

# **Automatización Programable y Nuevos Contenidos de Trabajo. Experiencias de la Industria Electrónica, Metalmeccánica y Petroquímica Secundaria en México**

**Laura Palomares  
Leonard Mertens\***

## **Introducción**

La inserción de automatización programable en los procesos productivos y la aplicación de nuevas técnicas de administración y gestión, están cambiando el contenido de trabajo y como consecuencia, la estructura ocupacional en sectores industriales.

En este trabajo, se tratará de identificar y caracterizar dichos cambios empíricamente para el caso mexicano.

La intensidad y velocidad de la difusión de estas innovaciones en la tecnología de proceso, serán probablemente menores en México que en la mayoría de los países industrializados, pero similares a los países que se encuentran en una etapa de reciente despegue industrial.

La base empírica consistió en un total de más de 120 visitas a plantas industriales en la rama de la electrónica, metalmeccánica y petroquímica secundaria, realizadas en el transcurso del año 1986. A partir de las entrevistas y observaciones directas, se logró establecer dos universos de empresas en cada una de las respectivas ramas:

---

\* Profesora de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Consultor de la Organización Internacional del Trabajo, Oficina México, respectivamente.

- a) Empresas que contaban con equipo y maquinaria programable en el frente de trabajo. El criterio de discriminación fue de una unidad en adelante.
- b) Empresas que no tenían equipo y máquinas programables. Adicionalmente, se seleccionó en cada rama una empresa que tenía comparativamente el mayor número de equipo programable instalado, tomando como criterio principal las fases productivas abarcadas por este tipo de máquinas.

A partir de estos universos, se confrontaron las estructuras ocupacionales, analizando las diferencias y semejanzas en función del contenido del trabajo y las modificaciones en el mismo, causadas por las dos modalidades de innovación tecnológica aquí consideradas. El caso de la empresa más moderna figura como un horizonte posible hacia el futuro para las demás empresas de la rama respectiva.

### I. La industria electrónica de exportación en México

La automatización programable que se observó en una muestra de 35 empresas maquiladoras —que visitamos— dedicadas a la exportación en 100 por ciento, se concentra en las siguientes áreas de producción:

- i) En el encapsulado de los circuitos integrados (CI);
- ii) en la realización de las pruebas y,
- iii) en la inserción de los componentes en las tarjetas electrónicas impresas.

Simultáneamente a la introducción de la automatización flexible dentro de la maquinaria y equipo, encontramos sustanciales cambios en la organización y planeación de la planta:

- a) La programación del tiempo en función de la calidad y,
- b) la involucración activa del trabajador en la búsqueda del "0 error" (elaboración de estadísticas de control de calidad).

De las 35 empresas, 11 tenían alguna máquina con automatización programable. En la estructura ocupacional de la mano de

obra directamente involucrada en la producción (obreros manuales, operarios, supervisores, técnicos e ingenieros) se reflejó una reducción de los obreros manuales y operarios, de 85 por ciento en el caso de las empresas sin equipo programable a 81 por ciento en las que sí tenían.

Los técnicos e ingenieros incrementaron su participación conjunta de 10 por ciento en las empresas sin equipo programable, a 17 en las que sí lo tenían. Cabe decir que en la empresa con mayor automatización dentro del proceso de producción, la mano de obra manual y el operario alcanzaron el 68 por ciento. Asimismo, se observó que el número de técnicos es de 17 por ciento y el de ingenieros el 6, respectivamente (cuadro 1).

CUADRO 1  
MEXICO: INNOVACION TECNOLOGICA DE PROCESO Y ESTRUCTURA OCUPACIONAL DE LA INDUSTRIA ELECTRONICA DE EXPORTACION  
Julio 1986

(Por ciento)

Situación Ocupacional	Empresas sin Equipo Programable (N=24)	Empresas con Equipo Programable (N=11)	Empresas con Mayor Equipo Programable**
1. Estructura Ocupacional Producción Directa	100.0 Error Relativo*	100.0 Error Relativo*	100.0
Obreros Manuales y Operarios	85.0 (15.4)	81.0 (10.5)	68.3
Supervisores	5.1 (51.7)	2.0 (61.2) <sup>a</sup>	8.5
Técnicos de Producción y Prueba	5.7 (185.6)	11.4 (69.1)	17.0
Técnicos de Mantenimiento	2.3 (69.4)	1.0 (35.8)	—
Ingenieros de Proceso y Producto	1.9 (84.0)	4.6 (52.0)	6.2
2. Obreras Mujeres			
% Empleo Total	58.0 (28.6)	53.3 (27.8)	35.7
% Total Obreros	68.2 (23.6)	65.6 (21.2)	54.8
3. Empleo Producción directa como % Empleo Total	86.9 (13.6)	92.9 (15.4)	63.0
4. Empleo Total Empresas de la Muestra	10,363	14,912	412
Empleo Promedio por Empresa	450	1,356	

FUENTE: Elaboración propia con base en la información de la "Encuesta aplicada a Empresas de la Industria Electrónica Maquiladora de Exportación", *Proyecto de Planificación y Políticas de Empleo, México, 1986*, PNUD-OIT.

- \* Desviación Estándar como porcentaje del promedio de la muestra.
- \*\* Empresa que se dedica a la encapsulación de circuitos integrados. Cuenta con máquinas programables de *bonding* y de prueba, 100 por ciento capital extranjero.

Las mujeres obreras en las empresas con alguna máquina automática representan el 53 por ciento del empleo total, mien-

tras que en las que no tenían alcanzaron el 58. Sin embargo, como porcentaje dentro del universo de los obreros manuales y operarios, la diferencia se reduce a 2.6 por ciento, lo que indica que la diferencia sexual en este nivel no se altera significativamente ante la introducción de innovaciones del proceso.

En la industria electrónica norteamericana entre 1977 y 1985 se ha visto que la participación del conjunto de trabajadores directos (incluyendo supervisores y personal de mantenimiento, excluyendo a los técnicos e ingenieros) se ha disminuido de 54 a 47 por ciento (cuadro 2). Estimamos que el 5 por ciento punto de esta diferencia corresponde a innovación de proceso, mientras que el 2 por ciento punto restante, a una diferente composición del sector, especialmente por la mayor importancia de la industria de computación.

La industria de componentes y subensambles norteamericana mostró un mayor grado de disminución de ensambladores y de otros tipos de trabajadores manuales, 1—16 por ciento.<sup>1</sup> Al mismo tiempo que la participación de ingenieros aumentó de 6 a 12, los técnicos se mantuvieron en un 7 por ciento.

CUADRO 2

PARTICIPACION DE LOS TRABAJADORES DIRECTOS (DE PRODUCCION) EN EL PERSONAL TOTAL DE LAS SUBRAMAS DE LA INDUSTRIA ELECTRONICA EN LOS EUA

(Por ciento)

	1985	1980	1977
1. Industria de Computación	32.4	32.8	37.0
2. Industria de Componentes	57.5	61.0	66.5
3. Industria de Equipo de Transmisión y Comunicación	39.2	40.9	40.0
4. Industria de Aparatos Telefónicos	63.2	68.5	68.0
5. Industria de Radios y Televisores	67.3	70.0	72.0
Total Industria Electrónica	47.0	50.8	54.0

FUENTE: Elaboración propia con base en información proporcionada por el Department of Labor, Washington, D.C., 1986.

El hecho de que para México se hable de 81 por ciento de trabajadores manuales y operarios, de 12.5 de técnicos y de un 5

<sup>1</sup> Datos calculados con base en información obtenida del Department of Labor (Washington, D.C., 1986).

de ingenieros en las industrias más modernas en contrapartida del 47 por ciento de manuales, 14 de técnicos y un 16 de ingenieros en Estados Unidos, encuentra su explicación en:

1. Las empresas ubicadas en México, no llevan a cabo actividades de investigación y desarrollo (*I&D*), mientras que en Estados Unidos están incorporados alrededor del 60 por ciento de los ingenieros ocupados en esta rama industrial.<sup>2</sup>
2. El mayor nivel de introducción de innovaciones en proceso y en producto en las empresas norteamericanas en comparación a las establecidas en México, hace necesario una mayor incorporación de técnicos e ingenieros en relación a los trabajadores directos.
3. El cuerpo de dirección y organización, ventas y servicio se ubica en Estados Unidos, mientras que en México sólo están algunos elementos de gestión sobre el trabajo.

No obstante estas diferencias en magnitud, en términos de tendencia, los procesos de innovación en ambos países corren en la misma dirección: reducción del trabajo manual, especialmente ensambladores e incremento del personal técnico, particularmente ingenieros.

Lo anterior no sólo significa un cambio en la estructura ocupacional, sino que se trata de una transformación sustancial del trabajo, en lo que se incluye un cambio de actitud en cuanto a la responsabilidad que exige la innovación de proceso y del producto del trabajador, por las siguientes razones:

- a) La mayor participación de actividades en (*I&D*) y de ingeniería en la creación del valor de los productos electrónicos. En esta fase, difícilmente la gestión de la empresa puede planificar la producción dada su naturaleza. Aquí, el proceso de trabajo es controlado por el propio "trabajador científico". Aunque, como ya se mencionó, las empresas electrónicas de la muestra, no llevan a cabo actividades de *I & D*.
- b) La innovación de producto frecuentemente ha significado una creciente minimización, que requiere que el proceso de trabajo

<sup>2</sup> The High Tech Research Group: *Massachusetts High Tech —the promise and the reality* (Mass., 1984), p. 5.

se realice en un medio ambiente altamente controlado. Se espera que el trabajador manual tenga una conciencia plena de que cualquier acto equívoco puede afectar el producto, si se violan las estrictas normas: el manejo anti-estático de materiales; la introducción de partículas de polvo en el aire; etcétera.

- c) La introducción de la automatización programable es de carácter parcial hasta la fecha. No obstante la capacidad de programación, quedan para el operario las tareas de ajustar y centrar dispositivos de la máquina. Por ejemplo, en el caso de soldar hilos de oro o aluminio de un circuito integrado (CI), las máquinas programables requieren, por no tener la capacidad de detección visual, que el operario centre a través de un monijtor el dispositivo que solda. Un hilo no adecuadamente soldado, puede afectar la calidad, provocando un desecho y por ende, un costo no recuperable; la calidad de la operación depende del operario.
- d) La automatización programable convierte operaciones directas en de control. La actividad de control no es fácilmente medible en cuanto a productividad y cumplimiento. Dado el nivel de inversión involucrada y el costo que implica tener una máquina inutilizada, se requiere un operario alerta, con sentido de colaboración, comunicación y responsabilidad.
- e) Las normas de control de calidad, se han convertido en un elemento fundamental en la competencia internacional; en el caso de la industria electrónica cabe agregar, el uso que al dispositivo corresponde (como el cerebro de control y manejo de información; aplicación a productos militares), que exige la necesidad de llegar a la meta de cero error.
- f) El costo financiero de un producto o sub-producto defectuoso por falta de calidad, tiende a crecer dado el alto grado de integración, que implica que las operaciones de ensamble se reduzcan; traduciéndose verbigracia, un *motherboard* defectuoso de una micro computadora significa que están inmovilizados 500 dólares.

En virtud de lo anterior, más que buscar normas de productividad mediante conceptos derivados del taylorismo y fordismo, se está planteando un proceso de gestión de calidad total, que incluye 5 elementos fundamentales:

1. Adaptar el diseño del producto a la exigencia de la calidad;
2. el control estadístico del proceso;
3. detección de problemas, desarrollo de tecnologías de búsqueda y de estrategias de solución;
4. producción justo a tiempo, evitando la reparación y el retoque;
5. modificación radical del comportamiento de los proveedores (que consiste en el cumplimiento estricto de calidad y entrega).<sup>3</sup>

En el proceso de gestión de calidad, en los puntos 2, 3 y 4 arriba mencionados, la participación activa y creativa del trabajador es fundamental. Diferente al objetivo que buscaba la escuela de *Human Relations*, donde la meta era incrementar la intensidad del trabajo, a través del "convencimiento" de los trabajadores; manteniendo por separado la *concepción* de la *realización* del trabajo.<sup>4</sup>

En este caso, el trabajador no es un elemento más del proceso de trabajo. Se trata de incorporarlo con todo su talento en la cadena productiva como parte del equipo de gestión, capaz de decidir por sí mismo. Desarrollándole su iniciativa a fin de lograr la más alta calidad del producto que se le ha encomendado.

Para una comprensión más cabal de lo que hasta ahora hemos dicho, en cuanto a cómo la automatización programable ha introducido cambios en la estructura ocupacional, los que a su vez, se acompañan con nuevos contenidos de trabajo, mostraremos los casos de empresas con tecnología de montaje sobre superficie.

Esta tecnología ha revolucionado a fin de los años ochenta el proceso de trabajo en cuanto a la inserción de componentes en tarjetas impresas. Hasta entonces había sido una fase intensiva en mano de obra no calificada. Al mismo tiempo, era una parte central del proceso, en virtud del contenido de calidad que implicaba, como elemento medular de cualquier producto electrónico. Es decir, la *calidad* de todo producto electrónico tiene su parte neurálgica en la tarjeta.

<sup>3</sup> *Electronic Business* (EU), 15 de enero de 1987. En la planta de Digital Equipment Corp. en Albuquerque se inició un programa para incrementar la calidad de sus productos (terminales de computadores) y su eficiencia financiera; en menos de dos años redujeron el nivel del inventario de 16 a 3 semanas en promedio, el porcentaje de reparación y retoque se disminuyó de 15 a 3 por ciento, el costo de producción bajó en 35 por ciento.

<sup>4</sup> B. Stekelenburg, J. Warning. "Kwaliteitskringen, eine neuwe managementstrategie?", en *Te Elfder Ure*, Holanda, 1983, núm. 33, p. 206.

La historia de la automatización programable de la inserción de tarjetas, se inicia a fines de los años setenta con el surgimiento de las máquinas insertadoras de componentes; se trataba del remplazo directo de la actividad manual, sin cambio en el contenido de la operación. Consecuentemente, se redujo el personal ensamblador. La capacidad de flexibilizar la línea aumentaba y se mejoraba la calidad.<sup>5</sup>

Comparando la inserción automática y el montaje manual, tenemos que en un periodo igual, la primera, logra colocar 5 u 8 veces más componentes, concentrándolos en un espacio menor.<sup>6</sup>

Así, el trabajador de ser un simple ensamblador, pasa a controlador del proceso. La programación de la máquina es llevada a cabo por técnicos e ingenieros, sin que exista la posibilidad de sustituir el control automático por el manual, como en el caso de la mayoría de máquinas CNC en la metalmecánica.<sup>7</sup>

La nueva tecnología "montaje sobre superficie", modifica sustancialmente el concepto de ensamble. Antes los componentes eran insertados con "patitas" de alambre que se soldaban por abajo de la tarjeta. Con el "montaje sobre superficie" los componentes son adheridos a la tarjeta lisa, con aleaciones de estaño, molibdeno, plata y nuevos polímeros.

La desaparición de las perforaciones en la tarjeta, permite una mayor densidad y minimización de los componentes en un espacio 70 por ciento menor. Consecuentemente, el peso de la tarjeta disminuye en un 90 por ciento; el consumo energético del dispositivo se aminora; la integración de funciones y la velocidad se incrementan, y el costo de insumos se reduce en un 50 por ciento.<sup>8</sup>

El gran salto cualitativo está en la modificación del trabajo en razón de lo siguiente: la minimización de los componentes hace imposible que el trabajo se realice manualmente.

Montar sobre superficie además, quiere decir que se puede lograr la colocación de 12 a 20 mil componentes de 500 tipos diferentes, en

<sup>5</sup> Con la línea de ensamble manual se modificaba hasta 2 veces por turno el módulo de tarjeta, sin perder productividad. Con las máquinas de inserción automática, esta modificación llega hasta 50 cambios por turno, sin pérdida de productividad y con un control de calidad superior.

<sup>6</sup> J. Reijnders et al. *Herstructurering, Automatisering en Gevolgen voor de Arbeid*. Haga, Utrecht, Holanda, 1981, p. 209.

<sup>7</sup> Cuando se sustituye la línea de ensamble manual por la automatizada, un solo trabajador asume la responsabilidad de varios puestos: el del inspector de calidad, del supervisor de línea y de 8 trabajadores directos más.

<sup>8</sup> *Electronics Business*, mayo 1 y septiembre 15 de 1986.

una hora; con una considerable mejora en la calidad y una capacidad de autodiagnóstico que consiste en detectar componentes defectuosos antes de su colocación.<sup>9</sup>

Este sistema ocupa un técnico, dos ayudantes semicalificados, una persona de servicio (aspiradoras y lavandería) y el apoyo de un ingeniero en electrónica por medio tiempo.

Si consideramos que un trabajador coloca 200 componentes en el mismo tiempo entonces, se están sustituyendo de 55 a 95 hombres. El control de la máquina y del proceso, altamente delicado, está bajo la responsabilidad del personal técnico.

El personal obrero mientras tanto, ejecuta tareas de alimentación y retiro de piezas de dicha máquina. Aunque esta tarea es aparentemente simple y rutinaria, exige un especial esmero en el manejo de las piezas, a fin de que con la nueva actitud de delicadeza por parte del obrero, se evite cualquier daño dentro del producto. Incluyendo el hecho de la pulcritud que debe tener el trabajador para mantener bajo control el medio ambiente dentro de los cuartos limpios.

Si comparamos el contenido del trabajo del ensamble tradicional con el montaje sobre superficie, encontraremos en un primer acercamiento, que el objeto se transforma aparentemente sin la intervención directa del hombre. Para poder obtener un mejor producto —el trabajo vivo— pasa a jugar un papel más de organizador, controlador y coordinador.

La fuerza de trabajo, antes se consumió como esfuerzo físico, ahora es el pensar y sentir del hombre que el proceso de producción requiere. Se trata de un desgaste intelectual y del sistema nervioso. Lo antes dicho le sucede al ingeniero, al técnico, igualmente que al obrero.

Valga aclarar que funciones surgidas del taylorismo y fordismo tales como: inspector de calidad, líder del grupo y supervisor de línea, son suprimidas en este nuevo proceso. Anteriormente había una relación de un ingeniero frente a 200 trabajadores, ahora en el proceso de montaje sobre superficie existe un ingeniero frente a 5 trabajadores de los cuales 2 son técnicos.

<sup>9</sup> Se garantiza un grado de error, en la colocación, de menos 20 por millón, mientras que con los sistemas tradicionales el error fluctúa entre 5 y 10 mil por millón. Siemens: *An Introduction into Surface Mounting* (Munich, 1986), p. 9 *Electronic Packaging and Production*, (EU), enero de 1987.

Se puede ejemplificar con una sala de cirugía donde encontramos al cirujano especializado, los médicos auxiliares y la enfermera instrumentista en un trabajo de equipo y cooperación.

Tratamos de explicar cómo el cambio, no da como resultado una polarización, entre miembros del equipo con calificación y sin ella. Por el contrario, este trabajo de equipo requiere que más allá de la calificación de cada uno, la responsabilidad se asuma igualmente.

Dentro de la cadena productiva de un producto electrónico como podrían ser televisores, coexisten tecnologías como la de montar sobre superficie junto a operaciones manuales. Sin embargo, al trabajador se le exige actualmente que haga un esfuerzo mayor en términos intelectuales: que lleve estadísticas de control de calidad, que participe activamente en la detección y solución de problemas, que revise que el objeto de trabajo guarde los parámetros de calidad antes de realizar cualquier operación, etcétera.<sup>10</sup>

## II. La industria metalmecánica de bienes de capital en México

Dentro de este sector, hemos visitado 45 empresas dedicadas a la fabricación de bienes de capital.

La característica de este sector es una cantidad reducida de producción por tipo de modelo. En general lo que vimos fueron máquinas universales con posibilidad de múltiple adaptación así como máquinas automáticas específicas, para la fabricación de piezas homogéneas.

La base técnica de esta industria radica en la flexibilidad que tiene para fabricar diversos productos dentro de un margen bastante amplio.

La automatización programable se concentra dentro de estas empresas en la fase del diseño del producto así como en centros de maquinado, tornos, rectificadores, máquinas soldadoras, fresadores, taladros, todos ellos con un cerebro de computadora.

Comparando la estructura ocupacional entre empresas con equipo de automatización programable y las que no tenían, nos percatamos de (cuadro 3):

<sup>10</sup> Estos nuevos contenidos del trabajo fueron observados en una de las plantas de la empresa Zenith, donde se fabrican partes de televisores para el mercado de los EUA, ocupando una fuerza laboral de más de 8 000 personas.

- a) La participación del obrero manual y el operario se reduce de 77 a 68 por ciento, dentro del personal ocupado directamente relacionado con la producción (incluyendo ingenieros, técnicos y supervisores). En el caso de la empresa con más equipo programable, la participación se aminora a 36.4 por ciento.
- b) La intervención de los trabajadores de control de calidad, así como de los supervisores en el empleo directo es del 10 por ciento en el caso de las empresas sin equipo programable, en las que sí tienen es de 7.6. En la empresa más moderna ésta se reduce a 4 por ciento.
- c) En el nivel de los técnicos de producción, la participación pasa de 3.2 a 17.2 y hasta 36.4 por ciento en la empresa más moderna. El error relativo de estos porcentajes es alto, significando que el comportamiento es muy heterogéneo dentro de ambos grupos de empresas.<sup>11</sup>  
Por otro lado, los técnicos de mantenimiento disminuyeron de 4.4 a 3.2 y hasta 1.5 por ciento en la empresa más moderna.
- d) En el caso de los ingenieros de proceso y producto, se observa una evolución de 4.9 a 3.4 para subir a 21.8 por ciento en la empresa más moderna. Los ingenieros dedicados a *I & D*, su participación se eleva de 1.5 a 3.0 y hasta 7.3 por ciento en la empresa más moderna.
- e) La relación de personal directo en la producción con el resto del personal total de la empresa se incrementa de 73.4 a 75.3 para llegar al 86 por ciento en la empresa más moderna.
- f) El promedio del empleo por empresa es (en el caso de las que tienen equipo programable) tres veces mayor al de las empresas que no cuentan con dicho equipo (469 contra 151). El porcentaje de producto para exportación es de 1.3 en promedio en empresas sin equipo, frente a 14.1 por ciento del resto.

Los puntos antes señalados referidos al cambio de la estructura ocupacional, encuentran explicación dentro del contenido del trabajo, transformado por la introducción de la automatización programable, así como por nuevos conceptos de organización del proceso.

A partir de las visitas a las plantas, pudimos observar que hay una relación en el cambio del contenido del trabajo, que tiene como

<sup>11</sup> El error relativo se representa con la desviación estándar como porcentaje del promedio.

MÉXICO INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DE PROCESO Y ESTRUCTURA  
 OCUPACIONAL DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA NOVIEMBRE 1986  
 (Por ciento)

Situación Ocupacional	Empresas sin Equipo Programable (N=27)	Empresas con Equipo Programable (N=16)	Empresas con Mayor Equipo Programable**
	100.0 Error Relativo*	100.0 Error Relativo*	100.0 Error Relativo*
1. Estructura Ocupacional Producción Directa			100.0
Obrero Manual	42.1 (48.4)	37.3 (33.3)	21.8
Operarios	35.0 (41.9)	31.3 (62.1)	14.6
Supervisor	7.0 (51.2)	5.3 (44.4)	2.5
Técnico de producción	3.2 (120.7)	17.2 (109.7)	36.4
Técnico de mantenimiento	4.4 (97.4)	3.2 (82.6)	1.5
Trabajadores de control de calidad	3.4 (117.0)	2.3 (100.9)	1.5
Ingenieros proceso y producto (total)	4.9 (83.9)	3.4 (67.4)	21.8
(ingenieros en I&D)	1.5 (170.8)	3.0 (117.5)	7.3
2. % de Producción para Exportación	1.3 (313.0)	14.1 (150.8)	20.0
3. Empleo producción directa como % Empleo Total	73.4 (20.2)	75.3 (14.2)	85.9
4. Empleo total empresas de la Muestra	4,067	7,500	1,600
Empleo promedio por empresa	151	469	

FUENTE: Elaboración propia con base en la información de la "Encuesta Tecnológica México", *Technology and Employment Branch*, OIT-Ginebra, 1986.

\* Desviación estándar como porcentaje del promedio de la muestra.

\*\* Empresa fabricante de bienes de capital.

resultado la disminución del obrero manual y operario por un lado, y por el otro, un incremento del número de técnicos.

Tradicionalmente, la industria metalmeccánica, se ha caracterizado por un gran número de obreros especializados sobre bases artesanales. Es pertinente decir que dicha especialización se ha desarrollado en la práctica y sin antecedente escolar ninguno.

Con la introducción de máquinas programables se requiere que el operario tenga mínimamente una capacidad de abstracción en cuanto a la relación entre la herramienta y el objeto de trabajo lo que se traduce en una destreza para programar la máquina.

En la mayoría de las empresas, existe una programación previa por parte del departamento de ingeniería. Si partimos del tiempo durante el cual funciona la máquina, sin exagerar, podemos afirmar que más de la mitad de ese tiempo, es ocupado por operaciones directamente programadas por el propio operario.

Lo antes dicho indicaría que la introducción de maquinaria programable, corresponde a un proyecto de estrategia a más largo plazo en cuanto a una integración mayor a nivel empresa de este tipo de automatización. Igualmente, la introducción de maquinaria programable corresponde definitivamente dentro de esta rama industrial, a la necesidad de reducción de desperdicios logrando un alto grado de calidad.

Verbigracia: la empresa Teisa (coinversión entre el gobierno de México y *Sulzer, AG* de Suiza), fabricante de turbinas de gran dimensión para la generación de electricidad, en donde la elaboración de un producto puede durar hasta tres años. La dimensión de los productos hace necesaria maquinaria y equipo también de enormes tamaños. Ellos tienen el torno vertical más grande de América Latina y la mayoría del equipo es programable.

Aquí interviene de manera contundente la calidad a nivel superlativo.

El operario normalmente interviene directamente en la programación de la máquina. Su intervención es más notable en la sujeción o montaje del objeto del trabajo, donde se requiere aparte de la abstracción, una gran pericia.

Otro ejemplo de empresa de productos sobre diseño y de gran tamaño, es Makrotek. Empresa equipada totalmente con máquinas programables. En su fase de arranque en 1980, empezaron con 2 mil horas de capacitación a cada uno de sus trabajadores, lo que facilitó que el operario pudiera manejar la máquina independientemente del

departamento de diseño y desarrollara sus habilidades para montar y sujetar las piezas.

Finalmente mencionaremos el caso de la empresa Fama, cuyo producto principal es la fabricación de moldes para botellas. Esta empresa puede considerarse como una de las más modernas de México, donde se alcanza un alto grado de automatización programable integral, abarcando todas las esferas de la empresa y empleando un turno fantasma en la noche.

La introducción del equipo programable se dio en los últimos cinco años. La estructura ocupacional cambió significativamente durante esos años. El técnico, elevó su participación en el empleo directo de producción (excluyendo ingenieros y supervisores) del 10 al 50 por ciento mientras que el operario especializado (oficial) bajó su participación de 50 a 20 por ciento.

La principal tarea del técnico que viene a remplazar al operario oficial, no consiste sólo en vigilar adecuadamente el proceso, sino contribuir de manera creativa a desarrollar y adaptar los sistemas de alimentación y montaje. En realidad los trabajadores-oficiales recibieron capacitación continua y fueron ascendidos a nivel de técnicos.

Estamos entonces hablando de un perfil obrero que es una mezcla entre el viejo oficial artesano y el técnico salido de una escuela. Cabe señalar que en un estudio hecho en Alemania Federal en el mismo sector, se observaron tendencias similares.<sup>12</sup>

Llama la atención que la participación de los ingenieros en ambos universos es muy similar y hasta menor en el caso de las empresas con equipo programable. La explicación se encuentra en lo que anteriormente se señaló, sobre el hecho de que la mayoría de los equipos programables son manejados por el operario y técnico, quienes a su vez, manejan un paquete de programación básica, de índole operativa.

En caso de la empresa con mayor equipo, la situación cambia significativamente. De una participación de alrededor del 5 por ciento en ambos universos aquí señalados, la participación de los

<sup>12</sup> En la industria de máquinas-herramientas en Alemania Federal, la participación de los obreros altamente calificados, incrementó de 67 por ciento en 1970 a 79 por ciento en 1982. Se explicó por la necesidad de tener ese tipo de mano de obra calificada en la operación y el montaje de máquinas programables; aquí se habla de un obrero altamente calificado en su oficio, que equivaldría a lo que en este trabajo se reconoce como nivel técnico, ya que dichos trabajadores en el caso alemán suponen tener una capacitación teórica lo que hace la diferencia con el oficial mexicano. Horst Kern, Michael Schumann, *Das Ende der Arbeitsteilung?*, Verlag, C.H. Beck, Munich, 1985, pp. 147-179.

ingenieros se eleva a 22 por ciento en dicha empresa. El 7.3 está dedicado a actividades de *I & D*, frente al 3.0 y 1.5 por ciento en los universos con y sin equipo programable, respectivamente.

Esto apuntaría a una correlación positiva entre la introducción de maquinaria programable e intensidad de *I & D*. El concepto programable no significa una flexibilidad *per se*; ésta tiene que ser generada previamente. Antes, el costo económico de la flexibilidad radicaba en que cada cambio significaba parar la línea de producción para poner o quitar aditamentos. Ahora, la opción de hacer flexible la línea disminuyendo considerablemente los tiempos muertos, y por ende aminorando los costos de capital de trabajo, se hace posible, gracias a los resultados obtenidos por los departamentos de *I & D*. Este esfuerzo precisa cada día de una mayor participación de ingenieros o especialistas en electrónica: en las empresas más avanzadas en introducción de maquinaria programable se observa una participación creciente de ingenieros en electrónica (el 20 por ciento en la empresa mayormente equipada).

La disminución de la participación del supervisor, del 7 por ciento en las empresas sin equipo programable a 2.5 en la más moderna, no significa necesariamente menos personal de este tipo. Más bien, al supervisor se le conocía como el obrero con mucha experiencia, que abarcaba varias especialidades, y que en el transcurso del tiempo fue promovido por la empresa para ocupar este puesto.

Tal como observamos en una empresa de tamaño mediano, con equipo programable, fabricante de tanques de acero, los supervisores que antes eran exclusivamente trabajadores con experiencia acumulada, ahora con la introducción de ese equipo, requiere que haya cuando menos un ingeniero. La empresa, sin embargo, lo clasifica no como supervisor sino como ingeniero de proceso.

Algo parecido se da con los técnicos de mantenimiento. El cuerpo de mantenimiento se empieza a diluir en el momento que los técnicos e ingenieros en general incrementan su participación en la empresa. Tradicionalmente en el sector de la industria metalmeccánica, el técnico de mantenimiento era de menor importancia, ya que la mayoría de los operarios disponían de un conocimiento amplio sobre el funcionamiento de la máquina-herramienta que ocupaban.

Ante la introducción de máquinas programables, la mayor participación de técnicos e ingenieros induce a un proceso similar: más que un cuerpo específico, es el grupo que asume la tarea de mantenimiento y reparación.



Observamos una disminución de la participación de los trabajadores de control de calidad. El dato en ambos universos tiene un elevado grado de error relativo, lo que significa no sólo un comportamiento heterogéneo de las empresas, sino indica que la reducción de personal de calidad no es una condición *sine-qua-non* de la introducción de la máquina programable.

Ejemplo: La empresa IASA, perteneciente al Grupo Ramírez y de capital 100 por ciento mexicano, produce estampados para FORD en los EUA. La empresa no cuenta con equipo programable en su área de producción, pero el hecho de ser proveedor de una planta de la FORD ubicada en los EUA, que a su vez cuenta con un gran número de máquinas programables incluyendo robots, requiere que el producto que sale de la planta tenga 0 error.<sup>13</sup>

En virtud de lo anterior y ante la necesidad de controlar el capital de trabajo, introdujeron el sistema de estadísticas de control de proceso, llevado a cabo por los propios trabajadores, suprimiendo el puesto de control de calidad.

Otro ejemplo es la empresa TATSA, fabricante de tanques de gas, que produce básicamente para el mercado interno. Esta empresa sí maneja máquinas programables, logrando con éstas y con el nuevo enfoque de la organización del proceso productivo, reducir de 15 a 3 días el equivalente a materia prima en proceso. Aplicando al mismo tiempo el sistema estadístico de control de calidad, para reducir al mínimo los niveles de desecho.

Se vio que el elemento de exportación es relativo en cuanto a que condiciona la introducción de máquinas programables, ya que sólo un 14 por ciento de la producción de las empresas con dicho equipo se dedica a la exportación. Confrontando con el uno por ciento de las empresas sin equipo programable, podría concluirse lo contrario. Sin embargo, el alto error relativo de este porcentaje, significa que existen empresas dentro de este universo que exportan un porcentaje considerablemente mayor de su producción.

Finalmente, se observó una tendencia de disminución del personal indirecto en las empresas con alta participación de equipo programable. Esto puede encontrar su explicación en que a medida que se introducen de manera integral los equipos programables, en forma exponencial, actividades de administración son integradas a las productivas, cuyo manejo está requiriendo la involucración del

<sup>13</sup> El estampado es un proceso irreversible, es decir que no permite retoque o compostura.

técnico e ingeniero en todo el sistema productivo, y esto provoca que sean más indefinidas las labores administrativas frente al resto.

### III. La industria petroquímica secundaria en México

En el caso de este sector, se visitaron 14 empresas, 7 de ellas con equipo programable a nivel producción y el resto sin él.

Los equipos programables encontrados en este sector se pueden dividir en dos niveles:

1. Control del proceso.
2. Regularización del proceso.

Tradicionalmente este sector se conoce como una industria de proceso continuo, fabricante de insumos básicos que posteriormente son transformados por una gama de industrias diversas.

Una particularidad de estas industrias, radica en el hecho de que a diferencia de la flexibilidad que se observa en las otras 2 ramas aquí estudiadas, en términos del producto, en las petroquímicas es muy frecuente que se instalen plantas para fabricar un solo producto.<sup>14</sup>

La introducción del equipo programable, corresponde a la necesidad enorme de control, ya que se trata de un proceso continuo donde una alertación puede dañar no sólo una fase específica sino a toda la producción.<sup>15</sup>

Otro motivo que explica la introducción de equipo programable es que la regularización de algunos productos, difícilmente puede hacerse manualmente para obtener alta calidad del producto.

Consecuentemente, la disponibilidad de este tipo de equipos, hace posible ampliar el horizonte del producto hacia aquéllos que son altamente complicados de producir por la diversidad y precisión de las variables que intervienen: presión, temperatura, tiempo, dosificación de insumos, etcétera.

Aquí, el concepto de automatización flexible, a pesar de que está enmarcado en un proceso rígido en términos de producto, alcanza su

<sup>14</sup> Negro de Humo, SA, produce exclusivamente negro de humo, o el caso de Teraftalatos Mexicanos, SA, que produce solamente ácido teraftálico purificado.

<sup>15</sup> Los riesgos permanentes que existen: explosiones, contaminación del medio ambiente, intoxicaciones.

más acabada forma cibernética. Tiene la dimensión de ser programable. Además, su función esencial es la capacidad de autocorrección, lo hace que la flexibilidad parta de una concepción totalizadora.

El proceso de trabajo tiene como característica un eslabonamiento entre las diferentes fases exigiendo fuerte enlace entre las funciones ocupacionales.<sup>16</sup>

En términos de mano de obra directa, el cambio cualitativo más sustantivo, se dio en décadas pasadas, cuando el sistema de regularización de tipo mecánico fue cambiado por el neumático. Dándose una reducción drástica de la mano de obra ocupada en abrir y cerrar válvulas. Cabe aclarar, que el personal que continuó en labores directas tenía una formación especializada en procesos químicos (manejo de materiales, noción implícita de calidad).

Con la introducción del equipo de regularización programable, al operario no sólo se le exige experiencia, sino sobre todo una capacidad de abstracción. Ahora ya no se trata únicamente de tener cuidado con el abrir y cerrar válvulas, y coordinar las diversas funciones (temperatura, tiempo, dosificación de insumos) donde el trabajador se encontraba en contacto directo con la complejidad del proceso de producción. Con el nuevo equipo, las funciones anteriores se han transformado en términos de contenido: el operario debe controlar y regular el mismo proceso a través de monitores.

Este operario requiere una educación formal no sólo en conocimientos de química sino también en sistemas; para el caso de México, el nivel educativo que se requiere es el de un ingeniero.<sup>17</sup>

Analizando el cuadro 4, en la estructura ocupacional encontramos a nivel obrero, que su participación en el empleo relacionado con la producción, disminuye de 60 a 58 por ciento en las empresas con equipo programable.

En el caso de la empresa con mayor equipo, la reducción es más significativa: 44 por ciento. Dicha reducción se debe a la sustitución

<sup>16</sup> El trabajador manual que tiene como función cargar y descargar insumos y productos finales, depende directamente del operario que maneja las válvulas y los controles, y éste a su vez está en contacto directo con la ingeniería de proceso.

<sup>17</sup> La planta automatizada en control y regularización del grupo Primex, SA de CV, en Tamaulipas, ocupa para el personal de monitoreo solamente ingenieros. En un estudio hecho en una fábrica de amoníaco en Alemania Federal, se dio la misma tendencia. Ante la introducción de equipo programable, donde para el monitoreo, las calificaciones de un operario químico tradicional ya no eran indispensables. Ahora, igual que en el caso mexicano, requerían de una capacitación en métodos y sistemas. H. Kern y M. Schumann. *Op. cit.*, pp. 262-267.

del sistema de abrir y cerrar válvulas mecánicas y neumáticas por control computarizado.

Sin embargo, aún se requiere personal para cargar y descargar en los extremos de la cadena, así como personal operario mínimo para supervisar las áreas donde se realiza el proceso, con todo y los sistemas de control computarizado. Además, hay actividades que la máquina no puede hacer, lo que significa, que siempre existirá una nómina de personal obrero directo.

Cualitativamente, en términos del contenido del trabajo, podríamos llegar a la conclusión de que esa nómina mínima podría constituirse de trabajadores no calificados, pero el hecho es que son trabajadores con una gran responsabilidad, y que ahora están eslabonados con el resto de técnicos e ingenieros de la planta. Entonces, más que un proceso de polarización, se trata de un proceso integrador de tareas multifacéticas.

El cambio importante que se da entre supervisores y técnicos, por un lado, e ingenieros por otro, es que en las empresas sin equipo, los primeros alcanzan 27 frente al 13 por ciento de los ingenieros. En las empresas con equipo computarizado esta relación se invierte: 12 por ciento son técnicos y supervisores frente al 30 por ciento de ingenieros.

En la empresa más automatizada el cambio es más significativo: 2 por ciento técnicos y supervisores, frente al 54 por ciento de ingenieros.

El cambio se explica por la transformación del equipo de control y regularización. Antes, se necesitaba un supervisor con mucha experiencia práctica. Actualmente, parte de esa experiencia es asumida por el propio sistema computarizado, requiriendo un supervisor que sea ingeniero.

El técnico de mantenimiento, en el pasado era un instrumentista mecánico-neumático, ahora debe ser un ingeniero electrónico, con especialidad en instrumentación.

Observando el empleo relacionado con la producción, como porcentaje del empleo total, se tiene que en las empresas sin equipo programable el porcentaje alcanza el 82 por ciento, mientras que en las empresas con equipo, llega a 88 por ciento.

Más que indicar una reducción de las labores administrativas y de gestión, estamos ante una imbricación de funciones directas e indirectas de la producción.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Resulta cada vez más difícil ver por separado las actividades administrativas de las productivas directas. Ejemplo: El monitoreo implica un trabajo indirecto sobre el proceso de transformación, al mismo tiempo que está conectado con funciones administrativas.

Finalmente, la producción dedicada a la exportación se ha incrementado de 5 a 30 por ciento entre las empresas con o sin equipo. Lo anterior, se explica por los índices de calidad adquirida por el producto, que pide el mercado internacional. Es conveniente recordar que este sector produce insumos intermedios y que como tal, tiene dos tipos de demanda, una nacional y otra internacional, y ambas, exigen alta calidad.

### Conclusiones

La introducción de la automatización programable en tres ramas industriales en México —electrónica, metalmecánica y petroquímica secundaria—, está generando cambios en el contenido del trabajo y por ende, en la estructura ocupacional de las mismas.

Haciendo abstracción de las particularidades propias de cada una de estas ramas, encontramos tendencias similares en la estructura ocupacional:

- a) Disminución de la participación del obrero manual y operario;
- b) incremento del técnico e ingeniero de producción;
- c) imbricación de funciones, sobre todo a nivel de mantenimiento, supervisión y control de calidad.

En el trabajo se señaló que las bases técnicas del proceso sobre las cuales se está introduciendo la innovación, eran totalmente divergentes, comparando estas tres ramas de industria.

La industria electrónica: trabajo manual con bajo grado de mecanización; actividad rutinaria, altamente subdividida con ciclos de trabajo cortos, requiriendo mano de obra —fundamentalmente— poco calificada.

La industria metalmecánica de bienes de capital: trabajo manual y de operación combinado, con un nivel intermedio de mecanización; medianamente rutinario y ciclos de trabajo más alargados, ocupando mano de obra especializada artesanalmente.

La industria petroquímica secundaria: trabajo básicamente de operación de maquinaria y equipo (aparte del cargar y descargar manualmente); altamente mecanizado en la fase de transformación; escasamente rutinario y con ciclos de trabajo extendidos; empleando mano de obra especializada y calificada a través del sistema educativo formal y de capacitación.

En la industria electrónica, la automatización programable reemplaza a las labores manuales, rutinarias y simples. En la metalmecánica, a las operaciones especializadas artesanales. En la petroquímica secundaria, a trabajos especializados y de control.

Los impactos causados por los reemplazos en cada industria es de alcance diferente, pero bajo el enfoque prospectivo se está perfilando un nuevo horizonte en materia de contenido del trabajo, con elementos en común para estas industrias.

Evaluando el cambio en el contenido del trabajo en las tres ramas aquí estudiadas ante la automatización programable, encontramos a pesar de las bases tecnológicas diferentes, una convergencia marcada. Esta automatización apunta a una base tecnológica de proceso unificante en cuanto al contenido de trabajo de las diferentes ramas industriales.

Esta dimensión unificadora quedaría trunca, si no se le relaciona con las nuevas técnicas de administración de la empresa, en función de la calidad de proceso y producto, que aparentemente no se da en una vinculación necesariamente inmediata con la introducción del equipo.

Sumando estos dos factores innovadores, equipo programable y calidad integral, se puede identificar el surgimiento de una dimensión tecnológica "horizontal" entre las ramas presentes. Esto se refleja no sólo en la estructura ocupacional cambiante sino también en un nuevo contenido de trabajo.

Este nuevo contenido, si bien seguirá teniendo aspectos particulares relacionados con el objeto de transformación de cada industria, se circunscribirá a dos principales vertientes señaladas a lo largo de este trabajo:

- a) La empresa se percibe no como una suma de funciones, sino como una totalidad que necesita de la participación activa de sus miembros en la gestión.
- b) Además de requerir de la capacidad de abstracción en relación al objeto de trabajo y los instrumentos y herramientas que lo transforman, se hace necesario a su vez que se plasme a través de métodos y sistemas.

Estos dos aspectos nos conducen a los contenidos de trabajo más universales: *i*) responsabilidad; *ii*) cooperación; *iii*) estar alerta; *iv*) flexibilidad; *v*) imaginación, etcétera. Estos contenidos perfilan una nueva habilidad que está acentuada por el uso del ingenio.

El nuevo contenido de trabajo significa un proceso, que no solamente empieza a desvanecer funciones laborales tradicionales dentro de la empresa, sino también entre diferentes ramas industriales. Esto requerirá una mano de obra con una base multifacética en su calificación, que corresponda a una base tecnológica unificadora.

CUADRO 4

MEXICO: INNOVACION TECNOLOGICA DE PROCESO Y ESTRUCTURA OCUPACIONAL EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA SECUNDARIA  
 Noviembre 1986  
 (Por ciento)

Situación Ocupacional	Empresas sin Equipo Programable (N=7)		Empresas con Equipo Programable (N=6)		Empresas con Equipo Mayor Programable**
	100.0	Error Relativo*	100.0	Error Relativo*	
Estructura Ocupacional Producción Directa	100.0		100.0		100.0
Obrero Manual	27.9	(77.0)	28.6	(20.8)	43.7
Operarios	32.2	(42.5)	29.2	(30.2)	—
Supervisor	9.8	(28.9)	1.4	(48.8)	1.2
Técnico de Producción	6.9	(51.1)	5.0	(71.9)	0.8
Técnico de Mantenimiento	9.7	(47.3)	4.7	(54.4)	—
Trabajadores de Control de Calidad	0.8	(40.8)	0.5	(18.8)	—
Ingenieros Proceso y Producto (Ingenieros en I&D)	12.7	(68.8)	30.6	(56.2)	54.3
(Ingenieros en I&D)	(4.7)	(50.0)	(2.3)	(40.6)	(4.0)
% de la producción para exportación	4.9	(144.5)	29.8	(62.5)	12.0
Empleo Producción directa como % Empleo Total	82.1	(16.9)	87.7	(13.7)	89.4
Empleo Total Empresas de la Muestra		756		7,267	2,472
Empleo Promedio por Empresa		108		1,211	

FUENTE: Elaboración propia con base en la información de la "Encuesta Tecnológica México", *Technology and Employment Branch*, OIT-Ginebra, 1986.

\* Desviación estándar como porcentaje del promedio de la muestra.

\*\* Grupo Consolidado; cuenta con varias plantas donde el sistema de válvulas y de control en general es programablemente automatizado. Empresas de capital mixto nacional y extranjero.