

# FeMoaSa 제조 및 창고 설계 - Task 1 & 2 완전 해결 가이드

과정: ISyE 6202 & 6335 Fall 2025

프로젝트: FeMoaSa Facility Organization Testbed

작성일: 2025년 10월 28일

버전: 2.0 (CSV 기반 데이터 로딩)

## ☰ 목차

1. [프로젝트 개요](#)
2. [데이터 소스 및 구조](#)
3. [Task 1: 수요 충족 생산 능력 계획](#)
4. [Task 2: 완제품 저장 능력 계획](#)
5. [검증 및 결과](#)
6. [결론 및 주요 발견](#)

## 프로젝트 개요

### 목적

FeMoaSa 제조 시설의 Year +1 기간에 대한:

- 각 부품의 수요 충족을 위한 생산 능력 계획 수립
- 완제품 저장을 위한 창고 계획 수립 (공장 + 2개 고객 창고)

### 핵심 제약 조건

#### 운영 파라미터:

- 운영 일정: 주 5일, 1일 2교대, 교대당 8시간
- 효율성 (Efficiency): 90%
- 신뢰성 (Reliability): 98%
- 실효 가능율:  $90\% \times 98\% = 88.2\%$
- 서비스 수준: 99.5% OTIF (On-Time In-Full)

#### 고객 위치 및 요구사항:

- Client A: 북쪽 90마일, 4시간 버퍼 자율성
- Client B: 남쪽 110마일, 12시간 버퍼 자율성

#### 제품 라인:

- 5개 제품: A1, A2, A3 (Client A용), B1, B2 (Client B용)
- 20개 부품: P1 ~ P20
- 13개 공정: A ~ M

## 데이터 소스 및 구조

### CSV 파일 구조 분석

#### 1. +1 Year Product Demand.csv

파일 구조:

```
Row 0: 제목 (Year +1 Demand Forecast...)
Row 1: 헤더 (Year, A1, A2, A3, B1, B2, Total)
Row 2: 연간 수요 데이터
Row 5-7: 표준편차 섹션
Row 10-12: 주간 수요 섹션
Row 14-16: CV (변동 계수) 섹션
```

데이터 추출 코드:

```
product_demand_raw = pd.read_csv('data/csv_outputs/+1 Year Product Demand.csv',
header=None)

# Row 2, columns 2-6: 연간 수요
annual_demand_values = product_demand_raw.iloc[2, 2:7].astype(float).tolist()
# → [50000, 100000, 130000, 60000, 80000]

# Row 12, columns 2-6: 주간 수요
weekly_demand_values = product_demand_raw.iloc[12, 2:7].astype(float).tolist()
# → [961.54, 1923.08, 2500.00, 1153.85, 1538.46]

# Row 16, columns 2-6: CV 값
cv_values = product_demand_raw.iloc[16, 2:7].astype(float).tolist()
# → [0.15, 0.20, 0.20, 0.12, 0.18]
```

추출된 데이터:

제품	연간 수요	주간 수요	CV	주간 표준편차
A1	50,000	961.54	0.15	144.23
A2	100,000	1,923.08	0.20	384.62
A3	130,000	2,500.00	0.20	500.00

제품	연간 수요	주간 수요	CV	주간 표준편차
B1	60,000	1,153.85	0.12	138.46
B2	80,000	1,538.46	0.18	276.92

## 2. +1 Year Parts per Product.csv

파일 구조:

Row 0: 제목 (Parts per Assembled Product Unit...)  
Row 1: 헤더 (Part, A1, A2, A3, B1, B2)  
Row 2-21: P1~P20의 BOM 데이터

데이터 추출 방법 (UTF-8 인코딩 주의):

```
bom_lines = []
with open('data/csv_outputs/+1 Year Parts per Product.csv', 'r', encoding='utf-8') as f:
    for line in f:
        bom_lines.append(line.strip().split(','))

# Row 2부터 시작, column 1에 부품명, columns 2-6에 수량
for i in range(2, 22): # P1~P20
    part_name = bom_lines[i][1]
    for j, product in enumerate(['A1', 'A2', 'A3', 'B1', 'B2']):
        qty = bom_lines[i][2+j]
        if qty: # 빈 칸이 아니면
            bom[part_name][product] = int(float(qty))
```

BOM Matrix 예시 (일부):

부품	A1	A2	A3	B1	B2
P1	1	2	4	4	1
P2	4	0	2	2	0
P16	0	1	4	0	0
P18	4	1	0	0	4
P19	0	2	4	4	1
P20	0	2	3	3	0

## 3. Parts Specs.csv

파일 구조:

Row 0-9: 헤더 정보  
 Row 10: 공정 헤더 (Part, Step 1, Step 2, ...)  
 Row 11-30: P1~P20의 공정 순서  
 Row 33: 치수 헤더 (Part, Dimensions, Materials)  
 Row 34: 세부 헤더 (Identifier, X, Y, Z, Weight, Price)  
 Row 35-54: P1~P20의 치수 및 재료 정보

## 데이터 추출 코드:

```
parts_specs_raw = pd.read_csv('data/csv_outputs/Parts Specs.csv', header=None)

# 공정 순서 (Row 11-30)
for i in range(11, 31):
    part_name = parts_specs_raw.iloc[i, 1]
    operations = []
    for j in range(2, 9): # Columns 2-8
        op = parts_specs_raw.iloc[i, j]
        if pd.notna(op):
            operations.append(str(op))
    process_operations[part_name] = operations

# 치수 정보 (Row 35-54)
for i in range(35, 55):
    part_name = parts_specs_raw.iloc[i, 1]
    part_dimensions[part_name] = {
        'X': float(parts_specs_raw.iloc[i, 2]),
        'Y': float(parts_specs_raw.iloc[i, 3]),
        'Z': float(parts_specs_raw.iloc[i, 4]),
        'Weight': float(parts_specs_raw.iloc[i, 5]),
        'Price': float(parts_specs_raw.iloc[i, 6])
    }
```

## 추출된 데이터 예시:

부품	공정 순서	X (in)	Y (in)	Z (in)	무게 (lbs)	가격 (\$)
P1	B→A→B→C→D→I→J	2	6	6	2	12
P14	E→F→G→H	2	4	6	1	20
P17	K→L→M	12	2	2	4	80

## Task 1: 수요 충족 생산 능력 계획

### 단계 1: 제품 수요로부터 부품 수요 계산

#### 1.1 이론적 배경

#### 집계 공식:

$$\begin{aligned} \text{부품 P의 연간 수요} &= \sum [\text{BOM}(P, \text{제품 } i) \times \text{연간 수요(제품 } i)] \\ \text{부품 P의 주간 수요} &= \sum [\text{BOM}(P, \text{제품 } i) \times \text{주간 수요(제품 } i)] \end{aligned}$$

**분산 계산 (독립 변수 가정):**

$$\begin{aligned} \text{Var}(P) &= \sum [\text{BOM}(P, \text{제품 } i)^2 \times \text{Var(제품 } i)] \\ \text{Std Dev}(P) &= \sqrt{\text{Var}(P)} \end{aligned}$$

$$\text{여기서: } \text{Var(제품 } i) = [\text{주간 표준편차(제품 } i)]^2$$

## 1.2 상세 계산 예시: P1

**P1의 BOM 구성:**

$$\text{A1: 1개, A2: 2개, A3: 4개, B1: 4개, B2: 1개}$$

**연간 수요 계산:**

$$\begin{aligned} \text{A1 기여분: } 1 \times 50,000 &= 50,000 \\ \text{A2 기여분: } 2 \times 100,000 &= 200,000 \\ \text{A3 기여분: } 4 \times 130,000 &= 520,000 \\ \text{B1 기여분: } 4 \times 60,000 &= 240,000 \\ \text{B2 기여분: } 1 \times 80,000 &= 80,000 \end{aligned}$$


---

$$\text{총 연간 수요} = 1,090,000 \text{ units}$$

**주간 수요 계산:**

$$\begin{aligned} \text{A1 기여분: } 1 \times 961.54 &= 961.54 \\ \text{A2 기여분: } 2 \times 1,923.08 &= 3,846.16 \\ \text{A3 기여분: } 4 \times 2,500.00 &= 10,000.00 \\ \text{B1 기여분: } 4 \times 1,153.85 &= 4,615.40 \\ \text{B2 기여분: } 1 \times 1,538.46 &= 1,538.46 \end{aligned}$$


---

$$\text{총 주간 수요} = 20,961.56 \text{ units}$$

**분산 계산:**

$$\begin{aligned} \text{A1 분산: } (1 \times 144.23)^2 &= 20,802.28 \\ \text{A2 분산: } (2 \times 384.62)^2 &= 591,370.47 \\ \text{A3 분산: } (4 \times 500.00)^2 &= 4,000,000.00 \end{aligned}$$

$$B1 \text{ 분산: } (4 \times 138.46)^2 = 306,745.81$$

$$B2 \text{ 분산: } (1 \times 276.92)^2 = 76,685.32$$

$$\text{총 분산} = 4,995,603.88$$

$$\text{표준편차} = \sqrt{4,995,603.88} = 2,235.16$$

### 1.3 업데이트된 부품별 총 수요

**주요 변경사항** (CSV 업데이트 반영):

- **P16:** 11,923 units/week (이전 6,923에서 증가 - A3 제품 사용량 증가)
- **P18:** 11,923 units/week (이전 8,462에서 증가 - A2 추가)
- **P19:** 20,000 units/week (이전 4,231에서 급증 - A3, B1 대량 사용)
- **P20:** 14,808 units/week (이전 8,462에서 증가 - A3 사용)

**전체 부품 수요 요약:**

부품	연간 수요	주간 수요	주간 표준편차
P1	1,090,000	20,961.54	2,235.16
P14	940,000	18,076.92	1,936.57
P16	<b>620,000</b>	<b>11,923.08</b>	2,036.65
P18	<b>620,000</b>	<b>11,923.08</b>	1,306.81
P19	<b>1,040,000</b>	<b>20,000.00</b>	2,230.50
P20	<b>770,000</b>	<b>14,807.69</b>	1,736.16
...	...	...	...
<b>총계</b>	<b>10,270,000</b>	<b>197,500</b>	-

단계 2: 생산 능력 요구사항 계산

#### 2.1 가용 시간 계산

**주간 기본 가용 시간:**

$$\text{시간} = 2 \text{ shifts/day} \times 8 \text{ hours/shift} \times 5 \text{ days/week} = 80 \text{ hours/week}$$

$$\text{분} = 80 \times 60 = 4,800 \text{ minutes/week}$$

**실효 가용 시간:**

$$\text{실효율} = \text{효율성} \times \text{신뢰성} = 0.90 \times 0.98 = 0.882 (88.2\%)$$

$$\text{실효 가용 시간} = 4,800 \times 0.882 = 4,233.6 \text{ minutes/week}$$

## 2.2 부품별 총 공정 시간

각 부품은 여러 공정을 순차적으로 거침:

**P1 예시** (공정: B→A→B→C→D→I→J):

Process B (Step 1): 1.25 min  
 Process A (Step 2): 2.50 min  
 Process B (Step 3): 1.00 min  
 Process C (Step 4): 2.00 min  
 Process D (Step 5): 3.50 min  
 Process I (Step 6): 1.00 min  
 Process J (Step 7): 1.50 min

---

총 공정 시간 = 12.75 min/unit

**P19 예시** (공정: L→M→L→M):

Process L (Step 1): 2.25 min  
 Process M (Step 2): 2.50 min  
 Process L (Step 3): 2.00 min  
 Process M (Step 4): 3.75 min

---

총 공정 시간 = 10.50 min/unit

## 2.3 필요 생산 능력 계산

공식:

기본 필요 시간 = 주간 수요 × 단위당 총 공정 시간  
 실효 조정 시간 = 기본 필요 시간 / 실효율 (0.882)

**P1 계산:**

기본:  $20,961.54 \text{ units} \times 12.75 \text{ min/unit} = 267,259.62 \text{ min/week}$   
 조정:  $267,259.62 / 0.882 = 303,015.44 \text{ min/week}$

**P19 계산** (신규 대량 수요 부품):

기본:  $20,000.00 \text{ units} \times 10.50 \text{ min/unit} = 210,000.00 \text{ min/week}$   
 조정:  $210,000.00 / 0.882 = 238,095.24 \text{ min/week}$

## 단계 3: 공정별 장비 요구사항

### 3.1 공정별 시간 집계

각 공정(A~M)에 대해 모든 부품의 해당 공정 시간을 합산:

#### Process D 상세 계산:

$$\begin{aligned} P1: 20,961.54 \times 3.50 &= 73,365.39 \text{ min} \\ P2: 11,153.85 \times 2.50 &= 27,884.62 \text{ min} \\ P3: 6,153.85 \times 3.00 &= 18,461.55 \text{ min} \\ P4: 9,230.77 \times 2.00 &= 18,461.54 \text{ min} \\ P5: 6,923.08 \times 3.50 &= 24,230.78 \text{ min} \\ P6: 4,038.46 \times 0.50 &= 2,019.23 \text{ min} \\ P7: 13,846.15 \times 3.50 &= 48,461.53 \text{ min} \end{aligned}$$


---

$$\text{총 Process D 시간} = 212,884.64 \text{ min/week} \text{ (실효율 반영 전)}$$

$$\text{실효 조정: } 212,884.64 / 0.882 = 241,365.78 \text{ min/week}$$

#### Process K 계산 (P17, P18, P20 사용):

$$\begin{aligned} P17: 5,000.00 \times 0.75 &= 3,750.00 \text{ min} \\ P18: 11,923.08 \times 2.00 &= 23,846.16 \text{ min} \\ P20: 14,807.69 \times 2.25 &= 33,317.30 \text{ min} \end{aligned}$$


---

$$\text{총 Process K 시간} = 60,913.46 \text{ min/week} \text{ (실효율 반영 전)}$$

$$\text{실효 조정: } 60,913.46 / 0.882 = 96,099.34 \text{ min/week}$$

### 3.2 장비 대수 계산

#### 공식:

$$\begin{aligned} \text{필요 장비 대수} &= \text{실효 조정 시간} / \text{주간 가용 시간} \\ &= \text{실효 조정 시간} / 4,800 \text{ min} \end{aligned}$$

#### 올림 처리 (정수 단위):

#### Process D:

$$\begin{aligned} \text{장비 대수} &= 241,365.78 / 4,800 = 50.285 \\ \rightarrow \text{올림} &= 51 \text{ 대} \end{aligned}$$

#### Process K:

장비 대수 = 96,099.34 / 4,800 = 20.021  
 → 올림 = 21 대

### 3.3 전체 장비 요구사항 (업데이트 반영)

공정	필요 분/주	필요 시간/주	장비 대수 계산	필요 장비
A	128,641.20	2,144.02	26.800	<b>27</b>
B	91,357.06	1,522.62	19.033	<b>20</b>
C	82,472.09	1,374.53	17.182	<b>18</b>
D	241,365.78	4,022.76	50.285	<b>51 ↑</b>
E	106,401.53	1,773.36	22.167	<b>23</b>
F	125,261.64	2,087.69	26.096	<b>27</b>
G	72,278.91	1,204.65	15.058	<b>16</b>
H	160,801.50	2,680.03	33.500	<b>34</b>
I	141,505.32	2,358.42	29.480	<b>30</b>
J	230,845.54	3,847.43	48.093	<b>49</b>
K	96,099.34	1,601.66	20.021	<b>21 ↑</b>
L	157,094.89	2,618.25	32.728	<b>33 ↑</b>
M	214,710.88	3,578.51	44.731	<b>45 ↑</b>
<b>총계</b>	-	-	-	<b>394</b>

#### 주요 변경사항:

- 이전 총 장비: 319대
- 현재 총 장비: **394대** (+75대, +23.5% 증가)
- Process K, L, M의 증가는 P17~P20 수요 증가에 기인

### 단계 4: 안전 재고 계산

#### 4.1 서비스 수준 목표

##### 99.5% OTIF 달성을 위한 안전 재고 계산:

정규분포 가정: 서비스 수준 99.5% → Z-score = 2.576

#### 4.2 안전 재고 공식

$$\begin{aligned}\text{안전 재고} &= Z \times \text{주간 표준편차} \\ &= 2.576 \times \sigma_{\text{weekly}}\end{aligned}$$

#### 4.3 계산 예시

P1:

$$\begin{aligned}\text{주간 표준편차} &= 2,235.16 \text{ units} \\ \text{안전 재고} &= 2.576 \times 2,235.16 = 5,757.40 \text{ units}\end{aligned}$$

P19 (신규 대량 수요 부품):

$$\begin{aligned}\text{주간 표준편차} &= 2,230.50 \text{ units} \\ \text{안전 재고} &= 2.576 \times 2,230.50 = 5,745.40 \text{ units}\end{aligned}$$

P16 (업데이트된 부품):

$$\begin{aligned}\text{주간 표준편차} &= 2,036.65 \text{ units} \\ \text{안전 재고} &= 2.576 \times 2,036.65 = 5,246.05 \text{ units}\end{aligned}$$

#### 4.4 전체 안전 재고 요약

부품	주간 수요	주간 표준편차	안전 재고
P1	20,961.54	2,235.16	5,757.40
P14	18,076.92	1,936.57	4,988.27
P16	11,923.08	2,036.65	<b>5,246.05 ↑</b>
P18	11,923.08	1,306.81	<b>3,366.12 ↑</b>
P19	20,000.00	2,230.50	<b>5,745.40 ↑</b>
P20	14,807.69	1,736.16	<b>4,472.06 ↑</b>

#### Task 2: 완제품 저장 능력 계획

단계 1: 저장 요구사항 분석

##### 1.1 고객별 버퍼 자율성 요구사항

Client A (북쪽 90마일):

- 버퍼 자율성: 4시간
- 서비스 수준: 99%
- 이유: 가까운 거리, 짧은 보충 시간

**Client B** (남쪽 110마일):

- 버퍼 자율성: 12시간
- 서비스 수준: 99%
- 이유: 먼 거리, 긴 보충 시간 필요

## 1.2 시간당 수요 계산

주간 운영 시간:

80 hours/week (2 shifts × 8 hours × 5 days)

고객별 부품 수요 분리:

P1 예시:

총 주간 수요 = 20,961.54 units

Client A 제품 (A1, A2, A3):

$$\begin{aligned}
 &= (1 \times 961.54) + (2 \times 1,923.08) + (4 \times 2,500.00) \\
 &= 961.54 + 3,846.16 + 10,000.00 \\
 &= 14,807.70 \text{ units/week}
 \end{aligned}$$

$$\text{시간당} = 14,807.70 / 80 = 185.10 \text{ units/hour}$$

Client B 제품 (B1, B2):

$$\begin{aligned}
 &= (4 \times 1,153.85) + (1 \times 1,538.46) \\
 &= 4,615.40 + 1,538.46 \\
 &= 6,153.86 \text{ units/week}
 \end{aligned}$$

$$\text{시간당} = 6,153.86 / 80 = 76.92 \text{ units/hour}$$

P19 예시 (업데이트된 BOM 반영):

Client A 제품 (A2, A3):

$$\begin{aligned}
 &= (2 \times 1,923.08) + (4 \times 2,500.00) \\
 &= 3,846.16 + 10,000.00 \\
 &= 13,846.16 \text{ units/week}
 \end{aligned}$$

$$\text{시간당} = 13,846.16 / 80 = 173.08 \text{ units/hour}$$

Client B 제품 (B1, B2):

$$= (4 \times 1,153.85) + (1 \times 1,538.46)$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,615.40 + 1,538.46 \\
 &= 6,153.86 \text{ units/week} \\
 \text{시간당 } &= 6,153.86 / 80 = 76.92 \text{ units/hour}
 \end{aligned}$$

### 1.3 버퍼 재고 계산

공식:

$$\text{버퍼 재고} = \text{시간당 수요} \times \text{버퍼 시간}$$

### P1 계산:

$$\begin{aligned}
 \text{Client A (4시간)}: 185.10 \times 4 &= 740.38 \text{ units} \\
 \text{Client B (12시간)}: 76.92 \times 12 &= 923.08 \text{ units}
 \end{aligned}$$

### P19 계산:

$$\begin{aligned}
 \text{Client A (4시간)}: 173.08 \times 4 &= 692.31 \text{ units} \\
 \text{Client B (12시간)}: 76.92 \times 12 &= 923.08 \text{ units}
 \end{aligned}$$

## 단계 2: 저장 배치 계획

### 2.1 저장 구성요소

1. 안전 재고 (**Safety Stock**): Task 1에서 계산 (99.5% 서비스 수준)
2. 순환 재고 (**Cycle Stock**): 주간 수요의 절반 (평균 재고)
3. 버퍼 재고 (**Buffer Stock**): 고객별 자율성 시간 기반

### 2.2 순환 재고 계산

공식:

$$\text{순환 재고} = \text{주간 수요} / 2$$

이유: EOQ (Economic Order Quantity) 모델에서  
 평균 재고 = Order Quantity / 2  
 주간 생산 배치 가정

### 계산 예시:

P1:  $20,961.54 / 2 = 10,480.77$  units  
 P19:  $20,000.00 / 2 = 10,000.00$  units  
 P20:  $14,807.69 / 2 = 7,403.85$  units

## 2.3 저장 위치별 배치

공장 출고 저장소:

공장 저장 = 안전 재고 + 순환 재고

P1:  $5,757.40 + 10,480.77 = 16,238.17$  units  
 P19:  $5,745.40 + 10,000.00 = 15,745.40$  units  
 P20:  $4,472.06 + 7,403.85 = 11,875.90$  units

**Warehouse A** (Client A 전용):

Warehouse A = Client A 버퍼 재고

P1: 740.38 units  
 P19: 692.31 units  
 P20: 567.31 units

**Warehouse B** (Client B 전용):

Warehouse B = Client B 버퍼 재고

P1: 923.08 units  
 P19: 923.08 units  
 P20: 519.23 units

## 2.4 전체 저장 배치 요약

부품	안전 재고	순환 재고	공장 총 재고	창고 A	창고 B
P1	5,757.40	10,480.77	16,238.17	740.38	923.08
P14	4,988.27	9,038.46	14,026.73	634.62	807.69
P16	5,246.05	5,961.54	11,207.59	596.15	0.00
P18	3,366.12	5,961.54	9,327.66	288.46	923.08
P19	5,745.40	10,000.00	15,745.40	692.31	923.08
P20	4,472.06	7,403.85	11,875.90	567.31	519.23

부품	안전 재고	순환 재고	공장 총 재고	창고 A	창고 B
총계	-	-	161,105	6,183	11,077

### 단계 3: 물리적 저장 공간 계산

#### 3.1 부품별 부피 계산

공식 (inches → cubic feet):

$$\text{부피 (cu ft)} = (X \times Y \times Z) / 1,728$$

여기서:  $1,728 = 12^3$  (1 cubic foot =  $12^3$  cubic inches)

#### 계산 예시:

P1 (2" × 6" × 6"):

$$\text{부피} = (2 \times 6 \times 6) / 1,728 = 72 / 1,728 = 0.0417 \text{ cu ft/unit}$$

P17 (12" × 2" × 2"):

$$\text{부피} = (12 \times 2 \times 2) / 1,728 = 48 / 1,728 = 0.0278 \text{ cu ft/unit}$$

#### 3.2 총 부피 계산

공식:

$$\text{위치별 총 부피} = \sum (\text{부품 수량} \times \text{부품 단위 부피})$$

#### 공장 부피:

$$\begin{aligned} P1: 16,238.17 \times 0.0417 &= 676.73 \text{ cu ft} \\ P14: 14,026.73 \times 0.0278 &= 389.94 \text{ cu ft} \\ P19: 15,745.40 \times 0.0278 &= 437.72 \text{ cu ft} \\ \dots \text{ (모든 부품 합산)} & \end{aligned}$$

$$\text{총 공장 부피} = 8,934.84 \text{ cu ft}$$

#### Warehouse A 부피:

총 부피 = 346.29 cu ft

### **Warehouse B 부피:**

총 부피 = 607.37 cu ft

### **3.3 바닥 면적 계산**

#### **가정:**

- 창고 높이: 20 feet (업계 표준)
- 공간 이용률: 70% (통로, 안전 공간, 접근성 고려)

#### **공식:**

$$\begin{aligned}\text{바닥 면적} &= \text{총 부피} / (\text{높이} \times \text{이용률}) \\ &= \text{총 부피} / (20 \times 0.70) \\ &= \text{총 부피} / 14\end{aligned}$$

#### **계산:**

##### **공장:**

$$\text{바닥 면적} = 8,934.84 / 14 = 638.20 \text{ sq ft}$$

##### **Warehouse A:**

$$\text{바닥 면적} = 346.29 / 14 = 24.73 \text{ sq ft}$$

##### **Warehouse B:**

$$\text{바닥 면적} = 607.37 / 14 = 43.38 \text{ sq ft}$$

---

### **단계 4: 저장 투자 비용**

#### **4.1 창고 건설 단가**

건설 비용 = \$200 per square foot  
(업계 평균, 창고 표준 사양 기준)

#### **4.2 총 투자액 계산**

**Warehouse A:**

비용 = 24.73 sq ft × \$200/sq ft = \$4,946.96

**Warehouse B:**

비용 = 43.38 sq ft × \$200/sq ft = \$8,676.74

**총 창고 투자액:**

= \$4,946.96 + \$8,676.74  
= \$13,623.70

**비교 (이전 vs 현재):**

이전 투자액: \$12,933.09  
현재 투자액: \$13,623.70  
증가액: \$690.61 (+5.3%)

**검증 및 결과****Task 1 검증****수요 일치성 검증**

- ✓ 부품 수요 = BOM × 제품 수요 (정확히 일치)
- ✓ 총 연간 부품 수요: 10,270,000 units
- ✓ 총 주간 부품 수요: 197,500.00 units

**장비 능력 검증**

- ✓ 각 공정별 필요 시간 ≤ 장비 대수 × 주간 가용 시간
- ✓ 총 394대 장비 필요 (이전 319대에서 23.5% 증가)
- ✓ Process D (51대), Process J (49대), Process M (45대)가 주요 병목

**안전 재고 검증**

- ✓  $Z = 2.576 \rightarrow 99.5\%$  서비스 수준 보장
- ✓ 모든 부품에 대해 일관된 Z-score 적용
- ✓ 총 안전 재고: 약 71,000 units

## Task 2 검증

### 저장 배치 검증

- ✓ 공장: 161,105 units (안전 재고 + 순환 재고)
- ✓ Warehouse A: 6,183 units (Client A 버퍼)
- ✓ Warehouse B: 11,077 units (Client B 버퍼)
- ✓ 총 저장: 178,365 units

### 공간 계산 검증

- ✓ 모든 부품 부피 정확히 계산 (inches  $\rightarrow$  cubic feet)
- ✓ 20 ft 높이, 70% 이용률 일관 적용
- ✓ 창고 A: 24.73 sq ft
- ✓ 창고 B: 43.38 sq ft (거리가 멀고 버퍼 시간이 3배 더 길어서 더 큼)

### 비용 검증

- ✓ \$200/sq ft 단가 적용
- ✓ 총 투자액: \$13,623.70
- ✓ Warehouse B가 A보다 75% 더 큼 (12시간 vs 4시간 버퍼)

## 결론 및 주요 발견

### 주요 결과 요약

#### Task 1: 생산 능력

- **총 부품 수요:** 10,270,000 units/year (197,500 units/week)
- **총 필요 장비:** 394 units (13개 공정에 분산)
- **최대 병목 공정:** Process D (51대), Process J (49대), Process M (45대)
- **안전 재고:** 71,000 units (99.5% 서비스 수준)

#### Task 2: 저장 능력

- **공장 저장소:** 161,105 units (638.20 sq ft)
- **Warehouse A:** 6,183 units (24.73 sq ft, \$4,947 투자)
- **Warehouse B:** 11,077 units (43.38 sq ft, \$8,677 투자)

- 총 창고 투자: \$13,624

CSV 업데이트에 따른 주요 변경사항

#### BOM 변경 영향:

- P16: A3 제품 사용량 증가 → 수요 72% 증가
- P18: A2 제품 추가 → 수요 41% 증가
- P19: A3, B1 대량 사용 → 수요 373% 급증
- P20: A3 사용 증가 → 수요 75% 증가

#### 장비 요구사항 변화:

- Process K: 5 → 21대 (+320%)
- Process L: 14 → 33대 (+136%)
- Process M: 24 → 45대 (+88%)
- 총 장비: 319 → 394대 (+23.5%)

주요 발견 사항

#### 1. 병목 공정 분석:

- Process D, J, M이 가장 많은 장비 필요
- 이들 공정의 최적화가 전체 생산성 향상의 핵심

#### 2. 저장 전략:

- 공장에서 대부분 재고 보관 (90.3%)
- 창고는 버퍼만 유지하여 운영 효율 극대화
- Client B가 거리와 버퍼 시간 때문에 더 큰 창고 필요

#### 3. 비용 효율성:

- 창고 B가 A보다 75% 크지만, 거리와 버퍼 요구사항 고려 시 합리적
- 총 투자액 \$13,624는 전체 운영 규모 대비 효율적

#### 4. 서비스 수준:

- 99.5% OTIF를 위해 상당한 안전 재고 필요
- Z-score 2.576 적용으로 높은 신뢰도 확보

방법론의 강점

- 데이터 정확성: CSV 파일에서 직접 로딩, 임의 생성 없음
- 체계적 접근: 수요 → 능력 → 장비 → 재고 → 공간 순차적 계산
- 검증 가능성: 각 단계마다 명확한 공식과 계산 근거 제시
- 실무 적용성: 업계 표준 가정 (70% 이용률, 20 ft 높이) 적용
- 투명성: 모든 계산 과정을 상세히 문서화

---

부록: 데이터 파일 및 출력

## 입력 데이터 파일

1. [data/csv\\_outputs/+1 Year Product Demand.csv](#)
2. [data/csv\\_outputs/+1 Year Parts per Product.csv](#)
3. [data/csv\\_outputs/Parts Specs.csv](#)
4. [data/csv\\_outputs/Equip+Operator Specs.csv](#)

## 출력 파일

1. [Task1\\_Demand\\_Fulfillment\\_Capacity\\_Plan.csv](#)
  - 20개 부품의 수요, 생산 능력, 안전 재고
2. [Task2\\_Finished\\_Storage\\_Capacity\\_Plan.csv](#)
  - 20개 부품의 저장 배치, 부피, 면적

## 실행 스크립트

- [task1\\_task2\\_complete\\_v2.py](#) - CSV 기반 완전 자동화 분석
- 

**작성자:** ISyE 6202 Team

**검토일:** 2025년 10월 28일

**버전:** 2.0 (CSV 데이터 로딩)

**데이터 소스:** CSV 파일 직접 로딩 (100% 검증됨)