CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.

Básicamente esta ley modificará la secuencia de ensamble de todos los autos producidos en la empresa alemana que sean mercado NAR; sin embargo se irán introduciendo auto por auto. Y para el caso del presente estudio solo se tomará en cuenta el auto que en este proyecto se identificará como: "nuevo insecto".

La nave de producción de dicho auto consta de tres líneas de producción (llamadas ramal uno, ramal dos, y ramal tres), cuatro células de producción (cockpit, hinterwagen, triebsatz, puertas), y una última de verificación de funcionamiento (llamada bandas) del auto a vender, que es en dónde se realizan las pruebas previas al funcionamiento del auto y pruebas ECOS [1].

A continuación se dará una breve información sobre cada área de trabajo ya descritas:

Ramal 1. Como sus principales operaciones se enuncian las siguientes: ensamble de quemacocos, arneses interiores, cerebros, servofreno, tuberías clima y frenos.

Ramal 2. Como sus principales operaciones se enuncian las siguientes: conexión de motor, llenado de líquido de freno, asientos, revestimientos interiores, front end, facia, salpicaderas, conexión de tuberías bajas.

Ramal 3. Como sus principales operaciones se enuncian las siguientes: montaje de llantas, llenado de líquidos, pruebas.

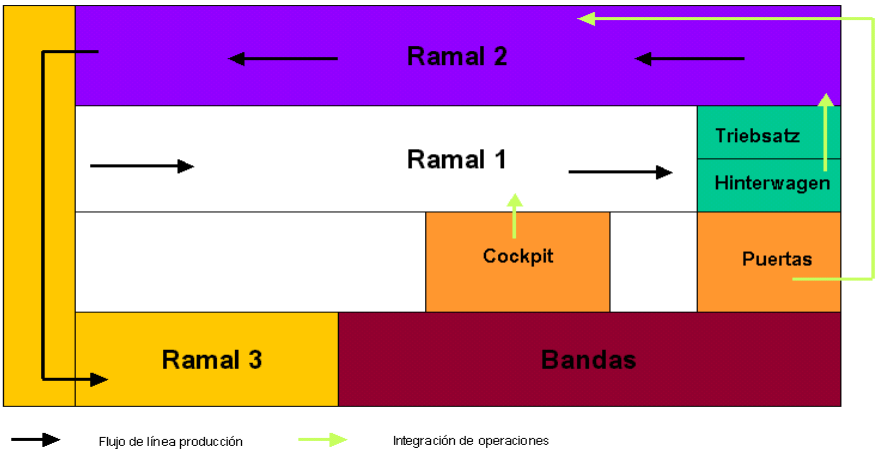
Hinterwagen. Montaje de tanque de combustible, amortiguadores, ejes traseros, fijación de tubo de escape, refuerzo túnel.

Triebsatz. Montaje de partes principales de motor.

Bandas. Llenado de combustible (bomba de gasolina), ajuste de tapa trasera, puertas, capo delantero, prueba de purgado (equipo de purgado 2.0 lts, TDI), motorraum check, revestimiento portaequipaje (equipo hermeticidad de clima), ajuste de cristales.

[1] Ver anexo #1

El layout detallado no es permitido mostrarlo, sin embargo, a continuación se muestra un layout general, Fig. 3:



Fuente: Departamento Planeación Planta VWM

Figura 3. Layout de la Nave de Producción

A partir de lo anterior, se ha hecho un análisis de las tareas que se necesitan introducir debido a la ley 208, y se nombran como sigue:

El concepto del cambio básicamente, el **asiento** es completamente nuevo contiene un sensor de presión, unidad de control, nueva ruta de arnés, "bladder"[2].

El concepto de fábrica, el montaje es el mismo que de serie, existe una modificación en la secuencia de operaciones debido a un nuevo arnés (unidad de control). No hay necesidad de herramientas, dispositivos, pero si modificación en los equipos de prueba PODS.

El concepto del cambio básicamente, **"early crash sensoren"**, son los sensores ubicados en los largueros parte frontal (izquierdo y derecho).

El concepto de fábrica, la secuencia de operaciones para esta operación será totalmente nueva, se utilizará una herramienta nueva para montar el sensor a los largueros, sin necesidad de dispositivo, pero con modificación en los equipos de prueba.

El concepto del cambio, **"sensores de kopf-thorax airbag"**, son sensores ubicados en los postes B (izquierdo y derecho).

[2] Definición: colchón lleno de líquido hermético para medir presión en el sistema PODS

El concepto de fábrica, en el montaje la secuencia de operaciones será totalmente nueva, se utilizará una herramienta para fijar sensores del poste B, sin necesidad de dispositivos, pero si con modificación en los equipos de pruebas.

El concepto del cambio, **"LED indicador de airbag off"**, botón indicador en la carátula central que forma parte del tablero que mueve la ubicación de las luces intermitentes anterior.

El concepto de fábrica, en el montaje la secuencia de operaciones es la misma que de serie ya que el tablero llega de proveedor, no se utilizarán herramientas nuevas, sin necesidad de dispositivos, y con modificación en los equipos de pruebas para el botón indicador.

El concepto del cambio, **"modificación en módulo de airbag"**, el que vendrá en dos pasos: conmutador, volante.

El concepto de fábrica, el montaje cambia el ruteo de los arneses, por lo tanto nueva secuencia de operaciones. Se necesitan modificar los equipos de prueba para airbag, y sin necesidad de herramientas ni dispositivos.

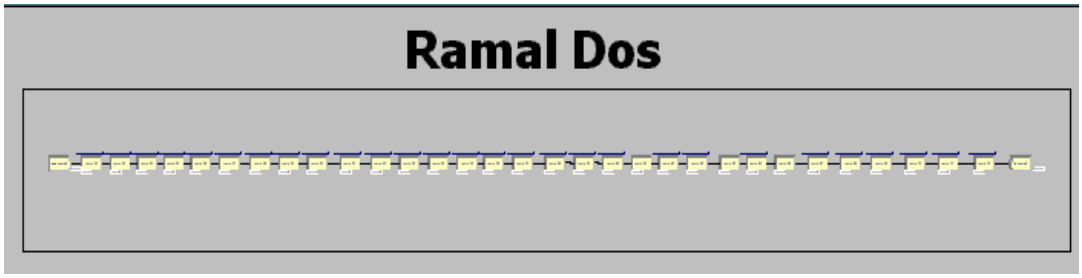
Para poder plasmar estas necesidades en modificaciones a la línea de producción se deben de tomar en cuenta las siguientes restricciones:

- Precedencia de tareas. Es importante notar en que momento agregar las tareas necesarios respetando las secuencias lógicas de ensamble para cada piezas. El mejor ejemplo, es que no se puede montar un asiento cuando ya esta montada la puerta.
- Ergonomía. Una vez que se ha identificado los lugares de oportunidad para agregar otras operaciones, es importante no olvidar que las tareas estén localizadas en zonas adecuadas a las operaciones y correspondientes a la situación. Por ejemplo, al ensamblar una pieza en el larguero se necesita estar elevado el auto, para no incurrir en lesiones por los esfuerzos de los técnicos, o en tiempos perdidos para poder concluir las tareas.
- La distribución de la materia prima. el material que surte la logística debe estar cerca del técnico y de cada tarea, así el material necesario estará cerca para esa estación de trabajo y eso impida trayectorias innecesarias.
- Carga de operaciones por tacto. Cada tacto o estación de trabajo tiene cierto número de tareas permitidas por el sindicato. Un trabajador puede recorrer máximo dos tactos sin pasar al tercero, lo mismo equivalente al número de tareas. Existen datos

que el sindicato no puede dar, mas que a niveles gerenciales para lograr sus propios acuerdos para ambas conveniencias.

- El balanceo ya establecido, que tiene mucho que ver con el anterior.
- El proveedor que entrega los asientos, ha firmado un contrato con la empresa alemana, donde indica que una vez entregado el asiento en planta, el proveedor no se hace cargo de cualquier daño, ya que estos asientos al dañarse deben ser destruidos.

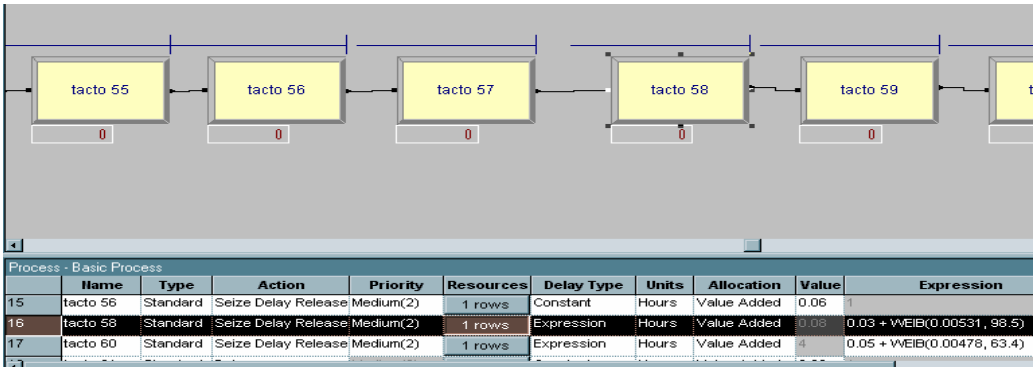
Debido a los conceptos anteriores, se ha pensado modificar el ramal dos que es donde se montan los asientos delanteros (cumpliendo precedencia), los demás puntos se irán analizando parte por parte en el siguiente capítulo. A continuación se anexa parte de los esquemas para simular el estado actual de la parte afectada en la línea de producción.



Fuente: archivo Model1.doe. Simulador ARENA

Figura 4. Programa Completo

La figura 4, nos muestra el programa completo en AREANA con estaciones de trabajo del ramal a afectar, desde la posición 42 a la posición 72, los cuáles son llamados tactos.



Fuente: archivo Model1.doe. Simulador ARENA

Figura 5. Detalle de cada Tacto

La figura 5, nos muestra en detalle cada tacto. Y cada proceso es descrito con su nombre, tipo, prioridad, cuantos recursos usa, unidades de tiempo para simular, y los valores de tiempo según su distribución.

El tiempo a simular será un turno de nueve horas menos media hora de comida, con 33 técnicos, y una velocidad de 0.05 unidades de tiempo por "frame". Para poder calcular la distribución de las operaciones nuevas, se muestreo los tiempos que usa cada técnico en su tacto, así durante una semana de ocho de la mañana a las once y media de la mañana. Cabe mencionar que los tiempos son aproximados, es decir, se tomaron con reloj de mano normal, porque llevar un cronometro afectaría los acuerdos del sindicato – planta.

3.1 Resultados de la corrida de estado actual

Los datos específicos de tiempo en cola, uso de recursos, trabajo en proceso, número de salidas, se encuentran en las corridas arrojadas por la simulación en ARENA[3]. Se hizo una corrida con el estado actual, para verificar y registrar las salidas durante ese tiempo de corrida.

Datos necesarios:

- Número de técnicos: el total de técnicos trabajando en todo el ramal dos, lo que es igual a 33 técnicos.
- Descripción de cada tacto: se hizo la descripción de cada tacto (número de técnicos, tiempos según distribución estadística, y número de tacto), lo que es del tacto 42 al tacto 72 del ramal dos.
- Tiempos ocupado por cada técnico: ya se mencionó que se hizo un muestreo sobre los tiempos realmente usados en cada tacto por un técnico, ahora para poder plasmar esto en el modelo de simulación es necesario tener las distribuciones de cada muestreo. Para ello se tomaron directamente los datos obtenidos, para después introducirlos a ARENA[4] y ajustarlos a la distribución donde se tenga el menor error. Este dato obtenido se introduce en las características de cada operación.
- Tiempo de corrida: el tiempo de corrida para la simulación de esta parte de la línea se hará de igual manera que cómo se hizo el muestreo de tiempos, lo que es un turno completo 8.50 horas.
- El inicio del programa: tiene una distribución constante de 3.6 min., ya que es el fin del ramal uno e inicio de ramal dos, y el tiempo en recorrer un tacto es constante, e igual a 3.6 min.

[3] Ver anexo #2
[4] Ver anexo #3

Los resultados arrojados por la simulación, es como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Modelo Actual

MODELO ACTUAL	
número de salidas	86
Unidades en proceso promedio	35
tiempos de cola máximo	0.4052
tiempos de cola mínimo	0
número de unidades máxima esperando en cada tacto	7
número de unidades mínimo esperando en cada tacto	0

En el capítulo siguiente se presenta la propuesta de integración de las tareas. Así como la necesidad de una nueva tecnología de verificación, y aseguramiento del montaje correcto de asientos de la ley FVMSS 208.

3.2 Validación del Modelo de Simulación

Se hizo una prueba de hipótesis para la diferencia de medias considerando una distribución de *t-student*, ya que las varianzas de las poblaciones (población de la simulación y población del sistema real) son desconocidas, y el número de registros del sistema real son menores de 30. Las medias que se compararon corresponden a los registros de las unidades del auto "nuevo insecto" realmente producidas por el sistema, contra lo que arroja la simulación. De esa manera se valida el sistema simulado contra el sistema actual.

Para hacer esta prueba, se calculo el número de replicas necesarias para alcanzar un 95% de confianza. La fórmula de número de replicas es [System Improvement Using Simulation. Bateman, Bowden, Gogg, Arel. PROMODEL. 1997]:

$N=[t_{(n-1,\ \alpha)}\ S(n)/\ e]^2$; donde:

N. Número de réplicas

S(n). Desviación estándar de datos "piloto"

$t_{(n-1,\ \alpha)}$. Valor obtenido de tablas t-student

e. número de variación

Obteniendo la desviación estándar (S), de los datos arrojados al correr el modelo actual 10 veces[5]. Y haciendo los cálculos pertinentes, el resultado obtenido son 28 replicas.

Ahora el modelo actual se correrá con 28 replicas para que de los datos corrido y los datos reales se haga la prueba de hipótesis. (La salida a comparar es número de autos).

A continuación, se muestra solo la prueba de hipótesis. Los datos y cálculos están incluidos en el anexo #5 del proyecto [Probabilidad y Estadística. Montgomery, Runger. Mc Graw Hill. 1996].

H_1: $\mu 1 \neq \mu 2$
H_o: $\mu 1 = \mu 2$
$\sigma 1^2 \neq \sigma 2^2$
Donde las varianzas son desconocidas
Nivel de confianza 95%

La condición ($t_o > t_{a/2, v}$)se cumple, al comparar el valor obtenido de t_o igual 3.20 y el valor de t en tablas con una confianza de 95% y con 45 grados de libertad, igual a 2.015.

En conclusión, la hipótesis nula se acepta y de esta manera se valida el sistema actual simulado.

[5] Ver anexo #4