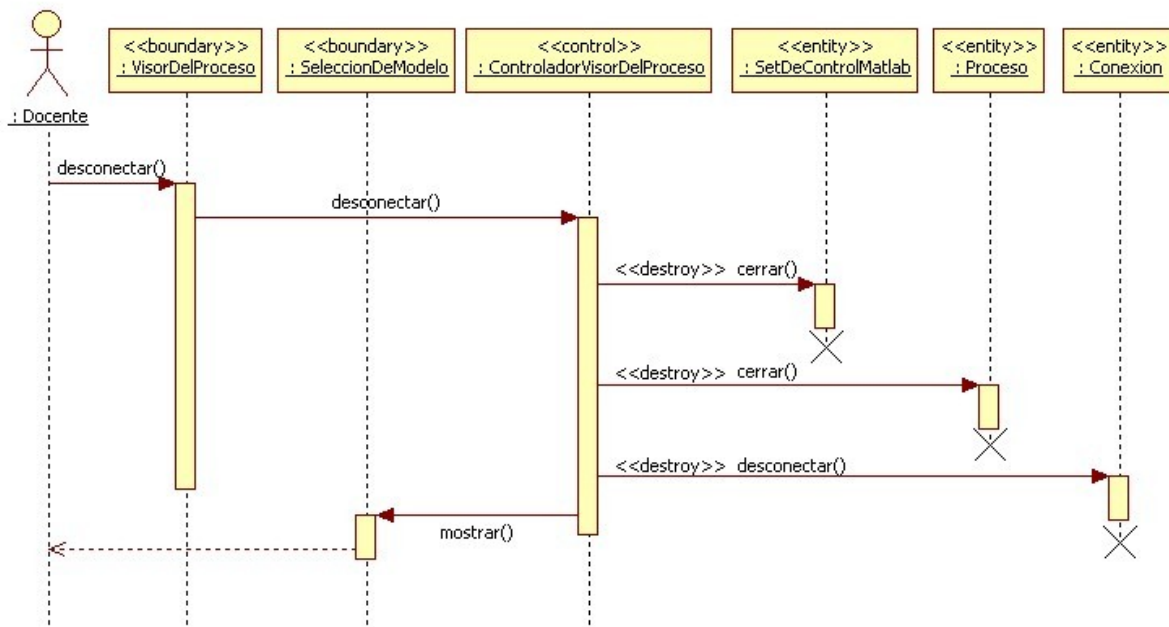


CU4 - Desconectarse del Set de Control

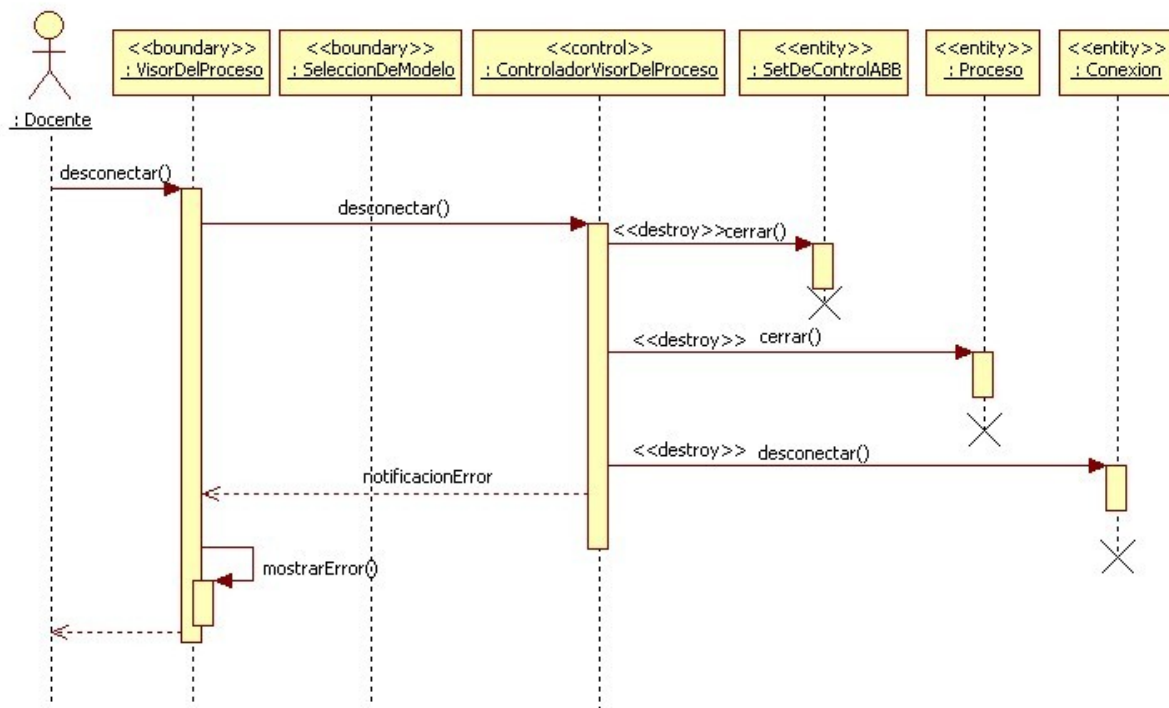
Flujo Normal – Set de Control ABB



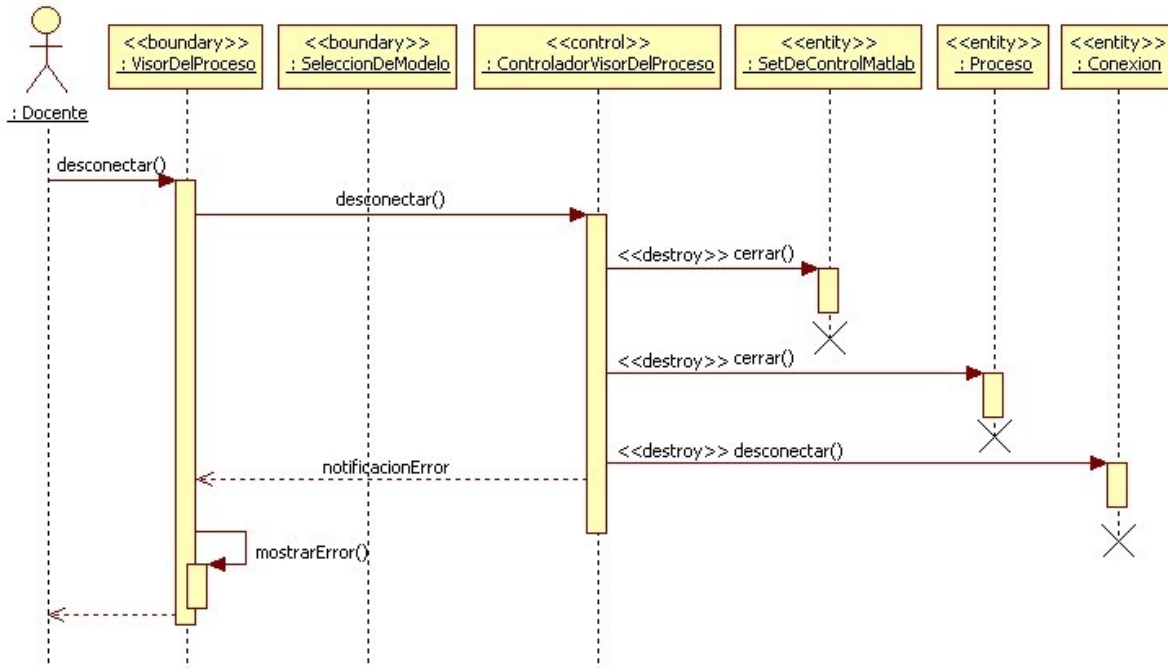
Flujo Normal – Set de Control Matlab



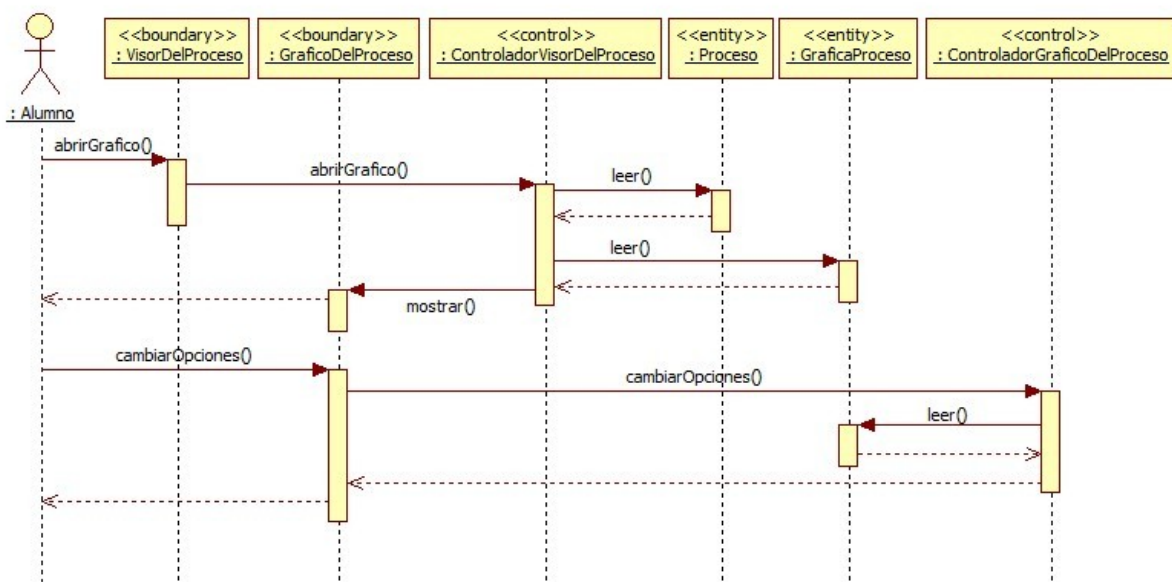
Flujo por Excepción de Desconexión de Set de Control ABB



Flujo por Excepción de Desconexión de Set de Control ABB

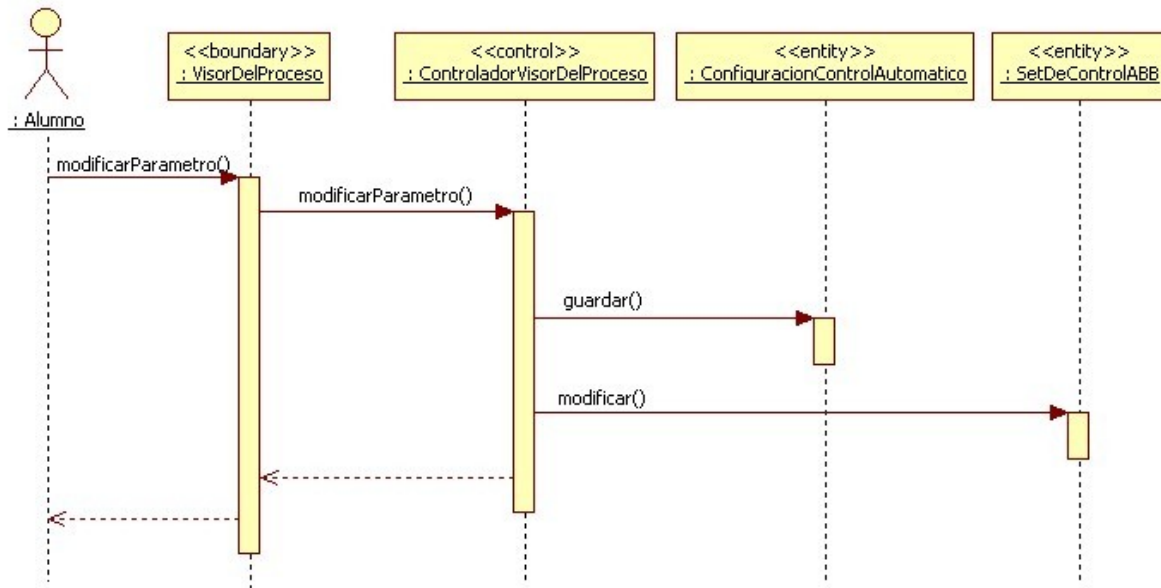


CU5 - Visualizar Evolución Del Proceso

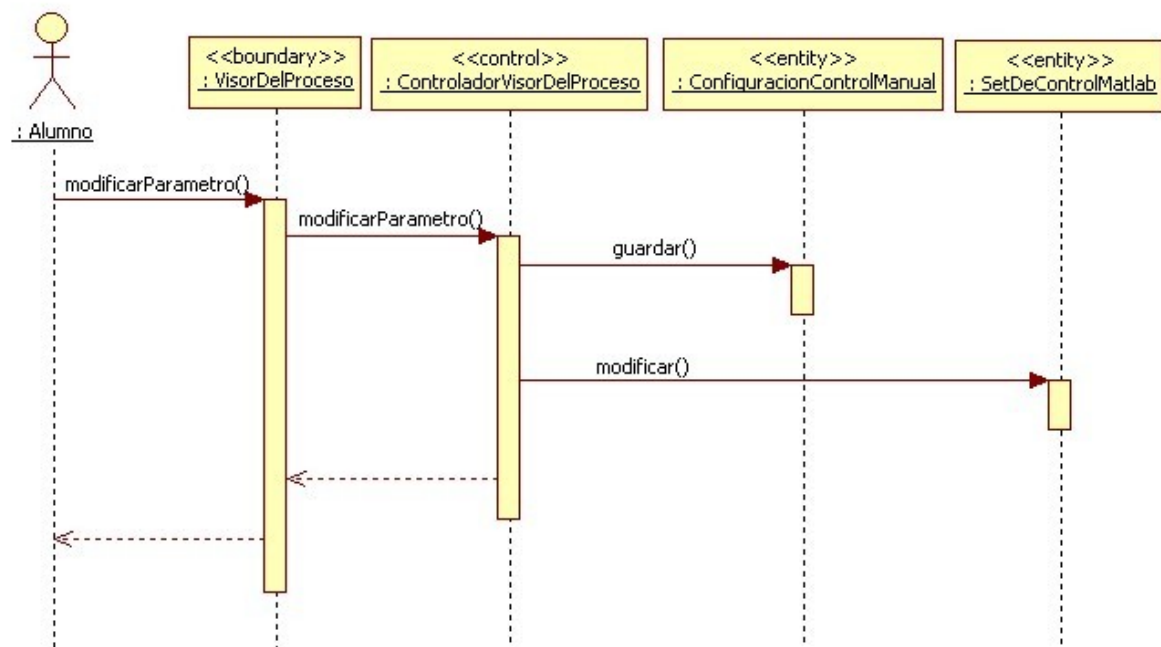


CU6 - Modificar Parámetro De Control

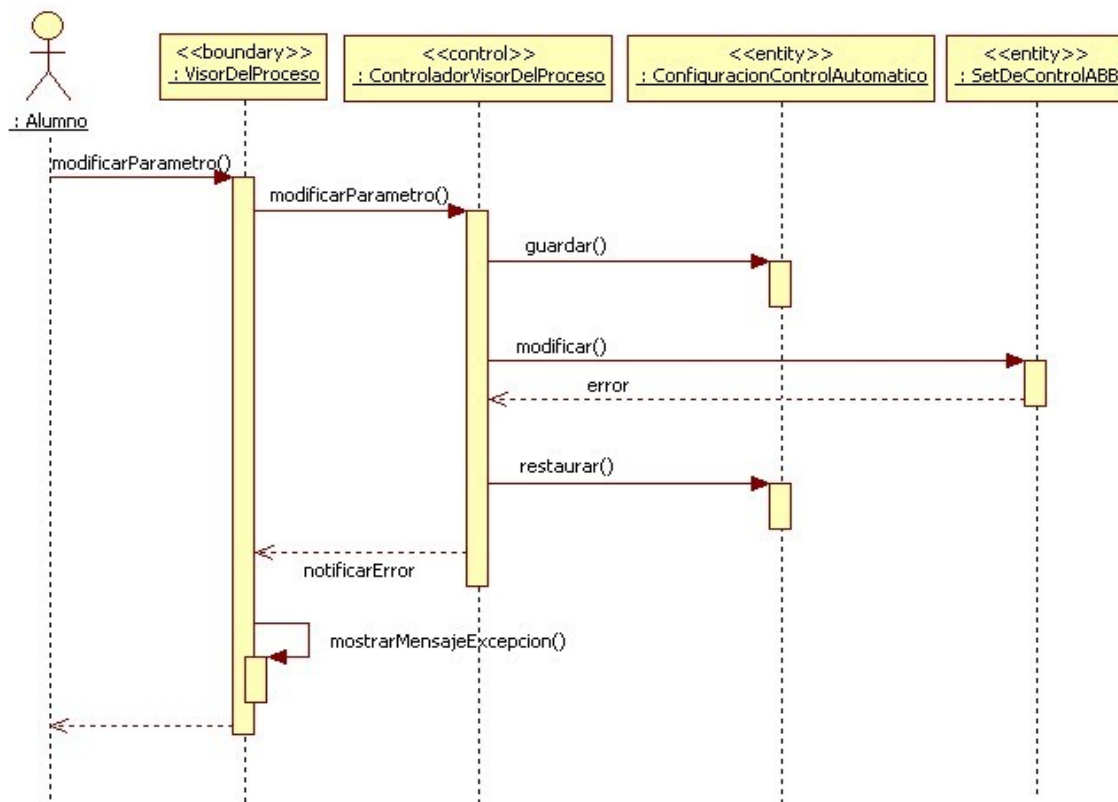
Flujo Normal – Set de Control ABB - Automático



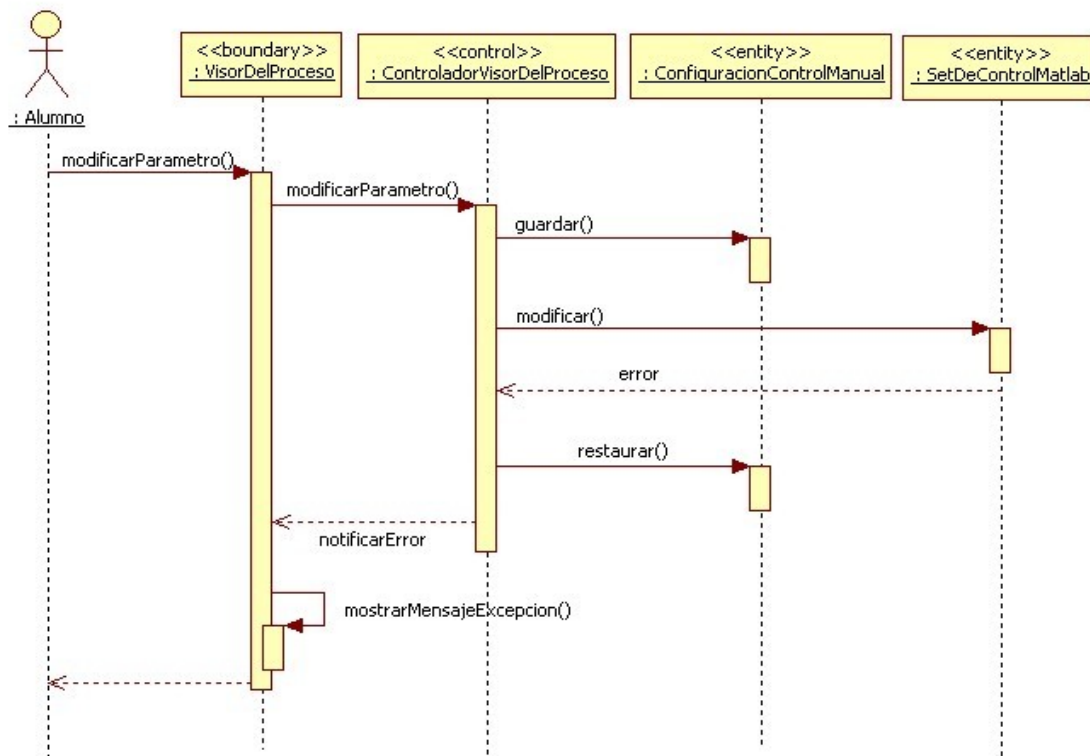
Flujo Normal – Set de Control Matlab - Manual



Flujo por Excepción de Comunicación Set de Control ABB Automático

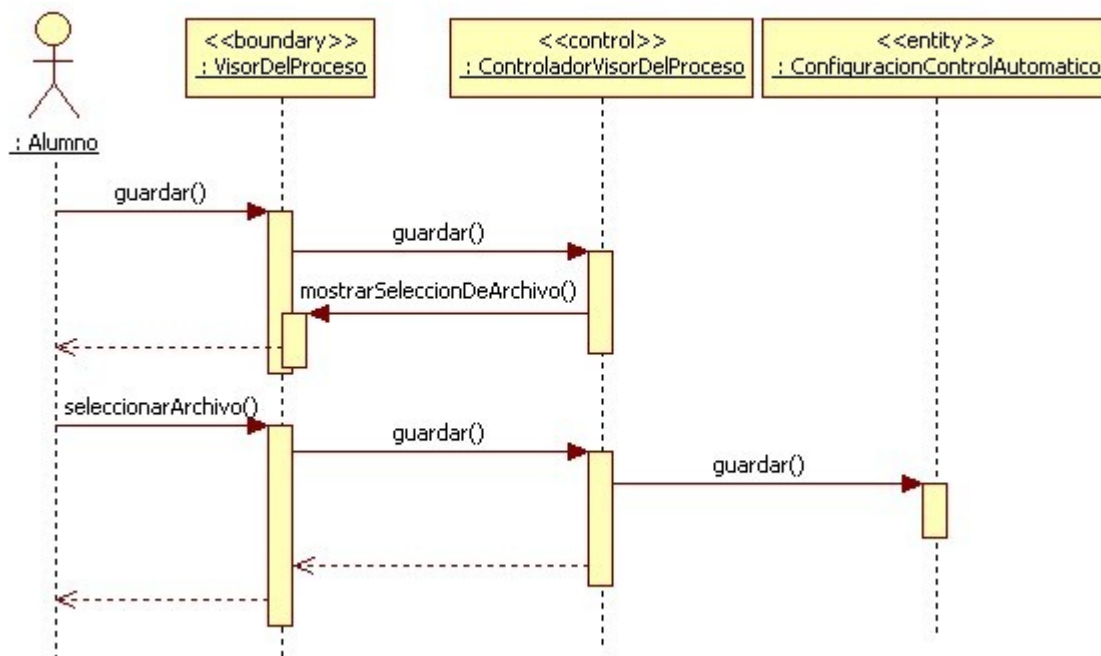


Flujo por Excepción de Comunicación Set de Control ABB Automático

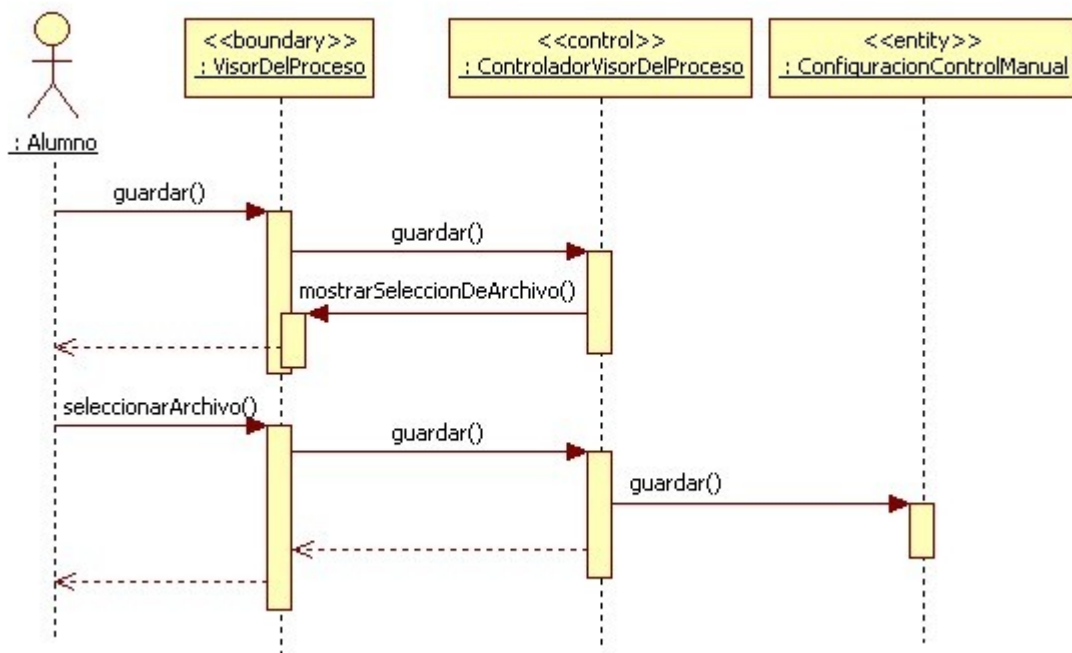


CU7 - Guardar Configuración De Control Automático

Flujo Normal – Automático

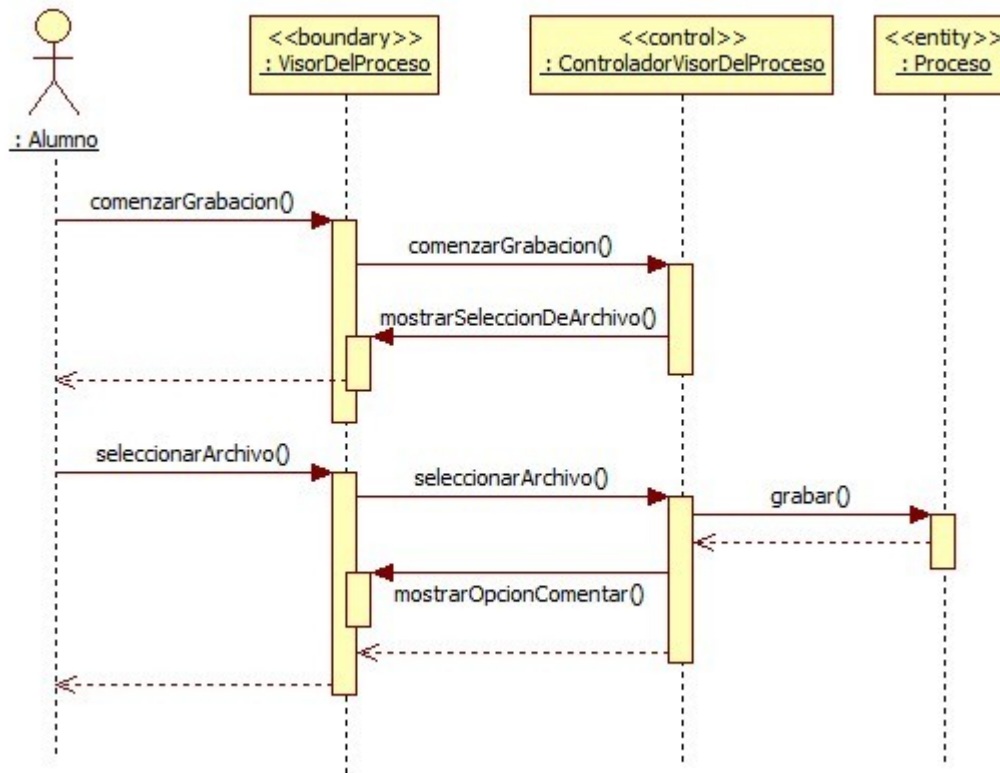


Flujo Normal – Set de Control Matlab - Manual

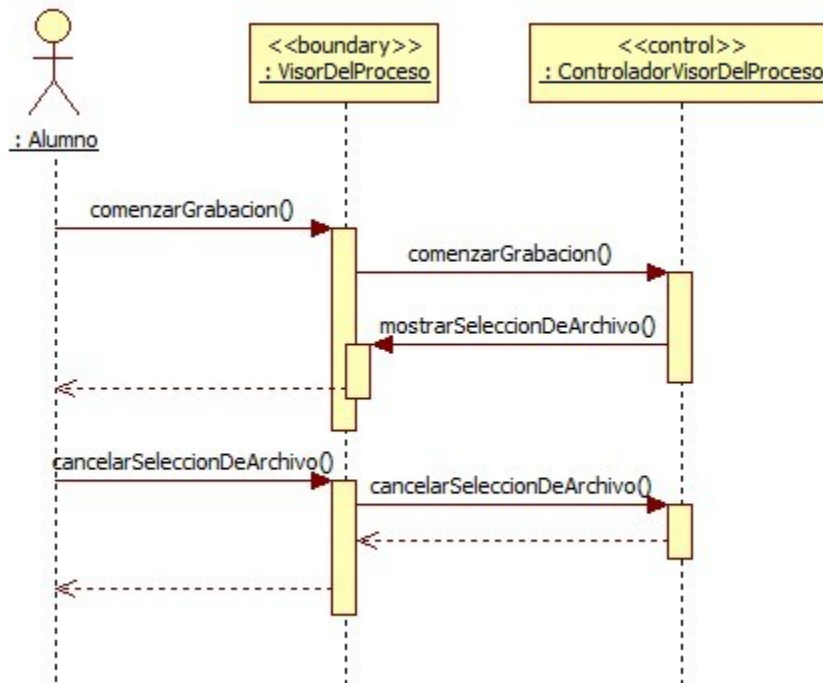


CU8 – Iniciar Grabación del Proceso

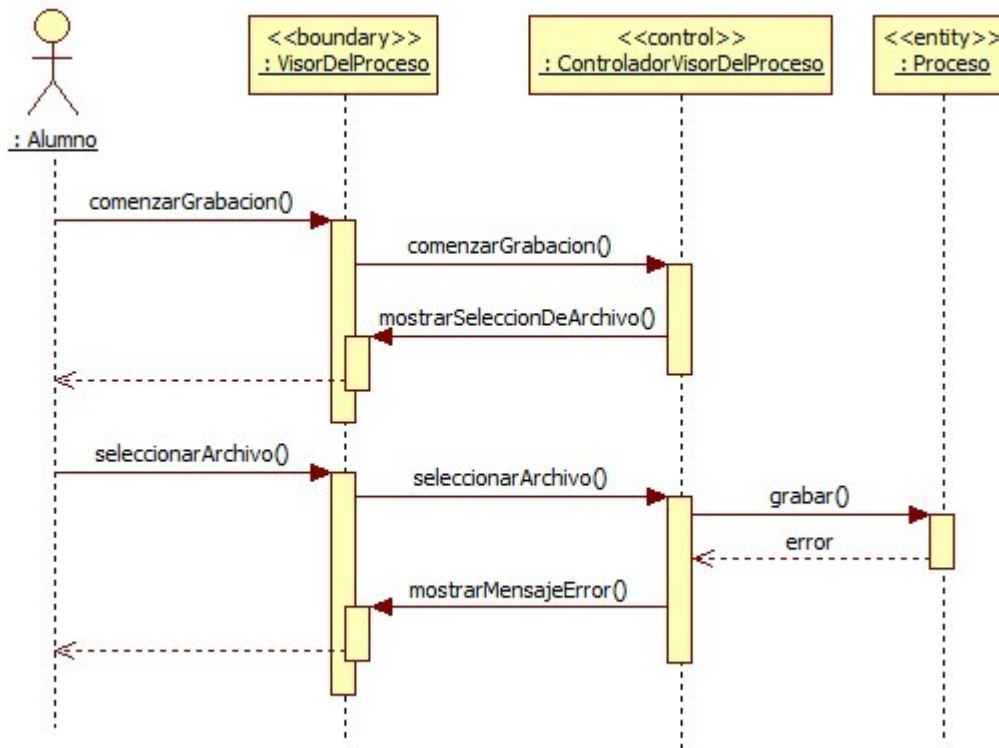
Flujo Normal



Flujo Alternativo de Cancelación por parte de Alumno

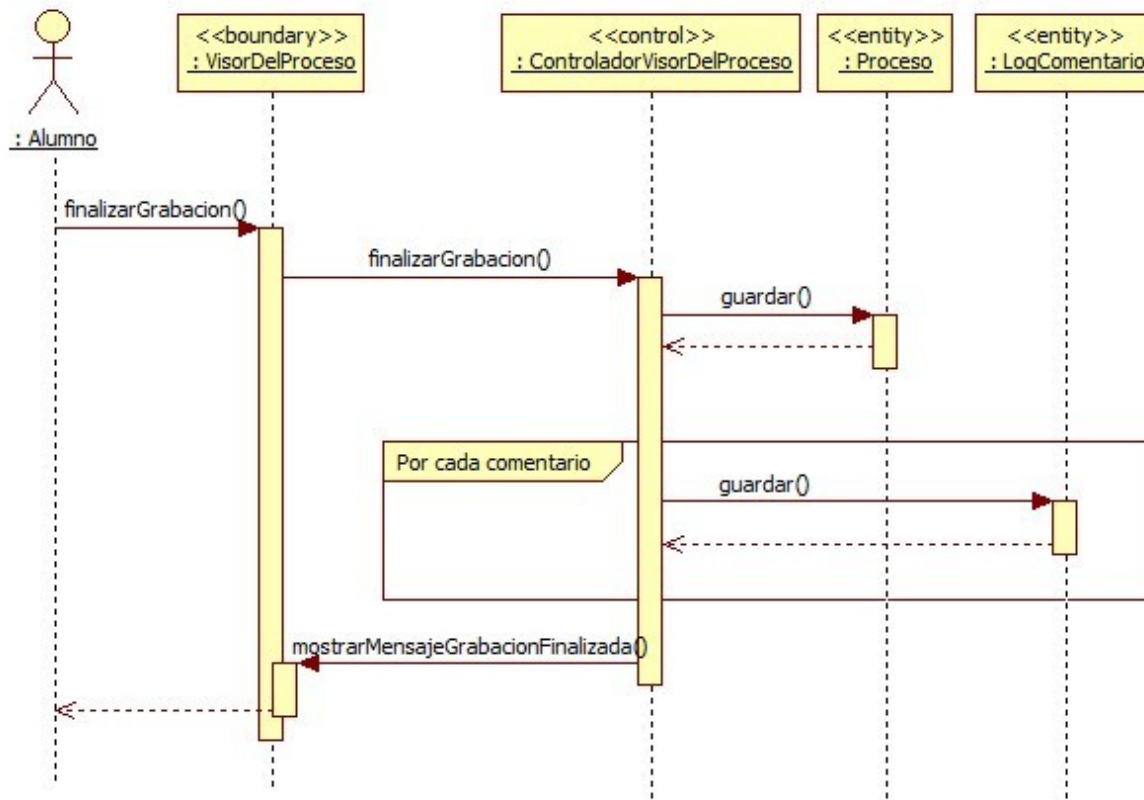


Flujo por Excepción de Error en la Grabación de los Archivos

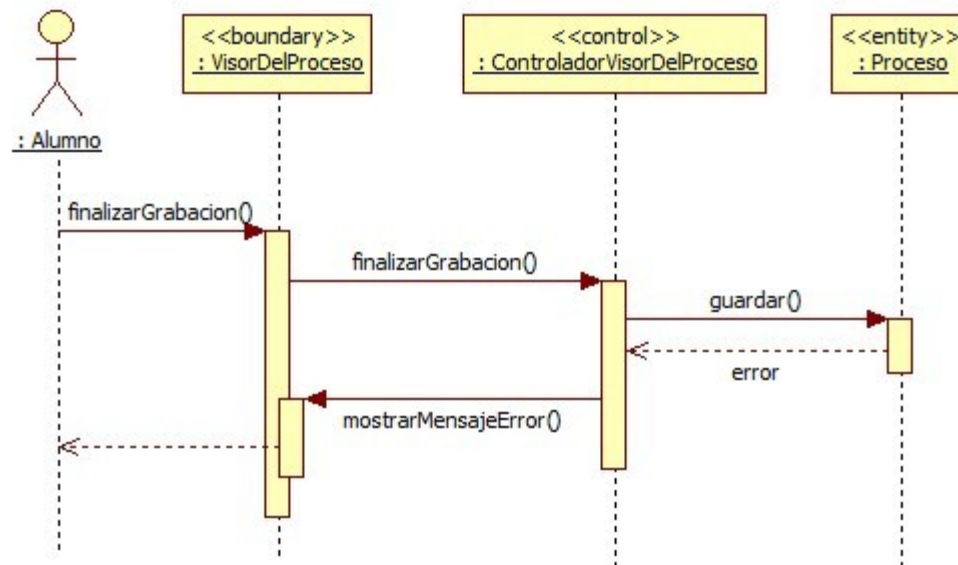


CU9 – Finalizar Grabación del Proceso

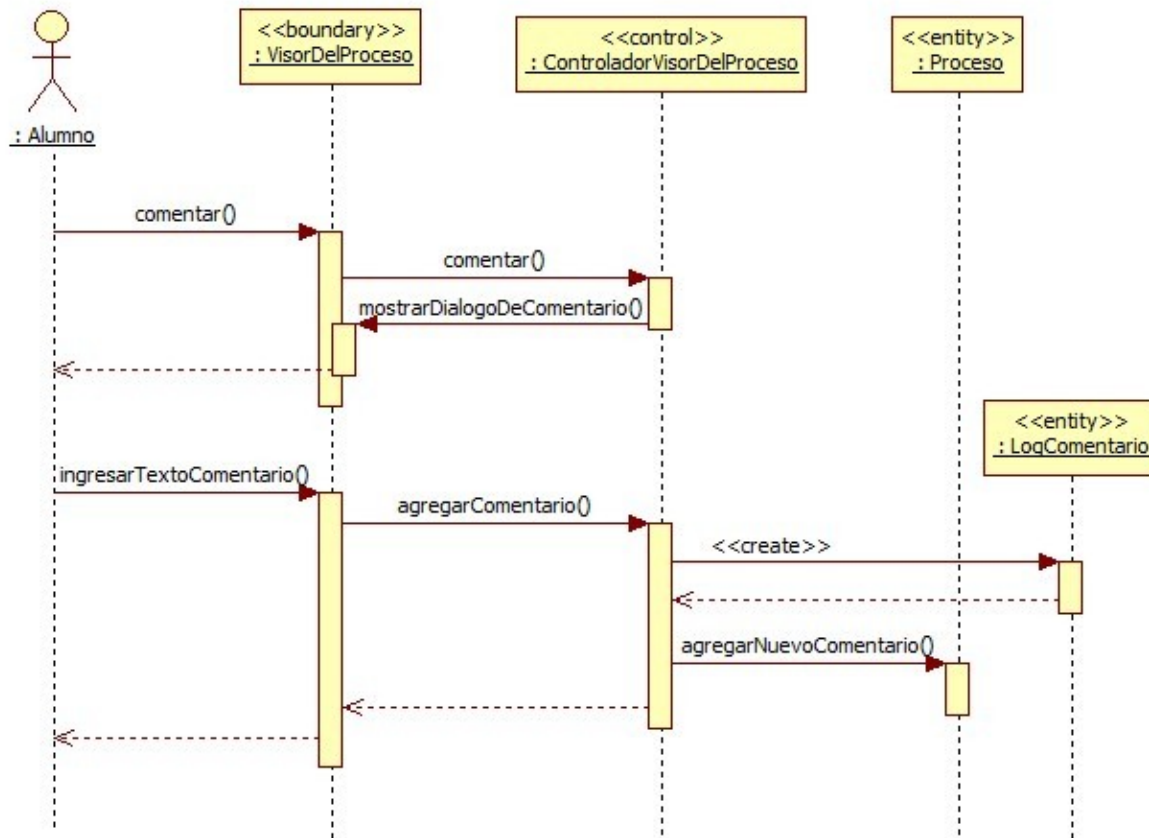
Flujo Normal



Flujo por Excepción de Error en la Grabación de los Archivos

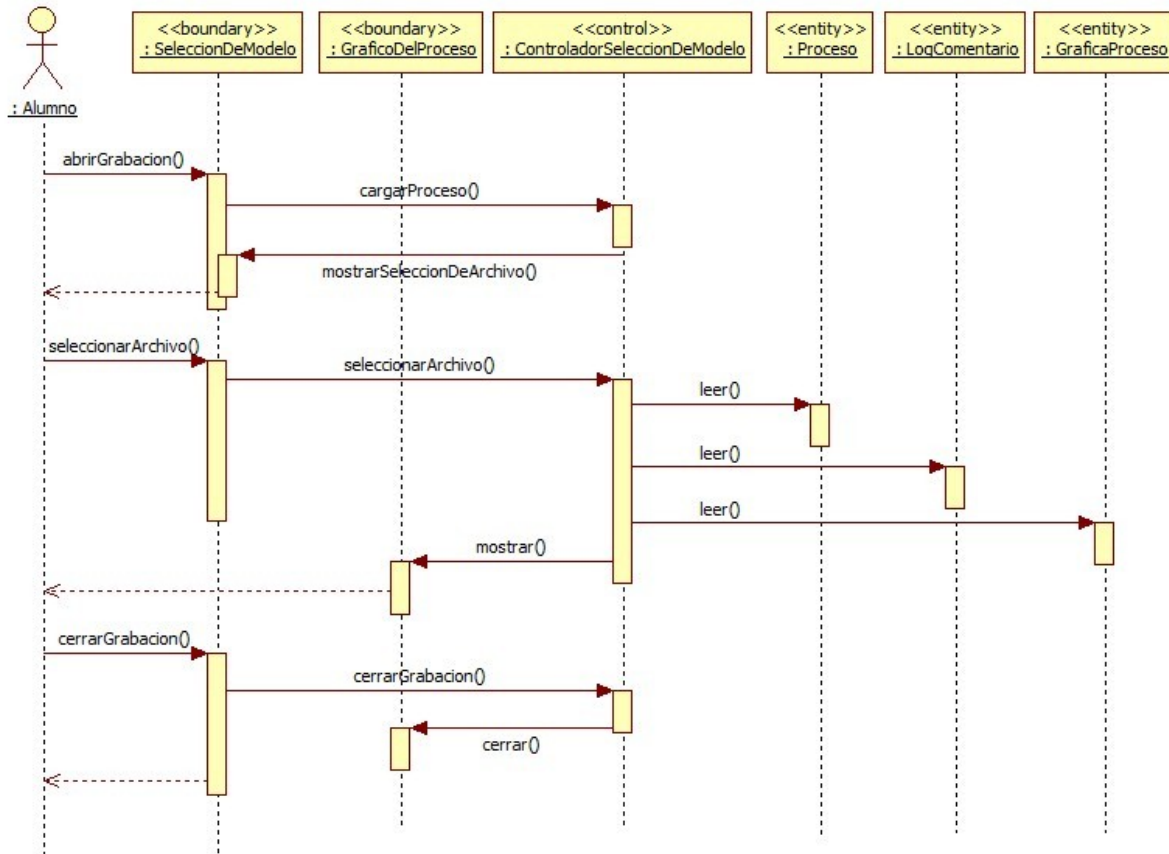


CU10 – Agregar Comentario Durante la Grabación del Proceso

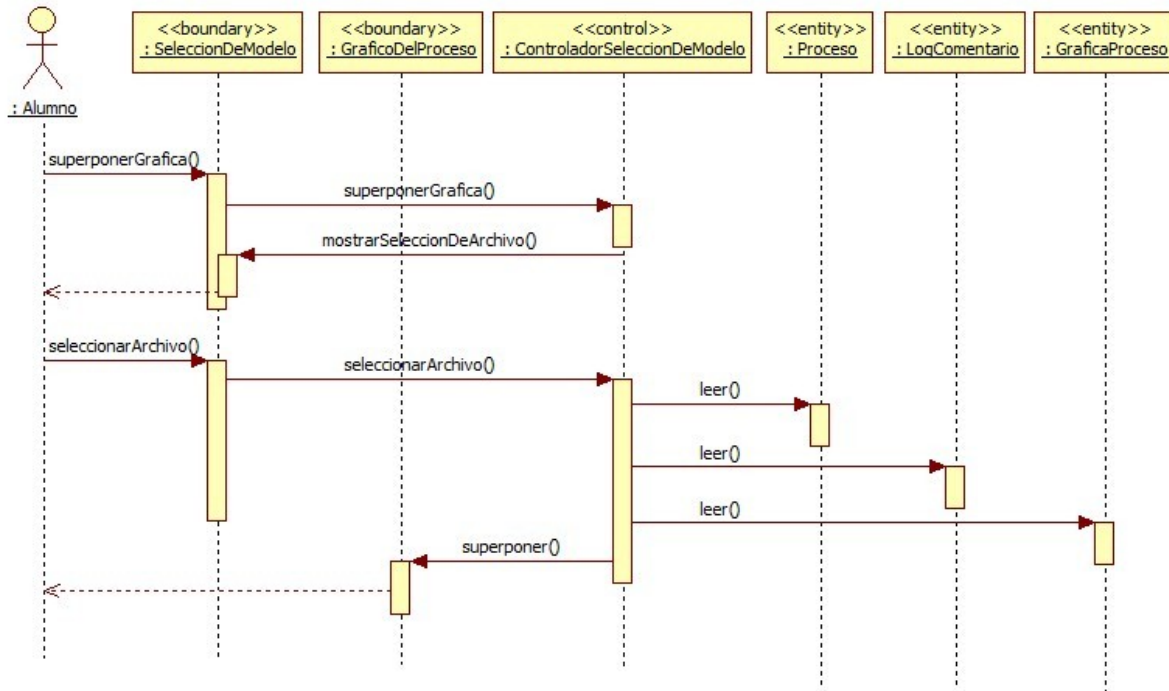


CU11 – Cargar Proceso Grabado

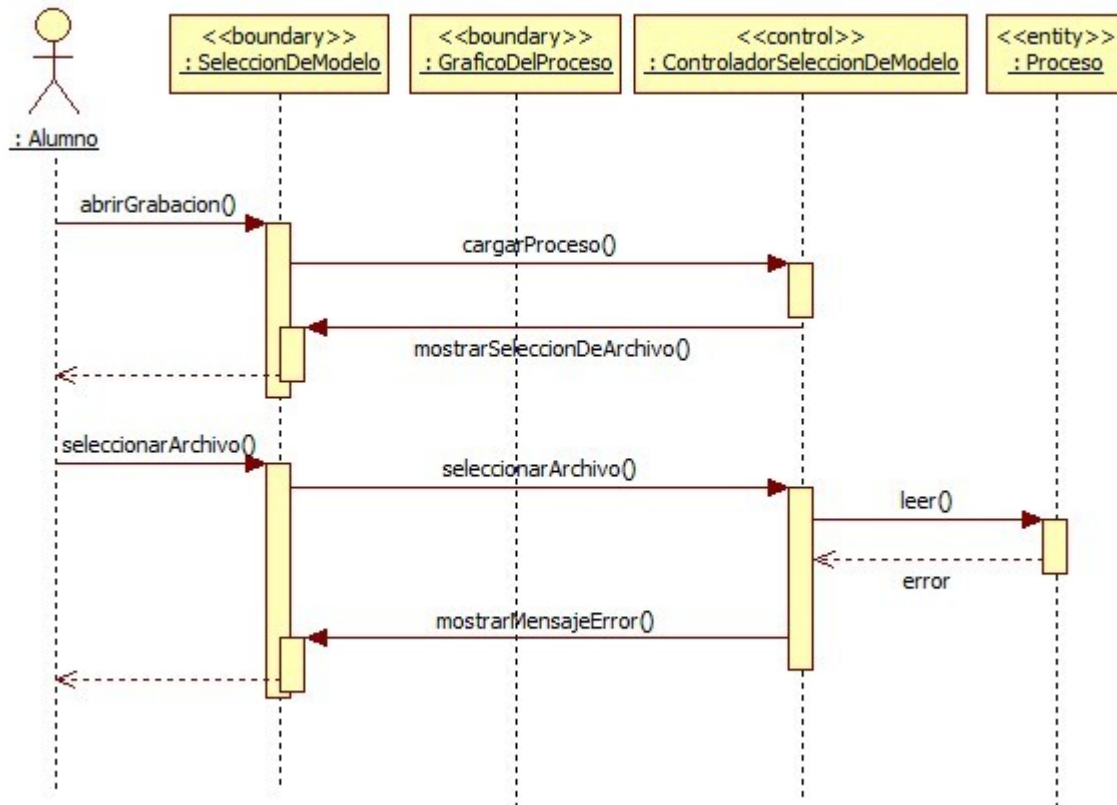
Flujo Normal



Flujo Alternativo de Superposición de Gráfica



Flujo por Excepción de Error en la Lectura de Archivos



Diagramas de Clases

Diagrama de Clases Completo

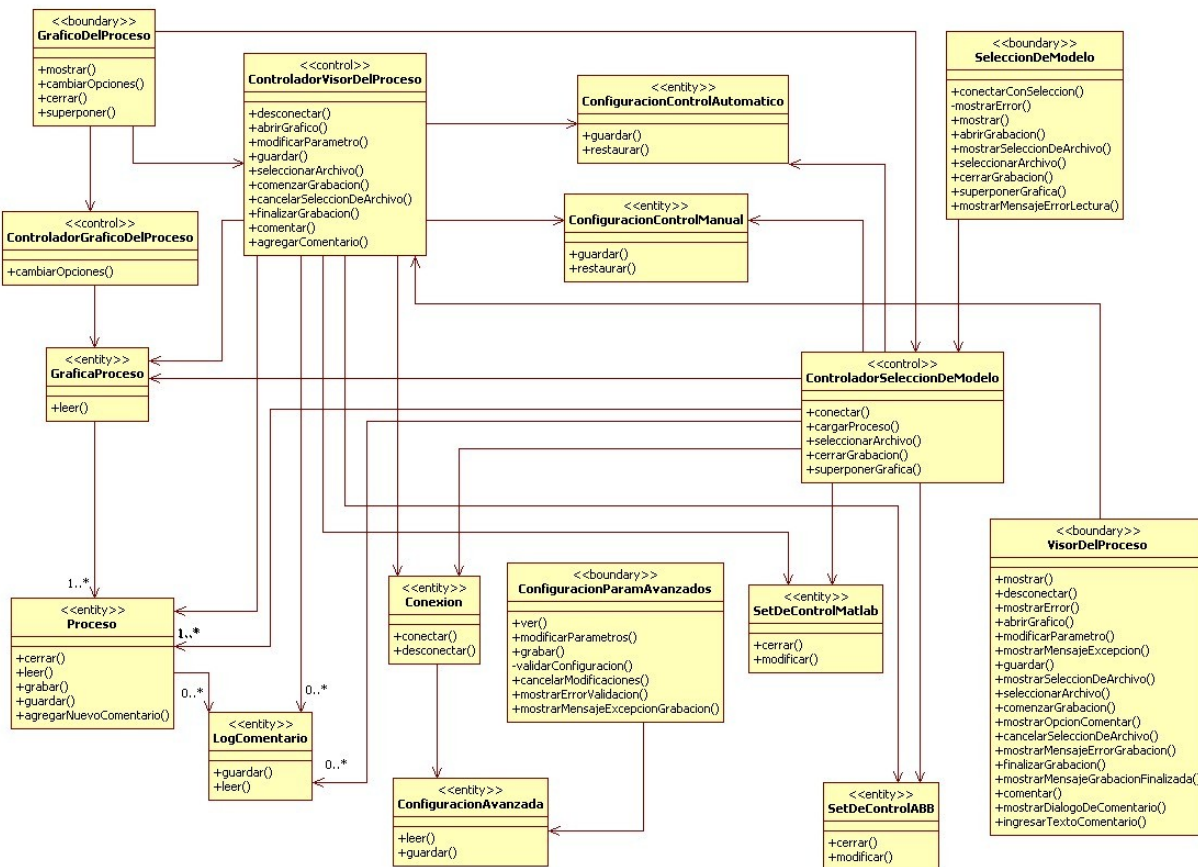
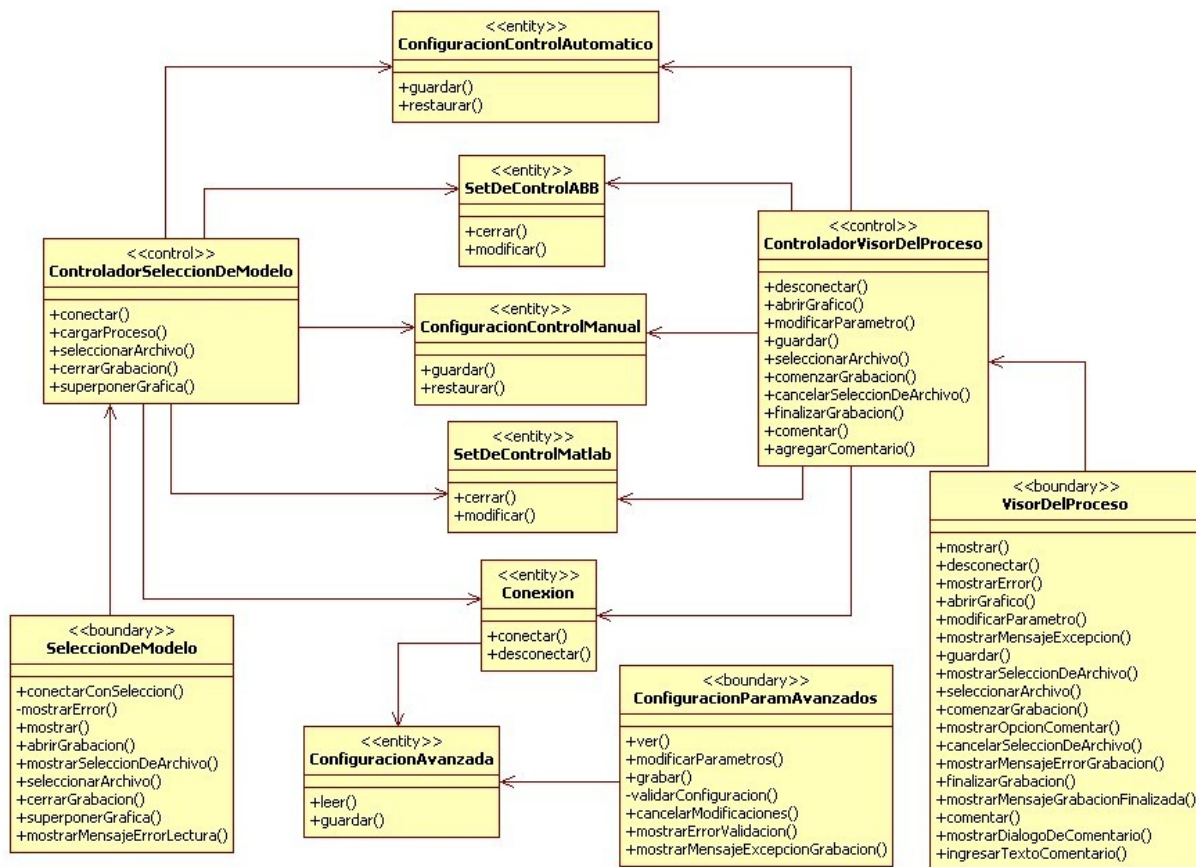


Diagrama de Clases Parcial: Configuración Set de Control



Nombre	Conexion
Tipo	Entity
Responsabilidades	Esta clase representa una conexión de interacción y monitoreo de un proceso, después que se ha efectuado con éxito el CU3 - "Conectarse al Set de Control Elegido".
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> modoConexion: representa el modo de conexión elegido, que determinará la forma en que se interactúa y controla la planta. Sus posibles valores son: MANUAL, SET DE CONTROL ABB y SET DE CONTROL MATLAB.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> crearYConectar: inicia la conexión con la placa RIAC. desconectar: finaliza la conexión con la placa RIAC.

Nombre	ConfiguracionAvanzada
Tipo	Entity
Responsabilidades	Representa el conjunto de valores que configuran el comportamiento del software en general, necesario para un correcto funcionamiento con el resto del equipamiento.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> • directorioDefault: es el directorio por defecto donde se almacenaran los procesos grabados. • direccionIpPlc: es la dirección de red, a la que el software a construir se conectará, cada vez que necesite intercambio de información con el PLC de ABB, interviniente en el modo de conexión SET DE CONTROL ABB. • puertoPlacaRiac: es el puerto serie a través del cual se llevará a cabo la comunicación con la placa adquisidora de datos RIAC, interviniente en el modo de conexión SET DE CONTROL MATLAB o bien CONTROL MANUAL.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> • leer: recupera la configuración almacenada en un archivo. • guardar: guarda la configuración actual en un archivo.

Nombre	ConfiguracionControlAutomatico
Tipo	Entity
Responsabilidades	Indica el valor de configuración sólo para los modos automáticos de control. Esto es: Automático Matlab y Automático ABB. Permite mantener un conjunto unívoco de parámetros entre ambos tipos de control.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> • set-point: el valor de nivel deseado para los tanques. • bias: valor esperado del controlador cuando el sistema se encuentra estable y el set-point iguala al valor medido. • kc: constante de ganancia del controlador PID. • ti: constante de integración del controlador PID. • td constante derivativa del controlador PID.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> • guardar: persiste la configuracion actual • restaurar: lee la configuración desde el archivo

Nombre	ConfiguracionControlManual
Tipo	Entity
Responsabilidades	Esta clase indica el valor de configuración para el modo manual de control del proceso.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> • salidaActuador: el valor deseado para el actuador.

Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● guardar: persiste la configuración actual ● restaurar: lee la configuración desde el archivo
----------------	---

Nombre	ConfiguracionParamAvanzados
Tipo	Boundary
Responsabilidades	Presenta el valor de la ConfiguracionAvanzada al usuario y le permite modificar el contenido guardado.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● ver: muestra la pantalla con los parámetros avanzados actuales. ● modificarParametros: modificación de los parámetros. ● grabar: almacena en un archivo el valor de los parámetros. ● validarConfiguracion: valida los datos ingresados en los parámetros. ● cancelarModificaciones: ignora las modificaciones ingresadas. ● mostrarErrorValidacion: muestra un mensaje indicando que los valores ingresados no son válidos. ● mostrarMensajeExcepcionGrabacion: muestra un mensaje indicando que se ha producido un error al grabar.

Nombre	ControladorSeleccionDeModelo
Tipo	Controller
Responsabilidades	Controla la presentación del modelo elegido para los distintos tipos de SetDeControl y de ConfiguracionControl para iniciar una conexión.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● conectar: conecta el sistema con la placa RIAC. ● cargarProceso: carga un proceso almacenado. ● seleccionarArchivo: permite al usuario seleccionar un archivo. ● cerrarGrabacion: finaliza la grabación de un proceso en curso. ● superponerGrafica: agrega una gráfica de un proceso almacenado a la vista de proceso actual.

Nombre	ControladorVisorDelProceso
Tipo	Controller
Responsabilidades	Controla la presentación de los valores del proceso actual, el cambio de la ConfiguracionControl correspondiente y la desconexión del mismo.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● desconectar: desconecta al sistema de la placa RIAC. ● abrirGrafico: recupera una gráfica de un proceso almacenado. ● modificarParametro: permite modificar un parámetro de control. ● guardar: almacena el proceso actual. ● seleccionarArchivo: abre el dialogo de selección de archivo. ● comenzarGrabacion: inicia la grabación del proceso en curso.

	<ul style="list-style-type: none"> ● cancelarSeleccionDeArchivo: cierra el diálogo de selección de archivo. ● finalizarGrabacion: finaliza el período durante el cual se estaba grabando el proceso en curso. ● comentar: muestra el diálogo de comentarios para que el usuario pueda ingresar su texto. ● agregarComentario: permite agregar comentarios durante la grabación de un proceso.
--	---

Nombre	SeleccionDelModelo
Tipo	Boundary
Responsabilidades	Presenta las opciones de SetDeControl y ConfiguracionControl para iniciar una conexión.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● conectarConSeleccion: dispara la conexión del sistema actual utilizando la selección establecida en la pantalla. ● mostrarError: despliega el mensaje de error al usuario. ● mostrar: muestra la ventana. ● abrirGrabacion: muestra el diálogo de selección de archivos para que el usuario pueda cargar un proceso grabado. ● mostrarSeleccionDeArchivo: muestra el diálogo de selección de archivos para que el usuario pueda indicar el destino de la grabación de un proceso. ● seleccionarArchivo: elige el archivo por parte del usuario. ● cerrarGrabacion: cierra la grabación actual. ● superponerGrafica: superpone una segunda Gráfica para comparaciones. ● mostrarMensajeGrabacionLectura: muestra el mensaje de error indicado.

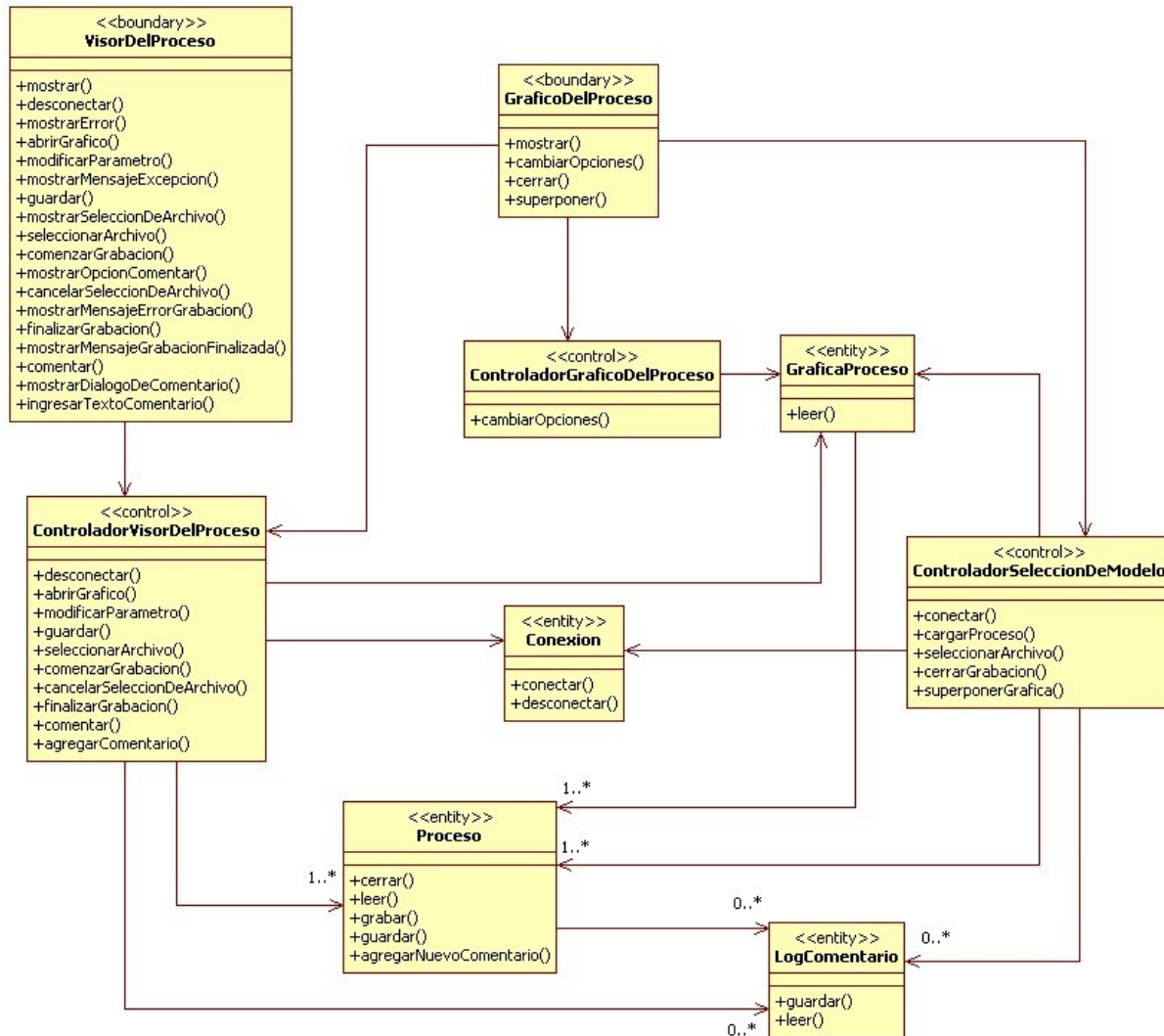
Nombre	SetControlMatlab
Tipo	Entity
Responsabilidades	Encapsula la comunicación y estado del controlador para una Conexión bajo el modo: SET DE CONTROL MATLAB. Es usada por la misma para realizar el control de la planta con la configuración dada.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● cerrar: cierra la conexión contra el set matlab ● modificar: modifica parámetros de control en el set matlab

Nombre	SetControlABB
Tipo	Entity
Responsabilidades	Contraparte de la anterior clase, encapsula el estado y comunicación

	con el equipo provisto por ABB para control. Será usada por la clase Conexion cuando aquella esté en modo SET DE CONTROL ABB.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● cerrar: cierra la conexión contra el set de abb ● modificar: modifica parámetros del set de abb

Nombre	VisorDelProceso
Tipo	Boundary
Responsabilidades	Presenta los valores del proceso actual, las posibles opciones para el cambio de ConfiguracionControl y la desconexión del mismo.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● mostrar: muestra la pantalla de visor del proceso. ● desconectar: cierra la conexión. ● mostrarError: muestra al usuario el error detectado. ● abrirGrafico: abre un gráfico guardado. ● modificarParametro: modifica un parámetro de control. ● mostrarMensajeExcepcion: muestra mensaje de excepción. ● guardar: almacena el grafico actual. ● mostrarSeleccionDeArchivo: permite seleccionar archivo. ● seleccionarArchivo: selección de archivo. ● comenzarGrabacion: comienza la grabación del proceso. ● mostrarOpcionComentar: permite al usuario ingresa comentarios. ● cancelarSeleccionArchivo: cancela selección de archivo. ● mostrarMensajeErrorGrabacion: muestra error de grabación ● finalizarGrabacion: termina la grabación del proceso en curso. ● mostratMensajeGrabacionFinalizada: muestra un mensaje advirtiend que la grabación terminó. ● comentar: agrega comentarios. ● mostratDialogoComentario: abre la ventana para ingreso de comentario. ● ingresarTextoComentario: ingresa el texto del comentario.

Diagrama de Clases Parcial: Conexión y Proceso



Nombre	Conexion
Tipo	Entity
Previamente Detallado.	

Nombre	ControladorGraficoDelProceso
Tipo	Controller

Responsabilidades	Controla las opciones de graficación del proceso en el visor permitiendo ver el GraficoProceso en distintas posiciones, escalas, etc.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● cambiarOpciones: modifica las opciones de la gráfica actual cambiando escalas y/o posición de la misma.

Nombre	ControladorSeleccionDeModelo
Tipo	Controller
Previamente Detallado	

Nombre	ControladorVisorDelProceso
Tipo	Boundary
Previamente Detallado	

Nombre	GraficoDelProceso
Tipo	Boundary
Responsabilidades	Presenta la GraficaProceso y las distintas opciones de graficación para el proceso en el visor.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● mostrar: muestra la GraficaProceso con sus opciones de visualización. ● cambiarOpciones: modifica cierta opción de visualización. ● cerrar: cierra la GraficaProceso actual. ● superponer: abre una nueva GraficaProceso sobre la actual, permitiendo comparaciones.

Nombre	GraficaProceso
Tipo	Entity
Responsabilidades	Presenta la responsabilidad de mantener el estado de los ejes, zoom aplicado, y la referencia correspondiente a los datos muestreados independiente del modo de conexión elegido. Puede desplegar el proceso actual o bien las gráficas de procesos previamente grabados.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> ● configuracionEjes: información acerca de los ejes cartesianos de la gráfica.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● leer: lee la configuración gráfica del proceso a presentar.

Nombre	Proceso
---------------	---------

Tipo	Entity
Responsabilidades	Representa el proceso temporal que es observado. Para procesos grabados, posee el conjunto total de muestras acontecidas. Para procesos no grabados, presenta las muestras desde el inicio del proceso hasta el momento actual para cada unidad de tiempo.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> ● muestras: el arreglo de muestras obtenido de la placa adquisidora o bien del equipo de ABB.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● cerrar: cierra el proceso. ● leer: lee el proceso almacenado ● guardar: guarda el proceso en un archivo ● grabar: graba el proceso ● agregarNuevoComentario: agrega un nuevo comentario a un proceso.

Nombre	LogComentario
Tipo	Entity
Responsabilidades	Esta clase contiene cada comentario que el usuario haya ingresado durante una conexión activa. Cada uno de ellos está asociado a algún instante o muestra del proceso.
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> ● muestra: número de muestra a la que se asoció el comentario. ● comentario: cadena de caracteres, texto libre.
Métodos	<ul style="list-style-type: none"> ● guardar: guarda los comentarios ingresados durante la grabación del proceso en un archivo. ● leer: carga de un archivo los comentarios de un proceso previamente almacenado.

Nombre	VisorDelProceso
Tipo	Boundary
Previamente Detallado	

Restricciones del Ambiente

A continuación se detallan las distintas restricciones técnicas previstas para el desarrollo del trabajo:

- Sistema Operativo Windows Xp
- Matlab versión 6.5
- Lenguaje de programación para el software: Matlab
- Otros lenguajes o toolkits a utilizar: los archivos del Controlador Automático Matlab se encuentran en formato Simulink.
- Tiempos mínimos de procesamiento: se admite una tolerancia máxima de un minuto para el bucle de control.
- El único experimento físico a controlar por el sistema se limita a la experiencia de tanques con gravedad.
- No se espera que se ejecuten dos instancias del sistema en concurrente, dentro de la misma máquina o para el mismo sistema físico.
- La persistencia de información puede realizarse en formato texto o binario de forma indistinta.

Cabe destacar que toda restricción del ambiente relacionada con el uso del Set de Control ABB o del Sensor Siemens quedan fuera del presente análisis por estar fuera de la planificación pautada.