



**Facultad de Ingeniería Informática**  
**Universidad Tecnológica de La Habana**  
**José Antonio Echeverría**  
**cujae**

Sistema para el entrenamiento de operarios en la  
Industria Alimentaria Cubana

**Trabajo de diploma para optar por el título de**  
**Ingeniería en Informática**

**Autora:** Mónica Montoto Montané

**Tutora:** Dra. Raisa Socorro Llanes

La Habana, Cuba  
20 de noviembre de 2022

# Agradecimientos

Quiero dedicar el siguiente trabajo a todas aquellas personas que lucharon porque se hiciera realidad, y no hablo solo de la tesis, si no de todos aquellos compañeros que tuve apoyándome desde un inicio para que hoy pudiera estar aquí.

## Resumen

# Abstract

# Índice general

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 1: Fundamentos teóricos</b>	<b>5</b>
1.1. Sistemas de capacitación laboral . . . . .	5
1.1.1. Características de un sistema de capacitación . . . . .	5
1.1.2. Importancia de una buena capacitación . . . . .	6
1.1.3. Proceso de evaluación en una capacitación . . . . .	6
1.1.4. Fases del proceso de evaluación . . . . .	6
1.1.5. Proceso de validación de las respuestas . . . . .	7
1.2. Sistemas de capacitación automatizados . . . . .	8
1.2.1. Ventajas de un sistema de capacitación automatizado . . . . .	8
1.2.2. Colores en un sistema de capacitación digital . . . . .	9
1.2.3. Tipos de preguntas en un sistema de capacitación automatizado	9
1.2.4. Proceso de validación de las respuestas . . . . .	9
<b>Conclusiones</b>	<b>10</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>11</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>12</b>
<b>Anexos</b>	<b>13</b>

# Índice de tablas

# Índice de figuras

1.1. Fases en un proceso de evaluación. . . . .	7
---	---

# Introducción

En la actualidad, hablar de tecnología es pensar en herramientas que hace diez años parecían futuristas y muy difíciles de conseguir, sin embargo, hoy es posible lograr cambios significativos en empresas, empleos y hogares, gracias a los avances tecnológicos [1]. Tanto así que es cada vez más común escuchar hablar sobre la revolución tecnológica, que crece de manera exponencial y pretende transformar por completo el sector industrial. Estos desarrollos van desde la mecanización de tareas hasta los procesos industriales autónomos, en los que no se necesita la intervención humana para realizar el trabajo manual [2].

Para mediados del año 2019, solo un 31 % de las industrias en América Latina y el Caribe poseían procesos automatizados o avances digitales. Esta cifra cambió bruscamente al año siguiente, debido a que la pandemia de la COVID-19 dejó una huella devastadora en la economía. Las empresas que presentaban un avance digital pudieron resistir mejor a la crisis, en términos de impacto sobre las ventas, beneficios y trabajadores despedidos. A partir de ese momento, muchas instituciones tomaron conciencia y comenzaron a incluir avances tecnológicos en sus procesos productivos. Hoy en día, el 86 % de las industrias latinoamericanas cuentan con un desarrollo industrial automatizado y se espera que este cambio se mantenga o aumente en el futuro [3].

Cuando se habla de las industrias de un país, no se pueden dejar de mencionar las industrias alimentarias. Estas, son el sector de la economía que se ocupa de todos aquellos procesos relacionados con la alimentación de las personas. Están encaminadas a satisfacer la necesidad más básica de la población, sin la cual no podríamos sobrevivir: la nutrición. Mundialmente, poseen como características la gran variedad de materias primas que emplean, el número elevado de procesos que manejan y su continuo crecimiento, relacionado al ritmo con el que crece la población [4].

Cuando se detiene de forma no programada un proceso productivo en una empresa, por lo general trae consigo numerosas pérdidas. En el caso de la industria alimentaria, estas afectaciones pueden verse reflejadas en grandes daños económicos ya que, en la mayoría de los casos, este tipo de industrias trabajan con materias primas que no pueden ser reutilizadas. Pero estas no son las únicas afectaciones que se pueden reflejar. En los procesos productivos de estas industrias, se elaboran distintos tipos de alimentos a partir de un producto determinado, donde cada producto pertenece a una escala de



riesgo (A, B o C). Esta escala indica la probabilidad de causar daños en la salud (A para alta, B para media y C para baja). Es decir, si se detiene un proceso productivo en la industria alimentaria no solo traería consigo afectaciones en la economía, sino que también puede verse afectada la salud de los trabajadores o incluso de la población [5].

La Industria Alimentaria Cubana se caracteriza, además, por poseer jornadas laborales ininterrumpidas y un personal que cambia frecuentemente. Esta situación dificulta la capacitación de sus trabajadores, por lo que no todos los que laboran poseen el mismo nivel de conocimiento. Como consecuencia, al ocurrir un error en un proceso productivo, no siempre se encuentra el experto capaz de solucionar la falla, dejando como única alternativa: detener el proceso [6].

A partir de esta problemática, el Instituto de Investigación de la Industria Alimentaria (IIIA), junto con las facultades de Ingeniería Química e Ingeniería Informática de la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), desarrolló dos sistemas de software: un Generador de Bases de Conocimiento y un Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT). El primero genera bases de conocimiento que contienen toda la información referente a los procesos productivos que pueden ocurrir en una fábrica, estructurada en: variables, causas por las que puedan estar en peligro y recomendaciones (pasos a seguir en caso de accidentes) [7]. En el segundo, se utilizan las bases creadas por el generador para producir entrenamientos y capacitar a los operarios de la fábrica [8]. Con estos sistemas, los trabajadores se entrenarían sobre los procesos que maniobran y se reducirían los riesgos de errores por desconocimiento.

Actualmente el sistema SECPROIT posee ciertas limitaciones que impiden que sea implementado en las industrias:

- Cada vez que se desea utilizar la información obtenida por el generador es extraída directamente desde sus ficheros, lo que genera una demora extra en el sistema
- Solo existe un modo de pregunta, por lo que resulta redundante el método de evaluación
- El tiempo utilizado en responder el entrenamiento no influye en la nota final del mismo
- La etapa de las recomendaciones no se evalúa correctamente, ni muestra los puntos recibidos
- Cada etapa se evalúa de manera continua sin oportunidad de una pausa.
- Si se suspende una etapa el entrenamiento continúa hasta el final, por lo que aparecen etapas innecesariamente
- Por cada proceso existe un único entrenamiento.

- Presenta una interfaz gráfica poco vistosas y de colores muy oscuros que generan desagrado en los usuarios

La situación problemática presente en la Industria Alimentaria Cubana sigue siendo la misma, puesto que no se ha podido implementar un sistema de entrenamiento estable que solucione el problema. Partiendo de este principio, una solución viable sería desarrollar una actualización funcional del SECPROIT, que pueda resolver el problema de investigación inicial: ¿Cómo lograr una capacitación total de los operarios, ante la toma de decisiones en una situación crítica?

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es: *Rectificar las limitaciones existentes en el sistema SECPROIT para capacitar a los operarios ante los procesos productivos de la fábrica.*

A partir de estas restricciones se intuyen un número de cambios que son necesarios llevar a cabo. Estas modificaciones deben realizarse tanto en la lógica, como en la base de datos, en las interfaces de usuario y en la estructura del sistema. Es decir, son requeridas algunas transformaciones que abarcan todas las capas del SECPROIT. Según [9], modificar un código ajeno ya escrito, para adaptarlo a una nueva estructura y a una nueva base de datos, resulta más complejo que elaborar uno código de cero. Por lo tanto, con el fin de rectificar las limitaciones actuales y generar una actualización del SECPROIT, resulta más factible comenzar una nueva programación, es decir, un nuevo software, pero sin dejar de lado el modelo del sistema ya existente.

Partiendo de esta teoría, se definen los siguientes objetivos específicos y sus tareas correspondientes:

1. Asimilar los fundamentos teóricos y analizar nuevos aspectos que puedan ser incorporados
  - Extraer los requisitos funcionales y no funcionales que debe cumplir el nuevo sistema
  - Investigar los diferentes tipos de preguntas existentes en un sistema de entrenamiento y seleccionar los que mejor se ajusten al proceso evaluativo del SECPROIT
2. Programar el nuevo sistema
  - Diseñar diagramas auxiliares y modelados UML
  - Implementar la base de datos
  - Desarrollar funcionalidades que permitan la administración del sistema
  - Incorporar la configuración de un entrenamiento asociado a un proceso
  - Implementar la generación de preguntas por cada fase del entrenamiento

- Desarrollar un proceso de evaluación parcial para cada etapa y la evaluación integral del operario en un proceso
  - Diseñar e incluir una nueva interfaz gráfica
3. Validar la herramienta desarrollada
- Diseñar las pruebas funcionales
  - Ejecutar las pruebas y/o experimentos
  - Documentar los resultados obtenidos
4. Desplegar la aplicación en la facultad de Ingeniería Química
- Redactar la documentación del sistema
  - Diseñar un manual de instalación y un manual de usuario
  - Instalar la nueva solución en la facultad de Ingeniería Química

Esta investigación posee como objeto de estudio: los sistemas de entrenamiento automatizados, los sistemas expertos y los sistemas de información basados en reglas de producción. De ellos, se centra la atención en el campo de acción que comprende el Sistema Experto para el Control de Procesos Químicos (SECPROIT).

El aporte de este proyecto está dado tanto en el marco teórico como en el práctico. Para el primero, se construye un sistema de entrenamiento capaz de ejercitar sobre cualquier información que se brinde en sus bases de conocimiento. En la práctica, queda un sistema de software para la capacitación de los operarios de la Industria Alimentaria Cubana.

En cuanto a la estructura de este trabajo, está dividido en tres capítulos. En el capítulo 1 se encuentran los conceptos fundamentales y los antecedentes de esta investigación. El capítulo 2 describe el diseño e implementación de la solución de esta problemática, utilizando diferentes artefactos UML, describiendo los requisitos del sistema y mostrando la vista de la arquitectura y los patrones utilizados. Por último, en el capítulo 3 se presenta la documentación de las pruebas que se le realizaron al software.

# Capítulo 1

## Fundamentos teóricos

### 1.1. Sistemas de capacitación laboral

La capacitación laboral es un método aplicado por las empresas para que su personal adquiera nuevos conocimientos profesionales. Por lo general, se produce ante un ascenso o incorporación, aunque no son los únicos motivos. Busca perfeccionar al colaborador en su puesto laboral, en función de las necesidades de su empresa. Es un proceso estructurado con metas bien definidas. Surge en el mundo como respuesta a la necesidad de mejorar permanentemente la calidad y formación de recursos humanos. Lo ideal es que se desarrolle de forma continua, ya que la constante formación del personal deriva en resultados positivos tanto para el grupo de trabajo como para la organización en la que se realiza [10].

#### 1.1.1. Características de un sistema de capacitación

Un sistema de capacitación puede ofrecer diferentes aplicaciones en función del modelo de negocio que utilice. Su versatilidad permite adaptarse a las necesidades particulares de cada sector. Sin embargo, según [11], la mayoría de las capacitaciones contienen las siguientes características:

- Son capaces de gestionar los distintos cursos impartidos, la asistencia y la inversión en formación de la empresa
- Asignan a los empleados que deberán asistir y a los profesionales responsables de analizar sus resultados
- Detectan las carencias formativas del personal antes de que influyan en el desarrollo del trabajo
- Clasifican las distintas actividades formativas en base a su categoría y catálogo
- Registran y consultan el progreso del aprendizaje de los empleados en tiempo real

### 1.1.2. Importancia de una buena capacitación

La capacitación laboral juega un papel primordial para el logro de tareas y proyectos, dado que es el proceso mediante el cual los trabajadores adquieren conocimientos, herramientas, habilidades y actitudes para interactuar de forma correcta y segura en el entorno laboral. Entre los principales beneficios que aporta, según [12], se destacan:

- Calidad y mejora en el resultado de las tareas
- Reducción en tiempos de trabajo y supervisión
- Solución de problemas con diferentes visiones
- Sensibilización ante nuevos retos
- Desarrollo ético y motivación del personal
- Seguridad y autoestima en los trabajadores
- Mayor especialización

### 1.1.3. Proceso de evaluación en una capacitación

La evaluación de una capacitación no puede depender de un solo instrumento o técnica, ya que de esa forma solo se mide un tipo de aprendizaje. Los criterios para calificar que se diseñen serán mostrados como porcentajes de valor asociados a cada resultado de las actividades realizadas y a su resultado final. Entre los criterios más comunes que se tienen en cuenta están: la exactitud de la respuesta, el proceso que se siguió para llegar a la misma, la cantidad de intentos necesarios utilizados para hallar la solución y, en algunos casos, el tiempo necesitado para responder [13].

Una evaluación posee dos propósitos fundamentales: analizar en qué medida se han cumplido los objetivos y proporcionar una reflexión de los que realizaron el entrenamiento en torno a su propio proceso de aprendizaje (metacognición). Analizar el cumplimiento de los objetivos permite detectar posibles fallas en el proceso y poder superarlas en un futuro [14].

A modo de resumen, para obtener una correcta evaluación se deben tener en cuenta tantas herramientas como parámetros influyan.

### 1.1.4. Fases del proceso de evaluación

Según [14], un proceso de evaluación debe estar integrado por cinco etapas fundamentales (*Figura 1.1*). Cada una de ellas, va a marcar un conjunto de acciones, que al final se interpretarán como un buen entrenamiento:

1. **Recogida de datos:** es la recopilación sistemática de toda la información a lo largo del proceso completo de enseñanza-aprendizaje. Los datos recogidos deben tener concordancia con las metas trazadas, ser suficientes, representativos, relevantes y ponderados, en función del peso otorgado a cada uno de los objetivos. En los sistemas en línea estas posibilidades de registrar evidencias son inmensas.
2. **Puntuación de las pruebas:** se realiza una vez medidos, de manera cuantitativa o cualitativa, los distintos bloques de información, con las ponderaciones, criterios e indicadores que se hayan establecido. Sirve para medir los resultados obtenidos en el entrenamiento.
3. **Juicio de valor:** puede hacerse limitándose a criterios de grupo (evaluación normativa), refiriéndose a criterios de superación de objetivos y contenidos (evaluación de criterio), o teniendo en cuenta la personalidad, posibilidades y limitaciones del propio sujeto del aprendizaje (evaluación personalizada).
4. **Toma de decisiones:** habitualmente denominada calificación, se basa en la decisión a partir del resultado. Trae consigo una serie de consecuencias personales, administrativas, económicas y laborales. La acción resultante influye directamente en el adiestrado.
5. **Información a los interesados:** es la etapa final, que ha de llegar a diferentes destinatarios, aunque principalmente y de forma adecuada, a los capacitados. Es la confirmación de que concluye el entrenamiento y donde se dan a conocer los resultados obtenidos.

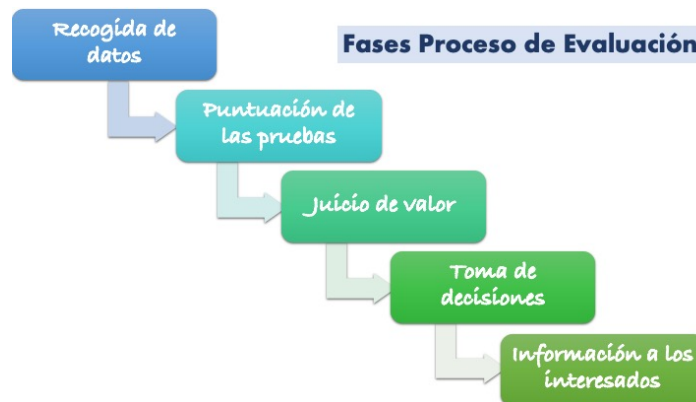


Figura 1.1: Fases en un proceso de evaluación.

### 1.1.5. Proceso de validación de las respuestas

Una vez terminada la capacitación se comprueban cuáles de los resultados obtenidos son correctos y cuáles no. Para ello se deben comparar las respuestas del evaluado con

una fuente de confianza, que contenga la información verídica de lo que se está tratando. Estas fuentes de confianza se conocen por el nombre de: bases de conocimiento [15].

A partir de estas bases se verifica si los datos en las respuestas del evaluado coinciden con la información real contenida. Este proceso puede realizarse tanto de manera manual, semiautomática o automática.

## **1.2. Sistemas de capacitación automatizados**

Teniendo en cuenta el concepto de capacitación, un sistema de capacitación automatizado es un método de enseñanza alternativo, creado para el adiestramiento de los trabajadores. Es un software que, principalmente, permite el aprendizaje de los usuarios sin necesidad de una supervisión constante. Por lo general, resulta más efectivo que las prácticas de enseñanza presencial, debido a que el estudiante trabaja solo y puede determinar su propia velocidad de aprendizaje, usando una amplia variedad de herramientas y métodos para la transferencia del conocimiento [16].

A modo de resumen, es un programa informático que brinda una solución de recursos humanos, ayuda en la formación de los trabajadores y aumenta la productividad empresarial.

### **1.2.1. Ventajas de un sistema de capacitación automatizado**

Un sistema de entrenamiento asistido por computadora (sistema de capacitación automatizado), permite ofrecer el mismo nivel de adiestramiento para cada usuario del sistema, en cuanto a rigor y evaluación. Uno de los problemas principales de la capacitación de los empleados de manera presencial es que las sesiones son frecuentemente inconsistentes y las diferencias en el nivel de habilidad del formador pueden tener un impacto significativo en el éxito del empleado. Al contar con un sistema automatizado, solo se necesita una base de conocimiento para garantizar el mismo nivel de entrenamiento para todos los capacitados. Por otra parte, una capacitación presencial requiere la existencia de una persona, por lo general un experto, que supervise al adiestrado y califique su rendimiento. En cambio, con un sistema automatizado, no es necesario desempeñar esta tarea, el propio software se encarga de la supervisión y evaluación del operario [17].

### 1.2.2. Colores en un sistema de capacitación digital

### 1.2.3. Tipos de preguntas en un sistema de capacitación automatizado

A medida que avanza el tiempo se generan nuevos métodos de estudio y con estos, nuevas formas de preguntar y calificar. Sin embargo, a la hora de diseñar un sistema automatizado, no es menos cierto que existen algunas variantes más sencillas y, por ende, más utilizadas. Según [18], los tipos de preguntas que mayormente se emplean en un sistema de capacitación automatizado son:

- **Verdadero o falso:** contienen una declaración que se debe indicar si es verdadera o no. Permiten responder en poco tiempo, son fáciles, rápidas de calificar y se corrigen de forma automática.
- **Opción múltiple:** se componen de una pregunta (raíz) con múltiples respuestas posibles. Al poder incluir múltiples opciones válidas, podrían darse por superadas al marcar cualquiera de las respuestas o cuando se marquen todas. Se caracterizan por ser fáciles, rápidas de calificar, por corregirse automáticamente y utilizarse para evaluar los conocimientos en una amplia gama de contenidos.
- **Emparejar, relacionar u ordenar:** por lo general se emparejan cada una de las opciones del primer bloque con las opciones dadas en el segundo bloque, o se ordenan bloques de modo que quede una secuencia correcta de acuerdo a un patrón previamente establecido. Se suelen usar en aquellos cursos donde la adquisición de conocimientos muy detallados es un objetivo importante. Son preguntas fáciles de diseñar, rápidas de calificar y se corrigen automáticamente. Estadísticamente, se tarda más en responder este tipo de preguntas que las preguntas anteriores.
- **Respuesta corta:** basta con que se escriban un par de palabras o una frase sencilla. Una alternativa más común a este tipo de preguntas es la de cubrir los espacios en blanco con una palabra. Son de gran utilidad a la hora de demostrar los conocimientos basados en hechos o palabras claves. La dificultad para calificarlas depende del estilo que se decida emplear.

### 1.2.4. Proceso de validación de las respuestas

En los sistemas de capacitación automatizados pueden utilizarse tres métodos diferentes de validación: manual, semiautomático o automático. Por lo general, el más empleado es el automático, ya que de esta forma se facilita el trabajo para aquellos



que deben evaluar a un personal abundante. Según [19], la manera más efectiva y eficiente de evaluar las respuestas en este tipo de sistemas es mediante el uso de sistemas expertos.

# Conclusiones

# Recomendaciones

# Referencias bibliográficas

- [1] F. R. Casamitjana, “Tendencias tecnológicas para el sector industrial en el 2022.” España, Sept. 2021.
- [2] S. Rani, A. Kataria, and M. Chauhan, *Fog Computing in Industry 4.0: Applications and Challenges*, vol. 1 of 2, resreport A Research Roadmap, pp. 173–190. Singapore: Springer Singapore, 4 ed., Sept. 2022.
- [3] L. Yong, “Informe de desarrollo industrial 2022,” techreport 450, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Austria, Nov. 2021.
- [4] J. L. del Val Román, “Industria 4.0: la transformación digital de la industria,” in *Valencia: Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, Informes CODDII* (CODDII, ed.), vol. 3 of 1, (Valencia, España), p. 9, Conferencia de Directores y Decanos de Ingeniería Informática, CODDII, Oct. 2016.
- [5] M. P. G. Salas and K. R. V. León, *Los procesos de producción en las industrias alimenticias del sector norte de la ciudad de Guayaquil y su incidencia en los costos de producción*. resreport, Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil, Mar. 2018.
- [6] G. C. Lemus, R. S. Llanes, and A. M. R. Riverón, “Sistema para gestionar bases de conocimiento en la industria alimentaria,” *Revista Cubana de Ingeniería*, vol. IX, pp. 60–68, May 2018.
- [7] A. M. R. Riverón, R. S. Llanes, and G. C. Lemus, *Sistema para gestionar bases de conocimiento en la Industria Alimentaria*. software, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, La Habana, Cuba, Oct. 2017.
- [8] R. S. L. Elena Acosta Gil, *Sistema para el entrenamiento de operarios en procesos tecnológicos en la Industria Alimentaria*. software, Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría”, La Habana, Cuba, June 2018.
- [9] P. Przemysław, “Selected methods of cost estimation of erp systems. modifications,” *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, vol. 16, p. 179, May 2013.

- [10] S. Denby, “The importance of training needs analysis,” *Industrial and commercial training*, vol. 42, pp. 147–150, Apr. 2010.
- [11] E. E. G. Páez, “¿cómo crear un buen plan de capacitación laboral?,” *Bizneo Blog*, vol. 2, pp. 50–62, Aug. 2022.
- [12] R. E. M. R., G. R. J., and K. H. C., *Sistema de capacitación asistido por computadora, accesible vía Internet*, vol. 26 of 42. México: Aplicaciones tecnológicas, iii ed., May 2002.
- [13] R. L. Jacobs and M. J. BuRahmah, “Developing employee expertise through structured onthejob training (sojt): an introduction to this training approach and the knpc experience,” *Industrial and Commercial Training*, vol. 44, pp. 75–84, Mar. 2012.
- [14] E. G. Aretio, “Etapas de la evaluación de calidad de los aprendizajes,” *Contextos universitarios mediados*, vol. 8, p. 5, May 2020.
- [15] F. Rasheed and A. Wahid, “Learning style detection in e-learning systems using machine learning techniques,” *Expert Systems with Applications*, vol. 174, pp. 114–774, Apr. 2021.
- [16] ISEM, “Entrenamiento basado en computador para operadores y mantenedores de planta.” 6 enero 2014, June 2022. Instituto de Seguridad Minera (ISEM).
- [17] D. Kanev, “System recommendations for assessment of action onthe example of designer cad,” *Interactive Systems: Problems of Human-Computer Interaction Collection of scientific papers*, vol. 7, pp. 185–189, May 2017.
- [18] E. V. Laguna, “Metodología estándar para el entrenamiento básico de un panel de catadores,” candthesis 24, Universidad: Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, España, July 2016.
- [19] A. J. L and C. M. J, *Expert systems: concepts and examples*, vol. 62 of 2. New York, United States: John Wiley and Sons Inc., New York, NY, v ed., Jan. 1984. 99 GENERAL AND MISCELLANEOUS//MATHEMATICS, COMPUTING, AND INFORMATION SCIENCE; EXPERT SYSTEMS; REVIEWS; ARTIFICIAL INTELLIGENCE; C CODES; COMPUTER CALCULATIONS; COMPUTER CODES; DATA PROCESSING; I CODES; M CODES; P CODES; R CODES; DOCUMENT TYPES; PROCESSING; 990200.